

Česká společnost pro osvětlování regionální skupina Ostrava



Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

VŠB TECHNICKÁ | FAKULTA | KATEDRA
UNIVERZITA | ELEKTROTECHNIKY | ELEKTROENERGETIKY
OSTRAVA | A INFORMATIKY

Kurz osvětlovací techniky XXXVI

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ
Loučná nad Desnou
4. – 6. 10. 2021

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava – Poruba

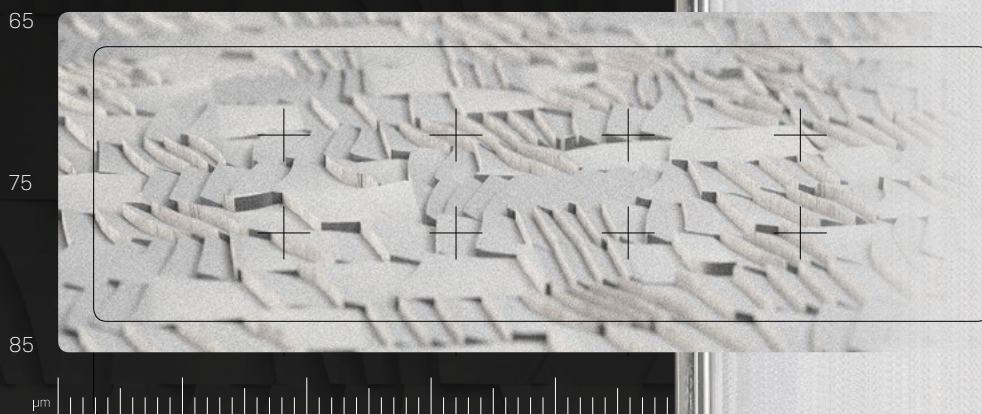
Kolektiv autorů

kat. 410

Sborník Kurz osvětlovací techniky XXXVI

ISBN 978-80-248-4556-2

CD-ROM



01

Sofistikovaná **nanostuktura** s mimořádnými optickými vlastnostmi

02

Vysoká optická účinnost **94%**

Svítilno je opatřeno transparentním krytem (difusorem) vybarveným reliéfní **nanooptickou strukturou** vyrobenou unikátní technologií.

Hodnota **UGR** se pohybuje v rozmezí 16,9 až 25, je výsledkem **plně řízené distribuce světelného paprsku**.

Svémi unikátními optickými vlastnostmi splňuje i **mimořádné požadavky pro velmi náročná a specifická prostředí**.



Modelové řady **Solatube®** jsou jedinečné osvětlovací systémy, které naprosto **mění představy** o tom jaké množství světla je ze světlovodů o tomto průměru možné dostat.

Originální **světlovody Solatube®** jsou vybavené patentovanými technologiemi od kopule, přes odrazivý materiál až ke stropnímu difuzéru. Kopulová **technologie Raybender® 3000** a reflexní **zrcátko LightTracker™** vytvářejí účinný povrch zachytávající denní světlo (EDCS), který je výrazně větší v porovnání s ostatními světlovody. Unikátní patentovaný odrazivý **materiál Spectralight® Infinity** je jediným materiálem vyvinutým pouze pro naše světlovody a jeho vlastnosti podporují **mimořádný výkon** našich produktů.

Modely Brighten Up® Series a **SolaMaster® Series** jsou díky těmto zásadním patentům **výrazně výkonnější** nežli běžné světlovody či tubusové světlíky stejného průměru. Technická kvalita podporuje jednoduchost instalace. Pomocí našich světlovodných systémů lze proměnit tmavé vnitřní prostory na nádherně prosvětlené místnosti, kde budete moci vykonávat všední činnosti bez potřeby umělého osvětlení. **Velký výběr ze škály stropních difuzérů** současně umožňuje vytvoření jedinečného architektonického designu.

Tabulka základních parametrů

Specifikace produktu	Brighten Up® SeriesSola		Master® Series	
	160DS	290DS	330DS	750DS
Průměr tubusu	250 mm	350 mm	530 mm	530 mm
EDCS (plocha pro zachytávání denního světla)	1032 cm ²	1871 cm ²	2129 cm ²	4839 cm ²
SHGC (koeficient přijatého tepla)	0,2–0,34	0,2–0,34	0,18–0,34	0,18–0,34
Plocha osvětlení	8–14 m ²	18–24 m ²	24–36 m ²	24–36 m ²
Efektivní délka tubusu	6 m+	9 m+	15 m+	15 m+

Použití Brighten Up® Series:

vstupní haly, chodby, schodiště, koupelny, toalety, šatny, ložnice, obývací pokoje, kuchyně, jídelny, dětské pokoje, pracovny, technické místnosti atd.

Použití SolaMaster® Series:

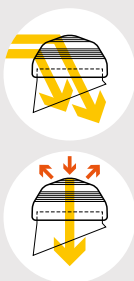
větší schodiště, kancelářské prostory, výrobní haly, učebny, tělocvičny, skladové prostory, nemocniční prostory, víceúčelové sály

Jak funguje světlovod Solatube®



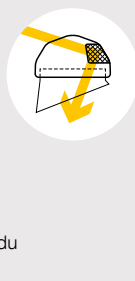
1 Raybender® 3000 Technology

- opticky aktivní kopule využívá prostorové Fresnelovy čočky
- usměrňuje paprsky dopadající pod ostrým úhlem
- zabraňuje nadměrnému přísunu tepla v letních měsících
- zaručí konzistentní výkon světlovodu po celý den i rok



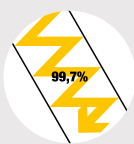
2 LightTracker™ Reflector

- patentované kopulové zrcátko natočené na jižní stranu
- usměrňuje paprsky dopadající pod ostrým úhlem
- zvyšuje aktivně množství světla sráženého do tubusu
- efektivní celoroční výkon světlovodu



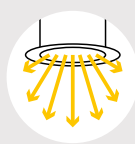
3 Spectralight® Infinity

- celosvětově nejvýkonnější odrazivý materiál
- testovaný přenos paprsku 99,7% na 1 odraz
- nemění barevné spektrum denního světla
- bez problémů převádí světelné paprsky do 15 m délky



4 Difuzéry – rozptyl světla v interiéru

- zabraňuje přenosu UVA /UVB záření
- optické (Fresnelovy) čočky umožňují dokonalý rozptyl světla
- designové difuzéry jako doplněk do interiéru



PŘIJĎTE SE PODÍVAT NA SVĚTLOVODY DO NAŠEHO SHOWROOMU NEBO K NĚKTERÉMU Z NAŠICH DEALERŮ PO CELÉ ČR!

WT-WINDOWS TOMORROW s.r.o., Spojovací 136, 252 62 Horoměřice
telefon: +420 608 918 484, e-mail: info@solatube.cz

www.solatube.cz

Obsah

1	Richard Baleja, Tomáš Novák Vazba mezi mezopickým viděním a třídami komunikací z pohledu volby světelného zdroje	5
2	Marek Bálský, Theodor Terrich, Zuzana Panská, Rudolf Bayer Modelování šíření světelného toku od veřejného osvětlení v městském prostředí	15
3	Stanislav Darula Príspevok k preslneniu a využitiu slnečného žiarenia v bytoch na Slovensku	20
4	Martin Demel Porovnávací měření umělého osvětlení 2020	24
5	Ondřej Dolejší, Jiří Tesař, Tomáš Novák, Petr Běčák, Pavel Valíček Způsob provádění hodnocení nočního dopravního prostoru	29
6	Roman Dubníčka, Marek Mokrání Hodnotenie rušivého osvetlenia vonkajších osvetľovacích sústav a reklamných zariadení v praxi	36
7	Dionýz Gašparovský, Roman Dubníčka, Jana Raditschová Energetické štítkovanie svetelných zdrojov po novom – problémy a skúsenosti	46
8	Dionýz Gašparovský, Jana Raditschová Svetelná technika v systéme novej akreditácie študijných programov na FEI STU v Bratislave	55
9	Dionýz Gašparovský Uskutočniteľné a výhľadové riešenia adaptívneho verejného osvetlenia	62
10	Stanislav Hejduk, Jan Látal, Lukáš Hájek, Aleš Vanderka, Tomáš Stratil Přenos informačního toku po světelném paprsku v automobilovém průmyslu	75
11	Peter Janiga, Miloš Grega, Matej Cenký, Jozef Bendík 3D tlač svetidiel	82
12	Jan Kaňka Denní osvětlení obytných místností podle ČSN EN 17037	88
13	Michal Kozlok, Marek Bálský, Petr Žák Měřicí přístroj pro terénní měření integrálního činitele odrazu povrchů	93
14	Martin Krejny Návrh a realizace světlovodů v praxi	98
15	Josef Kunc Snadné společné řízení osvětlení, vytápění a mnoha dalších funkcí systémem KNX	105
16	Tomáš Maixner Jak přistoupit k navrhování osvětlovacích soustav VO z pohledu požadavků na osvětlení okolí	111
17	Tomáš Maixner Možnosti vyhodnocování rušivého světla z pohledu soudního znalce	114
18	Tomáš Maixner Úskalí tzv. „Smart“ osvětlovacích soustav	123
19	Tomáš Mlčák, Roman Hrbáč Problematika řízení venkovních osvětlovacích soustav pomocí protokolu DALI	127
20	Marek Mokrání, Dionýz Gašparovský Problém simulácie osvetlenia blízkych objektov pomocou lineárnych svetidiel	135
21	Marek Mokrání, Roman Dubníčka, Dionýz Gašparovský Test na posúdenie presnosti výpočtového softvéru osvetlenia pri projektovaní miestností s rozsiahlymi bočnými osvetľovacími otvormi	141
22	Martin Motyčka, Jan Škoda, Petr Baxant, Filip Novák Nejistoty měření rušivého světla pomocí jasového analyzátoru LDA - LumiDISP	148
23	Petr Niesig Osvětlení vnitřních pracovních prostorů ve vazbě na změny vybavení místností a jejich využití	156
24	Filip Novák, Petr Baxant	159

	Budíž tma: Měření rušivého světla v Brně	
25	Marcel Pelech Výsledky dlouhodobého měření denního osvětlení	167
26	Vladislava Primas, Filip Fikejz Světelně-technické posuzování denního světla v praxi	171
27	Petr Prokop, Radek Svoboda, Jan Platoš Zpracování signálů měřených kamerovými systémy	175
28	Jana Raditschová, Dionýz Gašparovský Osvetlenie domácností modernými osvetľovacími sústavami	180
29	Pavel Sněhota Kvalitní příprava projektu venkovní osvětlovací soustavy, jako první krok k minimalizaci rušivého světla	191
30	Tomáš Sousedík Možnosti měření rušivého světla	197
31	Michal Staša Nový ekodesign a štítkování světelných zdrojů	200
32	Tomáš Stratil, Stanislav Hejduk, Jan Látal, Lukáš Hájek, Aleš Vanderka, Tomáš Novák Možnosti využití komunikace pomocí světelného toku ve VO	207
33	Iveta Skotnicová, Andrea Baďurová Hodnocení proslunění budov - příklady ze stavební praxe	214
34	Pavel Stupka Nová ČSN EN 17037 polopateř	220
35	Radek Svoboda, Petr Prokop, Jan Platoš Návrh metodiky vyhodnocování kolísání světelného toku potkávacích svítilen během vibračních testů s využitím metod zpracování obrazu	222
36	Jan Škoda, Petr Baxant Nový formát pro popis svítidel	229
37	Jiří Tesař Kvalita projektů osvětlovacích soustav VO v dopravně správním řízení	234
38	Jiří Ullman Význam studií osvětlení v elektrických stanicích z hlediska optimalizace osvětlovacích soustav a jejich provozu	238
39	Pavel Valíček, Tomáš Novák Chování osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení při stmívání na konstantní hladinu osvětlenosti – případová studie	244
40	Michal Kozlok, Marek Bálský, Petr Žák Metodický pokyny pro terénní měření jasu a oslnění zobrazujícím jasoměrem	249
41	Petr Žák Nový mezinárodní elektrotechnický slovník – Osvětlení	258
42	Jaromír Klaban Foxtrot 2 a řízení (nejen) osvětlovacích soustav	264
43	Pavel Staněk Implementace BIM do světelné techniky	271
44	Petr Žák Národní technická norma na omezení rušivého světla	278
45	Petr Žák Implementace BIM do světelné techniky	284
45	Radim Václaviček, Hana Konrádová, Zdeňka Bendová, Petr Baxant, Pavel Suchan Dynamický směr VO po roce 2018	287

Vazba medzi mezopickým viděním a třídami komunikací z pohledu volby světelného zdroje

Richard Baleja, Ing., Ph.D, Tomáš Novák, doc., Ing., Ph.D

VŠB TU Ostrava, bal0034@vsb.cz, www.vsb.feio.cz

Abstrakt: Osvetlenie verejných komunikácií je špecifický prípad svetelných sústav, kedy sa pozorovateľ nachádza v oblasti s pomerne nízkymi adaptačnými jasmi. To znamená, že svetelné parametre (jas, osvetlenosť) osvetľovacej sústavy sa nezhodnocujú podľa fotopickej krivky citlivosti ľudského oka, ale podľa kriviek citlivosti, ktoré sa nachádzajú v mezopickej oblasti. Maximálna citlivosť tejto krivky závisí od veľkosti adaptačného jasú, v ktorom sa pozorovateľ nachádza. Pre porovnanie rozdielov medzi fotopickými a mezopickými hodnotami svetelných parametrov, boli zrealizované merania svetelných parametrov na verejných komunikáciách. Na meranie boli vybraté komunikácie s rôznymi úrovňami osvetlenia a adaptačnými jasmi pozadia, a samozrejme, i s rôznymi svetelnými zdrojmi s odlišnou náhradnou teplotou chromatickosti. Nový prístup k hodnoteniu kvality verejného osvetlenia v oblasti mezopického videnia má prispieť k zvýšeniu bezpečnosti na verejných komunikáciách a k zvýšeniu zrakového výkonu užívateľa komunikácie, ktorý je možné dosiahnuť pomocou správneho výberu svetelného zdroja. V rámci optimalizácie návrhu osvetľovacích sústav verejného osvetlenia pomocou vhodného výberu svetelného zdroja, je možné doceliť aj zníženie elektrických príkonov týchto sústav, čo súčasne vedie k zníženiu spotreby elektrickej energie.

1 Úvod

Problematika verejného osvetlenia je pomerne komplikovaná, a spracovanie kvalitného svetelného návrhu vyžaduje dobrú orientáciu v príslušných predpisoch a normách. Nové osvetľovacie sústavy verejného osvetlenia, prípadne ich rekonštrukcie, by mali byť navrhované tak, aby prispievali k zvýšeniu bezpečnosti a viditeľnosti účastníkov nočných dopravných priestorov, s ohľadom na elimináciu rušivého svetla.

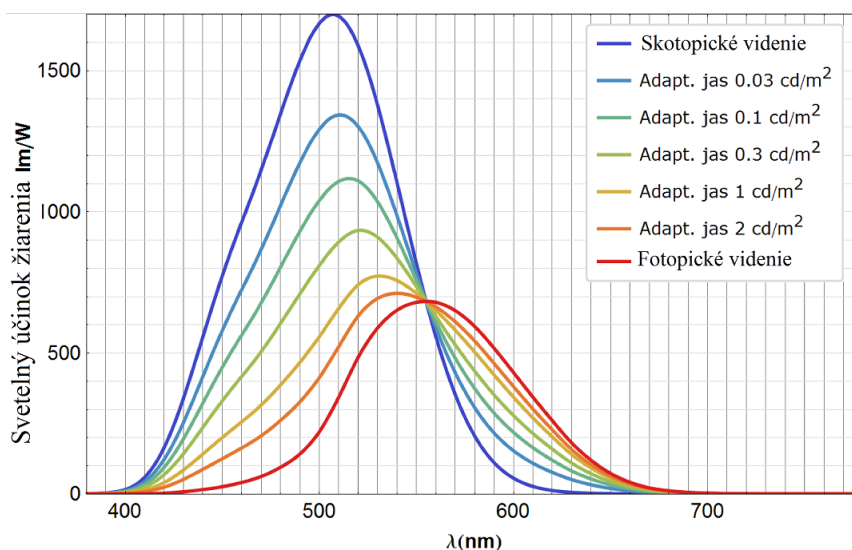
Zdokonaľovanie svetelne technických parametrov svietidiel a svetelných zdrojov rovnako umožňuje navrhovať osvetľovacie sústavy, ktoré sú schopné zabezpečiť požadované svetelné parametre komunikácie pri nižších elektrických príkonoch. V záujme znižovania elektrických príkonov osvetľovacích sústav je dôležité aj správne zatriedenie komunikácie do príslušnej triedy osvetlenia, ktorá bude následne rešpektovaná pri svetelnom návrhu. V súčasnej dobe sa minimalizuje použitie svietidiel s výbojkovými svetelnými zdrojmi, ktoré sa historicky používali pre osvetlenie verejných priestorov. Nové osvetľovacie sústavy a rekonštrukcie osvetľovacích sústav sú vo väčšine prípadov realizované so svietidlami s LED svetelnými zdrojmi, ktoré umožnili vo výrobe svietidiel použiť nové procesy a technológie. LED svietidlá preto ponúkajú nové možnosti v návrhu a ovládaní sústav verejného osvetlenia.

Štandardne používané prístroje pre meranie svetelných parametrov sú skalibrované podľa fotopickej krivky citlivosti ľudského oka. V prípade verejného osvetlenia sa ale žiarivý tok svetelného zdroja zhodnocuje pomocou kriviek citlivosti, ktoré sa nachádzajú v mezopickej

oblasti. Z týchto dôvodov boli realizované merania fotopických svetelných parametrov vybraných komunikácií, ktoré boli následne prevedené do mezopickkej oblasti, pomocou mezopických kriviek citlivosti ľudského zraku, ktoré boli spočítané na základe veľkosti reálneho adaptačného jasu pozorovateľa, príslušnej svetelnej scény. V rámci skúmania zmien citlivosti zrakového orgánu pri prechode z fotopického do mezopického videnia je nutné upozorniť na fakt, že sa jedná iba o periférnu oblasť zrakového orgánu. Centrálna oblasť oka žltá škvrna (fovea) musí byť zo skúmania týchto zmien vylúčená, pretože v tejto oblasti sa nachádzajú iba fotoreceptory fotopického videnia (čapíky).

2 Spektrálna citlivosť zraku a druhy videnia

Zrakový orgán nie je rovnako citlivý na žiarenie rôznych vlnových dĺžok. Ľudské oko reaguje na elektromagnetické žiarenie v rozmedzí 380 – 760 nm. Neplatí teda, že každé oko vidí rovnako, je to individuálny parameter. Najväčšia citlivosť oka pri dobrom osvetlení je určená citlivosťou čapíkov a najčastejšie sa vo fotopickom (dennom) videní pohybuje okolo 555 nm. Citlivosť sa väčšinou udáva v pomerných hodnotách vo vzťahu k maximálnej absolútnej hodnote citlivosti. Spektrálna citlivosť prijímacieho systému zrakového analyzátora je závislá na adaptačnom jase. Táto závislosť sa najvýraznejšie prejavuje v mezopickkej oblasti videnia. Aby sa zaistila jednotnosť svetelne technických výpočtov s ohľadom na rôznu spektrálnu citlivosť jednotlivých pozorovateľov, prijala Medzinárodná komisia pre osvetľovanie (CIE) dohodu o hodnotách spektrálnej citlivosti oka pre tzv. normálneho fotometrického pozorovateľa, fotopický model. Pre podmienky nočného videnia je definovaný tzv. model skotopický.



Obr.1 Priebehy absolútnych hodnôt svetelných žiarení pri fotopických, skotopických a vybraných mezopických podmienkach podľa modelu MES2

Existujú tri druhy videnia ľudského oka, ktorým zodpovedá určité rozmedzie jasu. Jedná sa o videnie denné (fotopické), videnie nočné (skotopické) a videnie mezopické. Fotoreceptory sa do funkcie videnia zapájajú v rôznych kombináciách v závislosti od druhu videnia. O fotopickom videní (krivka citlivosti $V(\lambda)$) hovoríme vtedy, keď ľudský zrak pracuje v podmienkach denného svetla. To znamená, že sa jedná o úrovne jasu, ktorý je vyšší ako 5 cd/m^2 . Fotopické videnie je sprostredkované pomocou čapíkov, ktoré pre tento druh videnia

udávajú citlivosť ľudského oka. Citlivosť ľudského oka je popísaná tzv. krivkou $V_{(\lambda)}$ a jej maximum leží na vlnovej dĺžke 555 nm. Pri jasoch nižších ako $0,005 \text{ cd/m}^2$ hovoríme o skotopickom videní. Prakticky sa jedná o úplnú tmu. V tejto oblasti pracujú už iba tyčinky a preto sa krivka citlivosti ľudského oka posúva do oblasti kratších vlnových dĺžok (modrého svetlo). Najvyššiu citlivosť dosahujú tyčinky pri vlnovej dĺžke 507 nm, čomu zodpovedá zelenomodrá farba. Skotopická krivka citlivosti sa označuje $V'_{(\lambda)}$. Vzhľadom k tomu, že v oblasti skotopického videnia pracujú iba tyčinky, oko vidí monochromaticky a nie sme schopní rozlíšiť farby a rozlíšenie zmien trvá až 10 krát dlhšie ako pri fotopickom videní. Mezopická oblasť pokrýva celú škálu jasov medzi dennou (fotopickou) oblasťou a nočnou (skotopickou) oblasťou. Oblasť adaptačných jasov, v ktorej sa uplatňuje mezopické videnie je podľa dostupnej literatúry definované v rozmedzí od $0,001 \text{ cd/m}^2$ do 10 cd/m^2

Jednotný systém pre mezopickú fotometriu bol prijatý v roku 2010, kedy sa v rámci technickej komisie TC 1-58 vytvoril dokument CIE pre medzinárodný odporúčaný systém pre mezopickú fotometriu na základe zrakového výkonu. Tento doporučený systém pre výpočet mezopickej spektrálnej citlivosti oka je popísaný v dokumente medzinárodnej komisii pre osvetľovanie CIE 191-2010. Jedná sa o lineárnu kombináciu fotopickej a skotopickej krivky spektrálnej citlivosti. Tento systém je na základe vedeckých poznatkov o zrakovom výkone pozorovateľa pre mezopickú fotometriu založený na modeli MES2 s hornou hranicou jasů 5 cd/m^2 a dolnou hranicou jasů $0,005 \text{ cd/m}^2$.

3 Pomer S/P

Pomer S/P vyjadruje podiel žiarivého toku zhodnoteného cez skotopickú krivku citlivosti a fotopickú krivku citlivosti. V podstate vyjadruje, v akej časti spektra svetelný zdroj vyžaruje. Vyššia hodnota pomeru S/P znamená, že daný svetelný zdroj produkuje žiarivý tok dominantne na kratších vlnových dĺžkach a naopak. V niektorej literatúre sa môžeme stretnúť s označením RSP.

$$S/P = \frac{K'_m \int_0^\infty S_\lambda(\lambda) V'(\lambda) d\lambda}{K_m \int_0^\infty S_\lambda(\lambda) V(\lambda) d\lambda}$$

kde:

λ – je vlnová dĺžka (nm)

K_m – je maximálna hodnota spektrálneho priebehu veličiny $K_{(\lambda)}$, 683 lm/W

K'_m – je maximálna hodnota spektrálneho priebehu veličiny $K'_{(\lambda)}$, 1700 lm/W

S_λ – je spektrálna charakteristika svetelného zdroja (-)

$V_{(\lambda)}$ – je pomerná spektrálna citlivosť zraku pre fotopické videnie (-)

$V'_{(\lambda)}$ – je pomerná spektrálna citlivosť zraku pre skotopické videnie (-)

Z vyššie uvedeného vzťahu je zrejmé, že rovnaký svetelný zdroj bude mať rôzne hodnoty žiarivého toku pre skotopické a fotopické podmienky videnia. Tento rozdiel je spôsobený priebehom kriviek citlivosti pre fotopické a skotopické videnie, ktorý je rozdielny. Pomer S/P sa zisťuje tzv. porovnávacím meraním svetelného toku svetelného zdroja v dvoch rôznych oblastiach videnia. Výsledkom pomeru S/P je bezrozmerné číslo, ktoré sa niekedy nazýva aj „vnímaný svetelný tok“. Ak je výsledná hodnota pomeru S/P menšia ako 1, tento stav

zodpovedá svetelným zdrojom, ktoré vyžarujú v oblasti dlhších vlnových dĺžok, čo znamená v oblasti citlivosti čapíkov (fotopické videnie). Ak je hodnota väčšia ako 1, svetelný zdroj dominantne vyžaruje na kratších vlnových dĺžkach, kde prevláda citlivosť tyčínok (skotopické videnie). Pomer S/P úzko súvisí s náhradnou teplotou chromatickosti svetelného zdroja. Svetelné zdroje s vyššou náhradnou teplotou chromatickosti majú chladnejšie svetlo, v ktorom je výrazne zastúpená modrá farba, a preto sú na sietnici oka účinnejšie stimulované tyčinkové receptory, ako v prípade zdrojov s teplejšou farbou svetla. Aj preto sú svetelné zdroje s vyššou náhradnou teplotou chromatickosti s vyšším obsahom modrej farby vnímané v skotopickej a mezopickej oblasti intenzívnejšie. Logicky z toho vyplýva, že pri návrhu verejného osvetlenia pri použití svietidiel s vysokou teplotou chromatickosti, bude pre zabezpečenie danej úrovne osvetlenia potrebný nižší príkon ako v prípade použitia napríklad vysokotlakových sodíkových výbojok.

Typ svetelného zdroja	Pomer S/P
Nízkotlaká sodíková výbojka 1700K	0,25
Vysokotlaková sodíková výbojka (35W a viac) 2100K	0,40
Vysokotlaková sodíková výbojka (70W a viac) 2100K	0,65
Klasická žiarovka 2700K	1,36
LED 2700K	1,1
Fluorescenčná žiarivka 3000K	1,29
LED 3000K	1,21
Halogénová žiarovka 3000K	1,50
LED 3500K	1,41
LED 4000K	1,65
Halogenidová výbojka 4300K	1,49
Fluorescenčná žiarivka 5000K	1,96
LED 5000K	1,80
LED 6000K	2,25
Fluorescenčná žiarivka 6500K	2,25

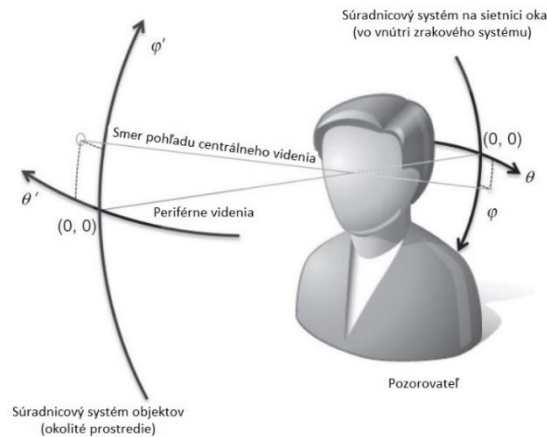
Tab.1 Pomer S/P pre vybrané svetelné zdroje

4 Problematika určenia adaptačného jasu pozorovateľa

Jasové pomery v zornom poli pozorovateľa sa menia dynamicky v závislosti od rôznych zrakových úloh objavujúcich sa v nočnom prostredí. V oblasti mezopického videnia je nutné rozpoznávať rôzne vplyvy, ktoré ovplyvňujú celkový proces videnia. Použitie modelu MES2 v praxi je ešte stále otvorená téma, pretože niektoré vstupujúce parametre do výpočtu mezopického jasu ostávajú stále nedoriešené. Tieto problémy súvisia s vizuálnymi procesmi zraku pozorovateľa a to konkrétne s určením plochy pre určenie adaptačného jasu danej svetelnej scény. Veľkosť adaptačného jasu pozorovateľa totiž určuje priebeh mezopickej krivky citlivosti a veľkosť pomernej spektrálnej citlivosti, pomocou ktorej ľudské oko zhodnocuje svetelné podnety dopadajúce na sietnicu oka.

Momentálne sa hľadá vhodný systém pre jednoznačné určenie adaptačného jasu. Sú rozpracované viaceré modely založené na zrakovom výkone pozorovateľa, ktoré sa snažia

definovať tento parameter. Výsledný adaptačný jas preto závisí na vplyve centrálného (foveálneho) a periférneho videnia ľudského oka. V prípade nočného dopravného priestoru, pri riadení automobilu vodič podlieha rôznym zrakovým úlohám. Pri týchto podmienkach sa musia zvažovať procesy zrakového systému ovplyvňujúce zrakový vnem pozorovateľa.



Obr.2 Súradnicový systém zrakového systému pozorovateľa

Pomocou súradnicového systému je možné zdefinovať rozloženie jasov v zornom poli pozorovateľa - funkciu polohy, ktorá je definovaná pomocou dvoch uhlov θ a ϕ . Táto funkcia ($L(\theta, \phi)$) je označovaná skratkou LD (Luminance Distribution) a je potrebná pre popisanie jasových pomerov zorného poľa pozorovateľa a je rovnako dôležitá pre určenie veľkosti adaptačného jasov. Detailnejšie popisuje určenie adaptačného jasov pozorovateľa dizertačná práca Mgr. Romana Dubníčku, PhD., ktorý v jeho práci nadväzoval na vedecké práce doktora T. Uchida, ktorý sa určením adaptačného jasov v mezopickej oblasti zaoberá v rámci komisie CIE.

5 Verejné osvetlenie

Verejné osvetlenie sa nachádza na verejných priestranstvách, v miestach motoristickej dopravy a pohybu chodcov. Z toho dôvodu je pri jeho navrhovaní, výstavbe a prevádzke nutná znalosť širokého okruhu legislatívnych a technických noriem. Základné technické normy pre navrhovanie verejného osvetlenia sú obsiahnuté v súbore noriem Osvetlenia pozemných komunikácií, vypracovaných Technickou komisiou CEN/TC 169 Svetlo a osvetlenie:

- ČSN CEN/TR 13 201-1 (Časť 1: Návod pre výber tried osvetlenia),
- ČSN EN 13 201-2 (Časť 2: Požiadavky),
- ČSN EN 13 201-3 (Časť 3: Výpočet),
- ČSN EN 13 201-4 (Časť 4: Metódy merania).

Pri návrhu verejného osvetlenia sa ďalej doporučuje aj použitie normy ČSN P 36 0455 Osvetlenie pozemných komunikácií – Doplnujúce informácie, ktorá sa zaoberá aj problematikou osvetľovania prechodov pre chodcov a križovatiek. Medzinárodné normy venujúce sa problematike verejného osvetlenia pozemných komunikácií, rozlišujú tri

základné rozdelenie pozemných komunikácií, s odlišnými svetelno-technickými požiadavkami. Patria sem pozemné komunikácie pre motorovú dopravu označované (M), pozemné komunikácie pre chodcov označované (P) a takzvané konfliktné oblasti označované (C). Norma ČSN EN 13 201-2 uvádza ešte okrem troch základných tried osvetlenia aj doplnkové triedy EV a SC, ktoré sa používajú v prípade nutnosti rozoznať tvár účastníka komunikácie, rozoznanie vertikálnych prekážok a za účelom zvýšenia bezpečnosti. Tieto triedy osvetlenia kladú dôraz hlavne na vertikálnu zložku osvetlenia.

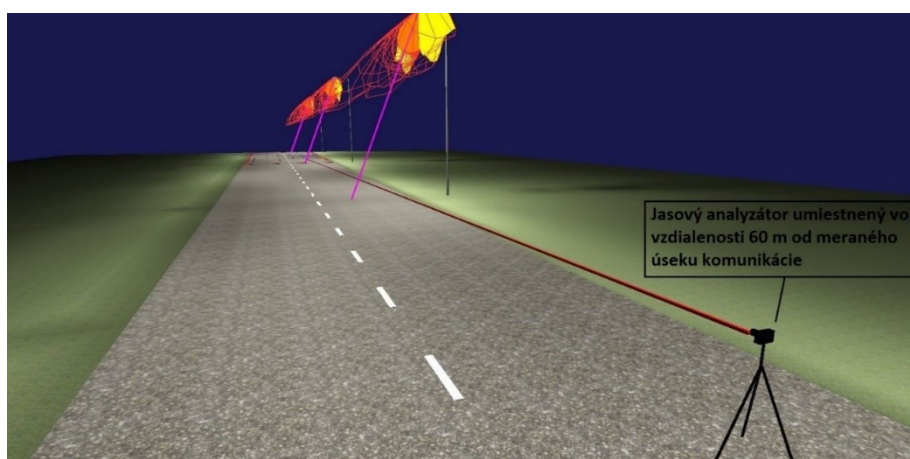
Triedy osvetlenia sú definované pomocou svetelne technických parametrov, ktoré závisia od požiadaviek užívateľov komunikácií. Každá trieda osvetlenia má špecifické požiadavky a užívateľov. Triedy osvetlenia M sa hodnotia pomocou vyhodnocovania jasových parametrov, u ostatných tried je hlavný hodnotiaci parameter osvetlenosť.

Úroveň osvetlenia	50,0 lx	30,0 lx	20,0 lx	15,0 lx	10,0 lx	7,5 lx	5,0 lx	3,0 lx	2,0 lx
Triedy osvetlenia komunikácie		M1	M2	M3	M4	M5	M6		
	C0	C1	C2	C3	C4	C5			
				P1	P2	P3	P4	P5	P6

Tab.2 Nadväzujúce triedy osvetlenia podľa normy ČSN P 36 0455

6 Meranie svetelných parametrov verejného osvetlenia

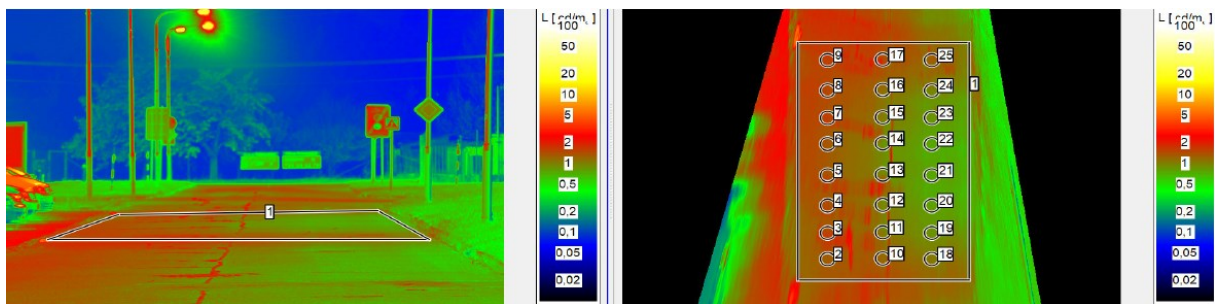
Aby bolo možné posúdiť rozdiely, ktoré môžu nastať pri vyhodnocovaní jasových parametrov komunikácií v mezopickej a fotickej oblasti, bolo nutné realizovať terénne merania svetelných parametrov verejného osvetlenia. Jednalo sa nielen o merania jasových parametrov komunikácií, ale aj o meranie svetelných parametrov svetelných zdrojov, ktoré jednotlivé komunikácie osvetľovali. Výber vhodných lokalít bol náročný, pretože bolo potrebné nájsť referenčné úseky s vhodným geometrickým usporiadaním, ktoré boli osvetlené rôznymi svetelnými zdrojmi na rozdielne úrovne osvetlenia.



Obr.3 Schematické znázornenie merania jasových parametrov pomocou jasového analyzátoru, (meraný úsek v pozadí)

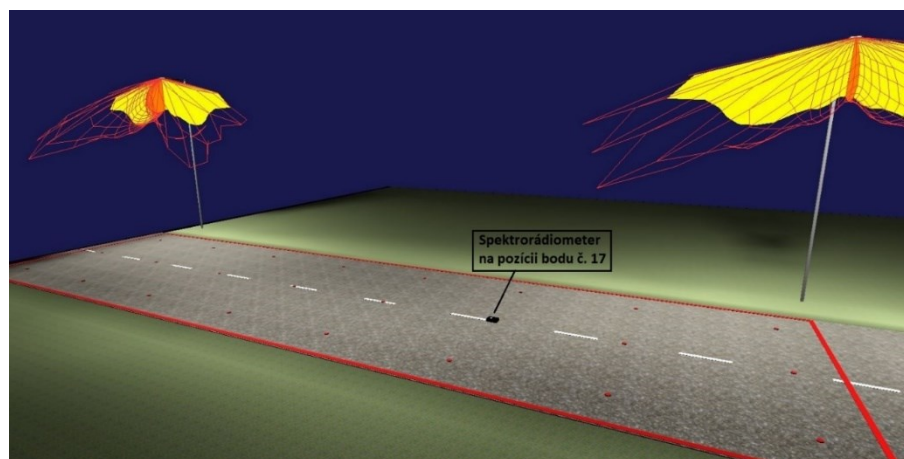
Meranie fotickej svetelných parametrov bolo realizované na komunikáciách triedy M, kde je za hlavný hodnotiaci parameter považovaný priemerný jas vozovky. Ostatné parametre,

ako celková a pozdĺžna rovnomernosť úseku vozovky hodnotené neboli, pretože tieto parametre nemajú vplyv na určenie veľkosti adaptačného jasu pozorovateľa. Pre overenie danej problematiky boli realizované merania fotopických svetelných parametrov, celkovo pre 42 referenčných úsekov v rámci Českej republiky. Merania boli realizované pre komunikácie, ktoré sú osvetlené rôznymi svetelnými zdrojmi a to LED svetidlami s náhradnou teplotou chromatickosti 2700 K (S/P = 1,10), 3000 K (S/P = 1,21), 4000 K (S/P = 1,65) a 5500 K (S/P = 2,0), a svetidlami s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami (HPS) s náhradnou teplotou chromatickosti 2000 K (S/P = 0,65).



Obr.4 Záznam z merania jasu vozovky

Meranie fotopických svetelných parametrov bolo realizované pre referenčné úseky komunikácií, osvetlené piatimi svetelnými zdrojmi s rozdielnym spektrálnym zložením. Pri vyhodnocovaní svetelných parametrov v mezopickej oblasti totiž výraznú úlohu zohráva typ použitého svetelného zdroja, konkrétne jeho spektrálne zloženie, ktorý osvetľuje príslušnú komunikáciu. Aby bolo možné presne definovať príslušné zhodnotenie svetelných parametrov v mezopickej oblasti, je okrem veľkosti adaptačného jasu pozorovateľa nutné poznať aj parameter charakterizujúci spektrálne zloženie daného svetidla, a to pomer S/P. V klasických katalógových listoch svetidiel pre verejné osvetlenie tento údaj väčšinou uvedený nie je, a preto dopátrať sa k presnej hodnote pomeru S/P pre príslušné svetidlo je pomerne zložitá.



Obr.5 Schematické znázornenie merania svetelných parametrov svetelného zdroja (svetidla) pomocou spektrorádiometra

Hodnota pomeru S/P bola preto zmeraná pomocou spektrorádiometra na príslušnom vzorovom úseku komunikácie, pre každý typ svetelného zdroja. Okrem pomeru S/P boli pomocou prístroja zaznamenávané aj iné svetelné parametre, ako sú osvetlenosť, index

podania farieb, náhradná teplota chromatickosti a priebeh spektrálneho zloženia svetelného zdroja. Meranie uvedených svetelných parametrov bolo realizované v sieti meracích bodov v počte 8 x 3, pre všetky geometrie meraných úsekov. Prístroj bol pri meraní umiestnený priamo na vozovke vo vodorovnej polohe, tak ako je znázornené na obrázku č. 5.

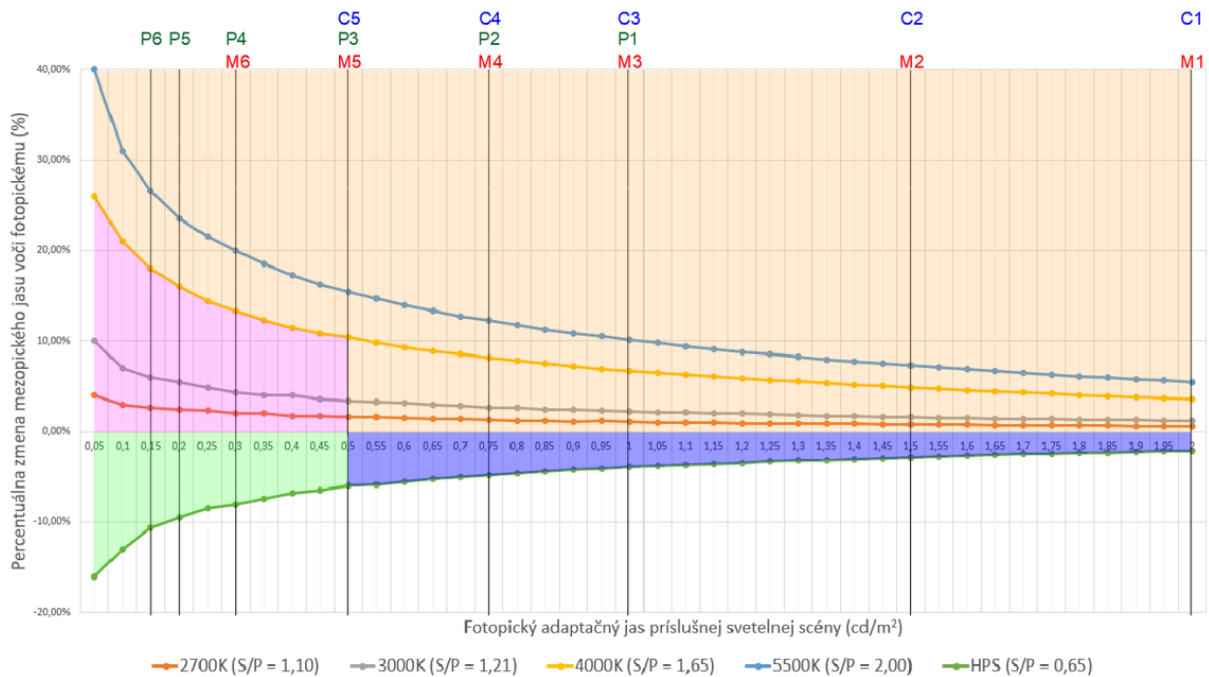
7 Vyhodnotenie svetelných parametrov v mezopickovej oblasti

Na základe vyhodnotení fotopických jasových parametrov zmeraných pre jednotlivé svetelné situácie, a ich následnému prepočtu do oblasti mezopického videnia, bolo možné zostaviť nižšie uvedený graf. Prepočet fotopického jasov na mezopický jas bol spracovaný pomocou doporučeného systému MES2 pre výpočet mezopickovej krivky citlivosti ľudského zraku. Na základe týchto prepočtov bol zhotovený graf zmeny mezopického jasov v závislosti na zmene veľkosti adaptačného fotopického jasov svetelnej scény, pre najčastejšie používané svetelné zdroje v oblasti verejného osvetlenia. Jedná sa o LED svetelné zdroje s náhradnou teplotou chromatickosti 5500K – modrá charakteristika, 4000 K – žltá charakteristika, 3000 K – šedá charakteristika a 2700 K – oranžová charakteristika a vysokotlakovú sodíkovú výbojku, s náhradnou teplotou chromatickosti 2000 K – zelená charakteristika.

V grafe sú označené hranice normatívnych úrovní priemerného fotopického jasov, podľa ČSN EN13201-2, ktoré odpovedajú štandardným triedam osvetlenia M, C a P. Pre stanovenie úrovne priemerného jasov pre triedy komunikácie P a C bola použitá tabuľka č. 2, kde sú zobrazené porovnateľné a nadväzujúce triedy osvetlenia. Pre prípad tried osvetlenia P5 a P6, bola úroveň jasov dopočítaná. Úroveň fotopického jasov predstavuje os x, kde najnižšia hodnota jasov 0,05 cd/m² sa nachádza v ľavej časti grafu a najvyššia hodnota 2 cd/m², ktorá odpovedá triede komunikácie C1 a M1 v pravej časti grafu.

Na osi y je uvedený percentuálny rozdiel mezopického jasov voči fotopickému jasov, v závislosti od typu použitého svetelného zdroja. Tento rozdiel môže nadobúdať záporné a kladné hodnoty. Svetelné zdroje, ktoré majú pomer S/P menší ako 1, vykazujú záporné rozdiely medzi mezopickým a fotopickým jasom, a ich charakteristika sa zobrazuje v spodnej časti grafu (pod osou x), tak ako to je v prípade vysokotlakovej sodíkovej výbojky. To znamená, že úroveň osvetlenia alebo jasov v podmienkach mezopického videnia, v ktorých sa pozorovateľ reálne nachádza je nižšia, ako hodnota, ktorá bola svetelných technikom navrhnutá pomocou výpočtového programu, prípadne zmeraná, pomocou luxmetra alebo jasového analyzátora. Ak by sa v grafe nachádzal svetelný zdroj s pomerom S/P = 1, zmena medzi mezopickým a fotopickým jasom by bola nulová (priamka v ose x), a pre meranie osvetlenia alebo jasov by bolo možné použiť štandardne skalibrované meracie prístroje, podľa krivky citlivosti ľudského oka $V_{(\lambda)}$.

Pomer S/P LED svetelných zdrojov je väčší ako 1, a preto úroveň osvetlenia alebo jasov v reálnych podmienkach mezopického videnia nadobúda vyšších hodnôt, ako je navrhnutá prípadne zmeraná úroveň osvetlenia alebo jasov. Charakteristiky pre tieto typy svetelných zdrojov sa nachádzajú v hornej časti grafu (nad osou x).



Obr.6 Graf závislosti zmeny mezopického jasu na type svetelného zdroja a veľkosti adaptačného fotopického jasu

Legenda pre graf na obrázku č. 6:

- Modrá oblasť** - vonkajšie pracovné priestory a verejné komunikácie bez zvýšených požiadaviek na zrakový výkon, s rešpektovaním normatívnych svetelných parametrov pre verejné osvetlenie a vonkajšie pracovné priestory.
- Oranžová oblasť** - vonkajšie pracovné priestory a verejné komunikácie so zvýšenými požiadavkami na zrakový výkon, s rešpektovaním normatívnych svetelných parametrov pre verejné osvetlenie a vonkajšie pracovné priestory.
- Ružová oblasť** - obytné oblasti v mestách a v obciach, bez zvýšených požiadaviek na zrakový výkon, s rešpektovaním normatívnych svetelných parametrov pre verejné osvetlenie.
- Zelená oblasť** - obytné oblasti v mestách a v obciach, bez zvýšených požiadaviek na zrakový výkon a s minimálnymi požiadavkami na kvalitu verejného osvetlenia.

Uvedený graf je možné použiť pre optimalizáciu osvetľovacích sústav s ohľadom na potenciál v energetických úsporách, ktorých veľkosť závisí od typu použitého svetelného zdroja a úrovne osvetlenia daného priestoru. Ako oblasti s potenciálom energetických úspor sa javia hlavne tie oblasti, kde náhradná teplota chromatickosti svietidiel nie je obmedzovaná predpismi, a kde prípadné vyššie hodnoty náhradnej teploty chromatickosti nebudú mať rušivý vplyv na okolie a svetelnú pohodu.

8 Závěr

Osvetlenie verejných komunikácií je prakticky jediná oblasť v rámci osvetľovacích sústav, kde je možné vplyv mezopického videnia aplikovať v záujme zvýšenia zrakového výkonu účastníkov nočného dopravného priestoru. Zvýšením zrakového výkonu je možné docieľiť

vyššiu viditeľnosť potencionálnych prekážok na vozovke, a to hlavne v periférnej oblasti zorného poľa ľudského oka, kde sa nachádzajú fotoreceptory skotopického videnia - tyčinky, ktoré sú citlivé na žiarenie v kratších vlnových dĺžkach. Týmto spôsobom je teda možné zrýchliť registráciu potencionálnej prekážky (chodec, zvierat) ešte pred tým, ako sa prekážka dostane napríklad do dráhy automobilu, do oblasti centrálného videnia.

Zvýšenie zrakového výkonu je možné doceliť pomocou výberu svietidiel s pomerom S/P väčším ako 1. Ide o svietidlá s vyššou náhradnou teplotou chromatickosti (ideálne viac ako 2700K), ktoré sa vyznačujú aj vyšším merným svetelným výkonom oproti svietidlám s nižšími náhradnými teplotami chromatickosti. V rámci najčastejšie používaných LED svietidiel v oblasti verejného osvetlenia, s náhradnou teplotou chromatickosti 2700 K, 3000 K, 4000 K, 5700K a indexom podania farieb väčším alebo rovným ako 70, môže merný svetelný výkon nadobúdať rozdiel až 10% medzi jednotlivými uvedenými náhradnými teplotami chromatickosti. To znamená, že ak sa v návrhu osvetlenia použijú LED svietidlá s náhradnou teplotou chromatickosti 4000 K oproti 2700 K, úspora v elektrickom príkone osvetľovacej sústavy môže byť až 20%. Z tohto dôvodu svietidlá s vyšším pomerom S/P nezvyšujú len zrakový výkon užívateľa, ale umožňujú aj svetelnému technikovi spracovať návrh osvetľovacej sústavy, s použitím svietidiel s nižším príkonom, a tým pádom eliminovať finančné náklady vynaložené na spotrebu elektrickej energie.

Literatura a odkazy

- [1] Baleja, R., Sokanský, K., Novák, T., Bos, P. The evaluation of light parameters in the public lighting in the sphere of mesopic vision. Proceedings - 2016 17th International Scientific Conference on Electric Power Engineering, EPE 2016, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016, s. 489-493, ISBN 978-1-5090-0907-7.
- [2] Baleja, R., Novák, T., Sokanský, K., Bos, P. Mesopic Vision Utilization During Public Illumination Realisation by Means of LED. Proceedings of the 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA 2017, Stara Lesná, s. 618 – 622, ISBN: 978-805533195-9
- [3] Barbur, J. L., Stockman, A. Photopic, mesopic and scotopic Vision and Changes in Visual Performance. [Online] Dostupné z:http://www.academia.edu/4491812/Photopic_Mesopic_and_Scotopic_Vision_and_Changes_in_Visual_Performance
- [4] CIE 191-2010, Recommended system for mesopic photometry based on visual performance. Vienna: CIE Central Bureau, 2010. ISBN 978-390-1906-886.
- [5] Dubnička, R. Klasifikačný systém pre výpočet a meranie fotometrických parametrov osvetlenia pozemných komunikácií v podmienkach mezopického videnia. Dizertačná práca, STU, Bratislava 2018, evidenčné číslo: FEI-10827-53309. Vedúci práce doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.
- [6] Uchida, T., Adaptation luminance simulation for CIE mesopic photometry system implementation. rev. Proceedings of 28th CIE Session 2015, Manchester, Great Britain, 29th June – 3rd July 2015, pp.307 – 316.

Modelování šíření světelného toku od veřejného osvětlení v městském prostředí

Bálský Marek, Ing. Ph.D., Terrich Theodor, Ing., Panská Zuzana, Ing., Bayer Rudolf, Ing., ČVUT v Praze, FEL, balskmar@fel.cvut.cz, <http://k315.feld.cvut.cz>

Abstrakt: Častým tématem odborných diskusí bývá problematika světelného znečištění, jehož příčinou je částečně veřejné osvětlení. Diskutován bývá vliv světelného toku vyzářeného osvětlovací soustavou nad horizont, příp. na fasády domů v okolí a do zeleně. Tato studie se proto zabývá analýzou šíření světelného toku od veřejného osvětlení v městském prostředí.

1 Úvod

S příchodem moderních světelných zdrojů LED na trh v minulém desetiletí se vkládala velká očekávání do jejich využití ve veřejném osvětlení (VO). Očekávalo se, že světelné zdroje LED, principiálně odlišné od všech dosavadních světelných zdrojů, zcela změní vlastnosti uličních svítidel, zejména co se týče distribuce světelného toku od zdroje světla k uživatelům [1]. Konvenční svítidla ve veřejném osvětlení využívala zejména vysokotlaké sodíkové, příp. halogenidové výbojky vyzařující světlo do všech směrů, jejichž světelný tok musel být optickými částmi svítidel nasměrován k uživatelům (na vozovku, chodník apod.). To mělo za následek ztráty způsobené odrazem světla v optických částech svítidel. Zároveň bylo velmi obtížné zamezit vyzařování světla z výbojkových svítidel mimo osvětlovanou oblast, tedy např. do okolních obydlí či přírody (tzv. světelný přesah). LED naopak vyzařují světlo jen do omezeného prostorového úhlu, od čehož se očekávalo snížení ztrát ve svítidlech a snazší redukci světla dopadajícího mimo osvětlované plochy, tedy efektivnější osvětlování [1].

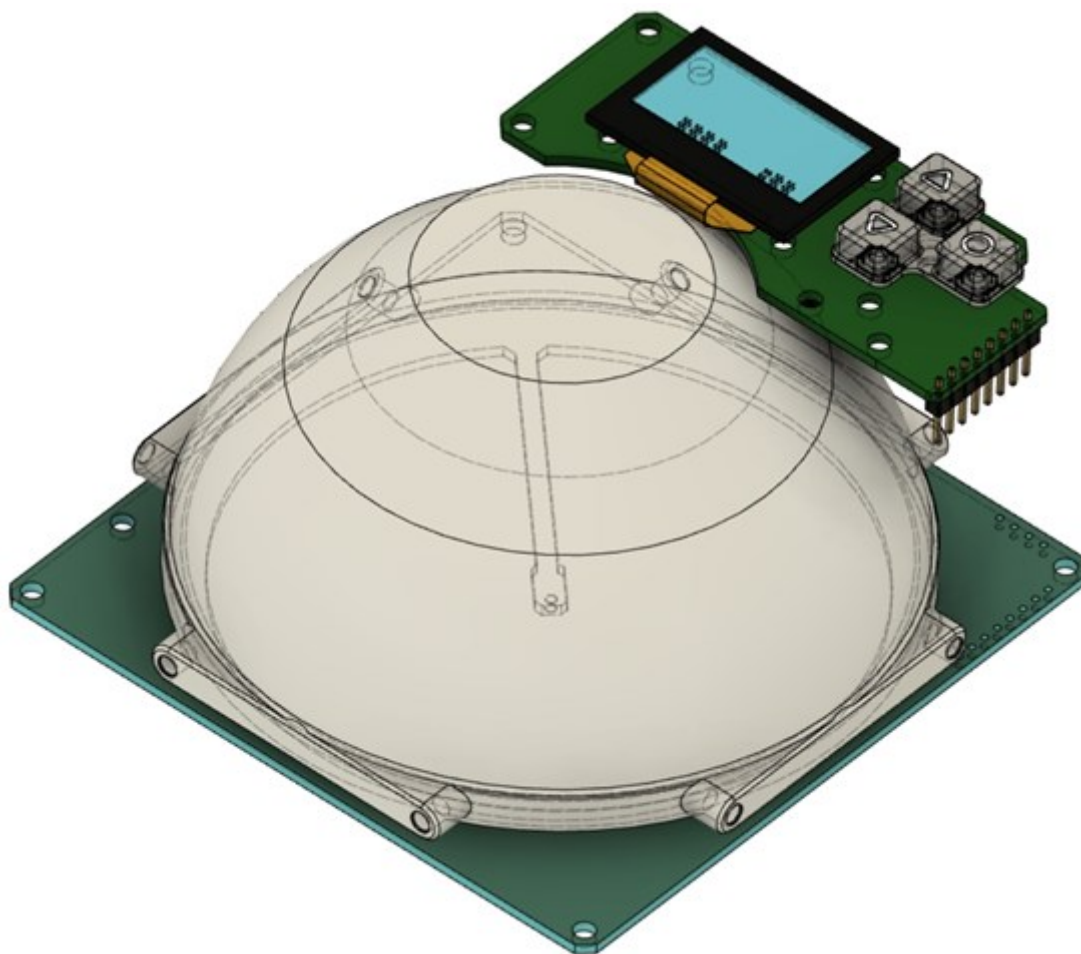
2 Změny při náhradě výbojkových svítidel LED svítidly

S postupným rozšiřováním LED svítidel se projevila významná změna oproti původním svítidlům [2]. Jedná se o odlišnou chromatičnost světla, kdy původní sodíkové výbojky vyzařovaly světlo s výhradně nižšími teplotami chromatičnosti (tzv. teple bílé – angl. „warm white“) s převažující žlutooranžovou složkou, zatímco některá LED svítidla vyzařují světlo s vysokou teplotou chromatičnosti (tzv. studeně bílé – angl. „cool white“) s převažující modrou složkou [3]. Na modrou složku světla jsou nejcitlivější cirkadiánní fotoreceptory v lidském oku, které řídí tzv. biologické hodiny člověka pomocí vylučování hormonů melatonin a kortizol. Melatonin, tzv. klidový hormon, je vylučován výhradně v období bez přítomnosti světla, tedy v přirozeném prostředí v noci, zatímco kortizol, tzv. stresový hormon, je vylučován naopak při zvyšování podílu modré složky světla, tedy v přirozeném prostředí zejména ráno a přes den. Jak bylo uvedeno v mnoha studiích (např. [4]), vystavování se světlu s vysokým obsahem modré spektrální složky (vlnové délky pod 530 nm) narušuje normální melatoninové rytmy, což obvykle vede k nespavosti, stresu a zvýšenému riziku pro celou řadu chorob. Modrá složka světla má proto nejzávažnější důsledky pro životní prostředí a lidské zdraví [4]. Příchod světelných diod ve veřejném osvětlení tedy v důsledku toho odstartoval nárůst stížností obyvatel na rušivé účinky světla v oblastech, kde byla nově instalována LED svítidla s vysokým podílem modré složky vyzařovaného světla. Spektrální složení světla LED je navíc příčinou vyššího podílu světelného toku odraženého od povrchů v okolí osvětlovacích soustav, viz [3].

Světelné zdroje s vyšším podílem modré složky spektra (krátkých vlnových délek) se podílejí na zvýšení jasů oblohy výrazněji než světelné zdroje s nižším podílem modré složky spektra. Důvodem je to, že ačkoliv kratší vlnové délky jsou více rozptýlovány molekulami a aerosoly v atmosféře, dochází u krátkých vlnových délek také k jejich zvýšenému pohlcení atmosférou, takže ke zvýšení jasů oblohy dochází pouze v blízkosti světelného zdroje [5].

3 Modelování šíření světelných toků v městském prostředí

Z důvodů popsanych v předchozí kapitole se nyní na katedře elektroenergetiky ČVUT v Praze, FEL zabýváme simulací rušivého světla v městském prostředí, jejíž výsledky budou využity při tvorbě nové technické normy zabývající se rušivými účinky světla. Do této činnosti jsou zapojeni i studenti magisterských a doktorských studijních programů. Velký podíl na vznikajících výsledcích má Bc. Tomáš Vencovský, který ve své diplomové práci [6] provedl výpočty podílu rušivého světla na území celé městské části Prahy 6. Ve výpočetním programu vytvořil modely převažujících typů zástavby v městské části a pro každý typ zástavby vypočítal podíl světla dopadajícího mimo osvětlované plochy (např. na okolní budovy, do zeleně apod.). Jedním z parametrů potřebných pro vytváření takových modelů jsou integrální činitele odrazu fasád domů, kde dochází k odrazu světla osvětlovacích soustav. Za účelem měření integrálního činitele odrazu fasád je na katedře elektroenergetiky vyvíjen reflektometr založený na principu mnohonásobných odrazů, jehož konstrukce je patrná z Obr.1.



Obr.1 Model reflektometru založeného na principu mnohonásobných odrazů vyvíjeného na katedře elektroenergetiky FEL ČVUT

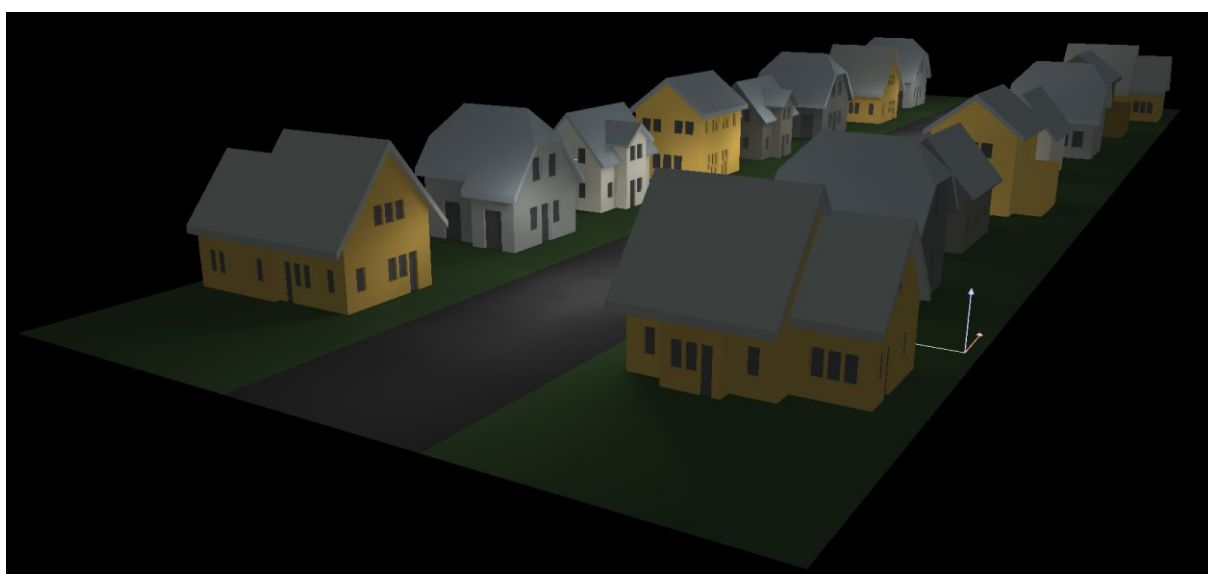
Na základě měření integrálních činitelů odrazu fasád byly v počítačových modelech využity kombinace fasád s reálně naměřenými činiteli odrazu v okolí Vítězného náměstí, jak je patrné např. v modelech osvětlení kompaktního otevřeného města (Obr.2), modernistického města (Obr.3), či tzv. zahradního města (Obr.4).



Obr.2 Model osvětlení tzv. kompaktního otevřeného města [6]



Obr.3 Model osvětlení tzv. modernistického města [6]



Obr.4 Model osvětlení tzv. zahradního města [6]

Celkové zastoupení jednotlivých typů svítidel využitých v simulacích této studie je spolu s celkovým příkonem světelných zdrojů uveden v Tab.1.

Typ svítidla	Příkon světelného zdroje (W)	Počet (ks)	Celkový příkon světelných zdrojů (W)
Z1	50	5 914	295 700
MC12	70	3 284	229 880
MC2	100	1 176	117 600
MC2	150	863	129 450
MC2	250	330	82 500
Celkem		11 567	855 130

Tab.1 Typy, počty a příkony svítidel využitých v modelu MČ Praha 6 [6]

4 Výsledky modelu

Z dosavadních výsledků vyplývá, že v některých typech zástavby dopadá více než 35 % světelného toku svítidel mimo osvětlovanou oblast, tedy zejména na okolní budovy, do zeleně a v malé míře i přímo nad úroveň terénu. Jedná se o neúčinný světelný tok, který je z energetického hlediska ztrátou. Méně než 2 % světelného toku svítidel je vyzářeno svítidly přímo do horního poloprostoru. Celkový světelný tok unikající do horního poloprostoru je tedy z více než 80 % tvořen světelným tokem odraženým od osvětlovaných povrchů, tedy od povrchu komunikací, fasád okolních budov a jejich bezprostředního okolí. Podrobnější výsledky modelu šíření světelného toku v městském prostředí v okolí soustav veřejného osvětlení jsou patrné z Tab.2.

Činitel odrazu světelně činných ploch	Parametr	Světelný tok (lm)	Světelný tok (%)
	Celkový světelný tok vyzářený svítidly	68 778 148	100
	Světelný tok vyzářený svítidly přímo do horního poloprostoru	1 172 815	1,71
0 (bez odrazů)	Světelný tok vyzářený svítidly mimo vozovku	24 868 631	36,16
	Světelný tok vyzářený svítidly na vozovku	43 909 520	63,84
Naměřen reflektometrem	Celkový světelný tok dopadající na vozovku (přímý + odražený)	44 354 876	64,49
	Celkový světelný tok vyzářený do horního poloprostoru (přímý + odražený)	6 985 547	10,16

Tab.2 Výsledky modelu šíření světelného toku od veřejného osvětlení v městském prostředí [6]

Protože výměna výbojkových svítidel za LED svítidla většinou nepřináší snížení podílu rušivého světla [7], důsledkem je pak při uvažování změn spektrálního složení světla nárůst

počtu stížností obyvatel na rušivé účinky světla. Při dalších modernizacích veřejného osvětlení by proto měl být kladen větší důraz na snížení podílu světelného přesahu, které v konečném důsledku přináší i snižování energetické náročnosti veřejného osvětlení, neboť při vhodnějším směřování světelného toku pouze do míst, která mají být osvětlena, může dojít ke snížení celkového příkonu osvětlovací soustavy [8].

Reference

- [1] Jiří Habel, Petr Žák, The Present and Future of Lighting Engineering, Light & Engineering, 2/2012, ISSN 0236-2945.
- [2] Jaroslav Štěpánek, Jan Škoda, Martin Motyčka, Michal Krbal, Porovnání světelných zdrojů pro veřejné osvětlení z hlediska jejich vlivu na cirkadiánní rytmy. Sborník recenzovaných příspěvků Kurz osvětlovací techniky XXXIII, 2017, s. 217-223, ISBN 978-80-248-4104- 5
- [3] Petr Žák, Jan Zálešák, The influence of spectral properties of light in street lighting on visual perception, Lumen V4 2016, ISBN 978-1-5090-3305-8.
- [4] Fabio Falchi, Pierantonio Cinzano, Christopher D. Elvidge, David M. Keith, Abraham Haim, Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility, Journal of Environmental Management 92, 2011, ISSN 2714-2722.
- [5] Christian B. Luginbuhl, Paul A. Boley, Donald R. Davis, The impact of light source spectral power distribution on skyglow, Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer 139, 2014, ISSN 0022-4073
- [6] Tomáš Vencovský, Zvyšování kvality veřejného osvětlení v rámci Smart City, diplomová práce, ČVUT FEL, 2021.
- [7] Marek Bálský, Theodor Terrich, Light Trespass in Street LED Lighting Systems, 21st International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), 2020
- [8] Karel Sokanský, Tomáš Novák, Potenciál energetických úspor veřejného osvětlení v České republice, Světlo – odborný časopis pro světelnou techniku, 2008, 11(1), p. 45-46, ISSN 1212-0812.

Príspevok k preslneniu a využitiu slnečného žiarenia v bytoch na Slovensku

Stanislav Darula, Ing., CSc., Doc., ASI SKSI, SSTS, Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Bratislava

Abstrakt: Jedným z dôležitých atribútov vnútorného prostredia budov je prístup k dennému svetlu a slnečnému žiareniu. V Českej republike a na Slovensku existujú už dlhší čas vyhlášky a normy, podľa ktorých sa už vo fáze projektu stavby rieši vyhovujúce denné osvetlenie a preslnenie bytových domov. V roku 2018 vyšla prvá európska norma EN 17037, ktorá prináša nový pohľad aj kritériá na posudzovanie denného osvetlenia a preslnenia vnútorných priestorov budov. Príspevok poskytuje prvé informácie z riešenia preslnenia bytov na Slovensku z pohľadu požiadaviek EN 17037.

1 Úvod

Dôležitosť slnečného žiarenia v prírode, jeho vplyv na život na Zemi si už uvedomovali ľudia v prehistorickom období. Slnko bolo jedným z najvýznamnejších bohov na všetkých kontinentoch planéty. Slnečné žiarenie má blahoprajné účinky na ľudský organizmus a jeho zdravie. Prítomnosť slnečného žiarenia nemusí byť vždy vítaná, najmä keď spôsobuje oslnenie, prehrievanie vnútorného priestoru, prípadne poškodzuje pokožku UV zložkou. V prvom prípade je potrebné interiéry navrhovať tak, aby užívatelia bytov mali prístup k potrebnému množstvu slnečného žiarenia v čase keď ho potrebujú. V druhom prípade stavebné konštrukcie musia byť vybavené účinnou ochranou proti nežiadúcim vplyvom slnečného žiarenia.

Preslnenie v bytoch možno posudzovať viacerými spôsobmi:

- množstvom slnečného žiarenia prenikajúceho do miestnosti za obdobie roka [1, 2],
- trvaním osvetlenia plochy slnečnými lúčmi [3],
- časovým výskytom reálnych slnečných situácií,
- časovým výskytom možných slnečných situácií [4 - 8].

2 Požiadavky na preslnenie podľa EN 17037

Nové kritéria a požiadavky na riešenie preslnenia v EÚ prináša norma EN 17037 Daylight in buildings, ktorá je preložená a platná od 1. 8. 2019 v Českej republike ako ČSN EN 17037 a na Slovensku ako STN EN 17037 s platnosťou od 1. 2. 2020. Norma EN 17037 odporúča trvanie preslnenia v troch úrovniach podľa tab. 1 aspoň jednej obytnej miestnosti v byte, pričom byt má byť preslnený za predpokladu bezoblačného dňa. Pripúšťa sa vybrať tento deň medzi 1. februárom a 21. marcom. V prílohe D sú uvedené vzťahy pre výpočet výšky γ_s a azimutu slnka α_s a tiež pravidlá pre umiestnenie posudzovaného bodu. Výraznou zmenou je uplatnenie minimálnej výšky slnka, od ktorej sa uvažuje preslnenie. Jej hodnoty sú založené na zemepisnej šírke lokality a maximálneho odklonu normály okna 120° od juhu smerom na sever alebo na západ. V tejto norme uvedená tabuľka poskytuje hodnoty minimálnej výšky slnka pre 21. marec a preslnenie 1.5 hod. V doteraz používaných normách STN 73 4301 a ČSN 73 4301 bola minimálna výška stanovená hodnotou $\gamma_s = 5^\circ$. V tab. 2 sú uvedené

hodnoty minimálnej výšky slnka podľa [6] pre hlavné mesto Českej republiky a hlavné mestá okolitých krajín, t. j. pre Prahu, Berlín, Varšavu, Bratislavu a Viedeň.

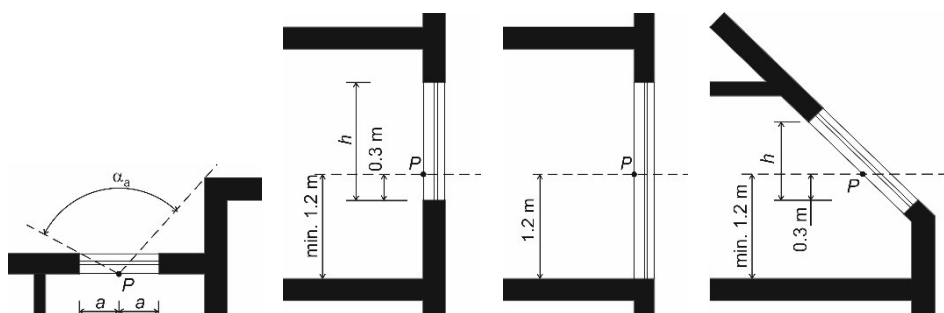
Odporúčaná úroveň preslennia	Trvanie preslennia v hod
Minimálna	1.5
Stredná	3.0
Vysoká	4.0

Tab. 1. Odporúčané trvanie preslennia podľa [6]

Krajina	Hlavné mesto	Zemepisná šírka φ [°]	Minimálna výška slnka γ_s [°]
Rakúsko	Viedeň	48.12	14
Slovensko	Bratislava	48.20	14
Česká republika	Praha	50.10	13
Poľsko	Varšava	52.17	12
Nemecko	Berlín	52.47	11

Tab. 2. Minimálna výška slnka γ_s pre 21. marec a pre preslennie 1.5 hodiny, podľa [6].

Ďalšou zmenou je umiestnenie kontrolného bodu na stanovenie účinného uhla pre preslennie. V pôvodných ČSN 73 4301, STN 73 4301 bol kontrolný bod umiestnený na vnútornom povrchu zasklenia a účinný uhol α_a na preslennie sa uvažoval s odklonom 25° od roviny zasklenia. V EN 17037 je tento bod posunutý na vnútornú rovinu osvetľovacieho otvoru. Účinný uhol na preslennie je vymedzený hrúbkou ostenia, obr. 1, čo vytvára pri menších oknách a hrubších stenách menší účinný uhol a pri širších oknách a užších stenách väčší uhol, v ktorom sa môže posudzovať preslennie.

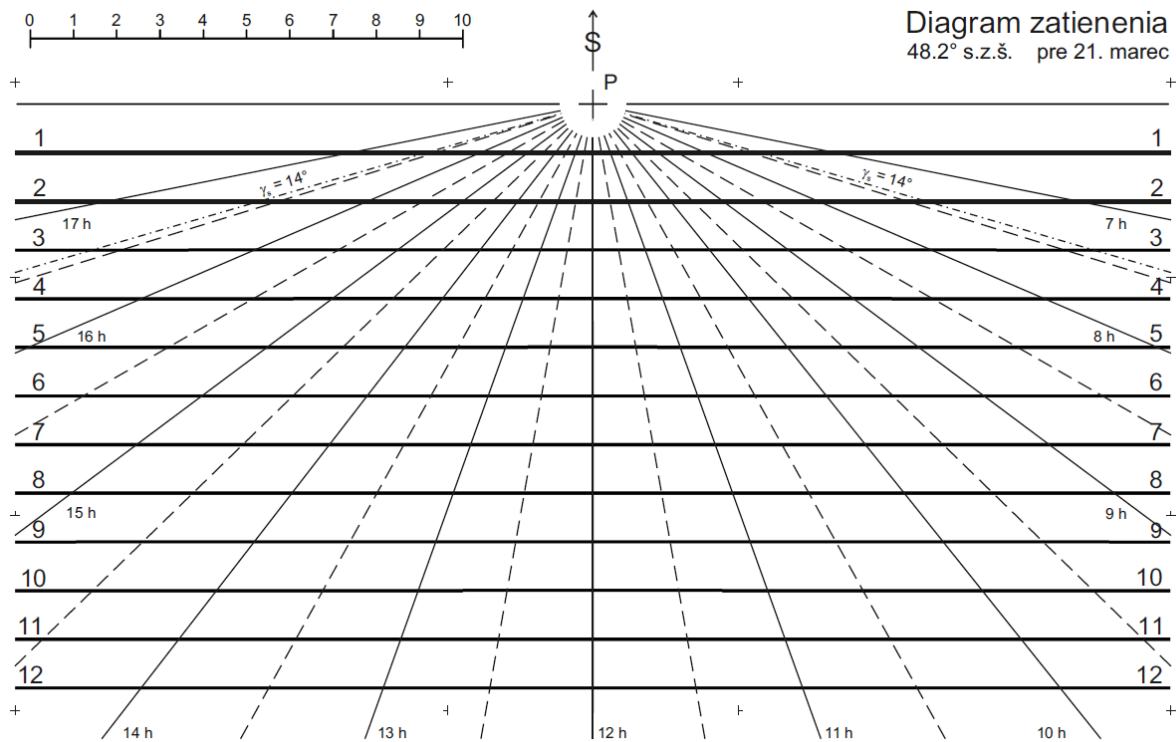


Obr. 1. Poloha kontrolného bodu u zvislých a sklonených osvetľovacích otvorov podľa [6].

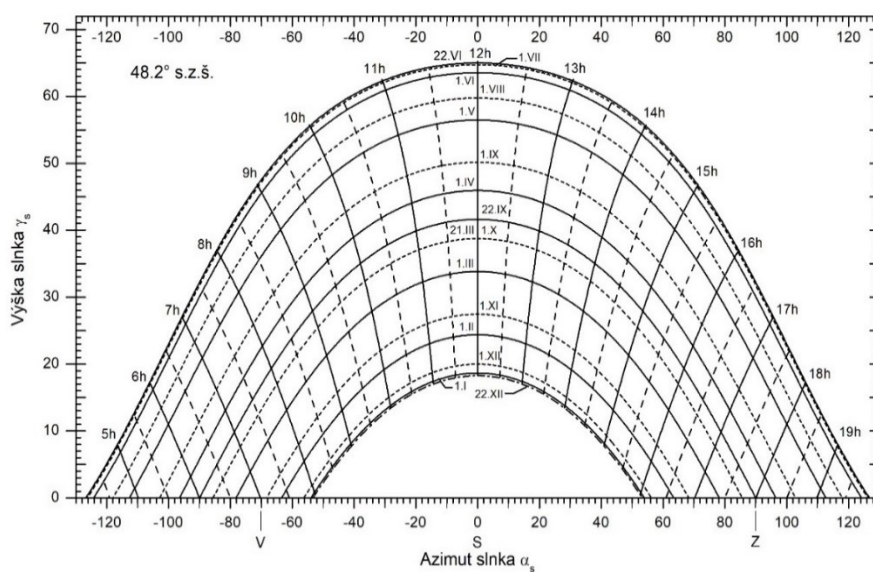
3 Riešenie preslennia bytov na Slovensku

Pri orientácii pôdorysov sa zachováva určenie severného smeru uplatnením meridiánovej konvergencie. Trvanie preslennia sa posudzuje v kontrolnom bode P , ktorého poloha sa určuje podľa [9]. Trvanie preslennia sa stanovuje podľa [9] pri výške slnka γ_s nad horizontom väčšej ako $\min \gamma_s = 14^\circ$. Vo februári 2021 vyšla revízia STN 73 4301 [5], v ktorej sú aplikované kritéria STN EN 17037 pre posúdenie preslennia v bytových budovách. V zmysle odporúčania [6] sa vybral 21. marec s tým, že sa prijalo na hodnotenie preslennia obdobie od 21. marca do 22.

septembra. Vypracoval sa diagram zatienu pre zemepisnú severnú šírku $\varphi = 48.20^\circ$ (Bratislava) pre kritický dátum 21. marca (platí súčasne pre 22. september), obr. 2. Očíslovanie priamok v diagrame prezentuje pôdorysné priemety slnečných lúčov. Počet dielikov stupnice nad diagramom má delenie po 10 mm. Diagram v správnej mierke má stupnicu s dielikmi dlhú 100 mm, vzdialenosti medzi krížikmi z rohov diagramu majú tiež 100 mm.



Obr. 3. Diagram zatienu pre 21. marec a severnú zemepisnú šírku 48.2° .



Obr. 4. Pravoúhlý slnečný diagram pre severnú zemepisnú šírku $\varphi = 48.20^\circ$.

Do STN 73 4301:2021 sa pridala možnosť vyhodnocovať celoročné trvanie preslnenia v pravouhlom slnečnom diagrame, ktorý tiež platí pre severnú zemepisnú šírku 48.2°, obr. 3. Dráhy slnka sú v diagrame zobrazené plnými čiarami pre prvú polovicu roka a čiarkovanými čiarami pre druhú polovicu roka. Čiary dráh slnka pretínajú čiary hodín a umožňujú odčítať čas polohy slnka na oblohe. Čas polohy slnka bol počítaný v pravom slnečnom čase v súlade s odporúčaním [6].

4 Záver

Implementácia EN 17037 do systému slovenských noriem v prvom štádiu vyžadovala jej preklad do slovenského jazyka, nakoľko bude využívaná odborníkmi rôznych technických profesií, v štátnej a verejnej správe a vo vyučovacom procese. Zavedenie EN 17037 vzhľadom na existujúce normy a legislatívu vyžaduje preskúmanie jej aplikovateľnosti v podmienkach Slovenska, pričom nastavené požiadavky v národných predpisoch sa nemôžu zhoršiť. Ukazuje sa, že pri preslnení bytov v jestvujúcej mestskej zástavbe je potrebné doriešiť a preveriť projektové podklady, ktoré v [6] absentujú.

PodĎakovanie. Príspevok vznikol za podpory projektu VEGA 2/0017/20. Súhlas pre ASI SKSI na citovanie z noriem udelil Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky pod č. ÚNMS/00427/2020-702/000364/2020.

Literatura a odkazy

- [1] Krch, V. Oslunění budov a vnitřků. Praha: Technicko-vědecké vydavatelství, 1952.
- [2] Ne'eman, E., Light, W., Hopkinson, R.G. Recommendations for the admission and control of sunlight in buildings. Building & Environment, 1976, 11, p. 91–101.
- [3] Mardaljevic, J., Roy, N. The sunlight beam index. Lighting Research and Technology, 2016, 48, 1, p. 55-69.
- [4] ČSN 73 4301. Obytné budovy. Praha: ČNI, 2004, Z1 2005, Z2 2009, Z3 2012, Z4:2019.
- [5] STN 73 4301. Bytové budovy. Bratislava: ÚNMS, 2021.
- [6] EN 17037. Daylight in Buildings. Brussels: CEN, December 2018.
- [7] Twarowski, M. Sonne und Architektur. München: Georg D.W. Callwey, 1962.
- [8] Puškáš, J. Slnko v urbanizme a architektúre. Bratislava: ALFA, 1992.
- [9] STN EN 17037. Denné svetlo v budovách. Bratislava: ÚNMS SR, 2020.

Porovnávací měření umělého osvětlení 2020

chcete-li Zkoušení způsobilosti umělého osvětlení PT1 UO-20

Ing. Martin Demel, Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě
martin.demel@zuova.cz, www.zuova.cz

Na organizaci porovnávacího měření umělého osvětlení ročníku 2020 budu jistě ještě dlouho vzpomínat. Byl to veskrze kovidový oříšek. Bylo to přesně 14 dní před plánovým termínem zkoušek 24.-25. března, kdy jsme se dozvěděli o uzavření škol. V té době jsme byli ještě plní optimismu, tak jsme akci přesunuli na náhradní termín 19.-20. května. Jak to dopadlo, už asi všichni tušíte. Trvajícím lockdown a uzavřenými školami nás donutily zvolit třetí termín, a to na 1. a 2. září. A světe div se, ono se to nakonec povedlo tzv. mezi lockdowny, kdy z kraje října opět všechno zavřeli.

Ročníku 2020 se zúčastnilo 19 měřících skupin z celé ČR. Využili jsme suterénních prostorů zánovní fakulty Elektrotechniky a informatiky Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. S pomocí Doc. Ing. Tomáše Nováka, Ph.D. a Ing. Pavla Valíčka jsme vybrali prostor technické místnosti EA018 viz obr. 1 a dále jednu kabinku WC umístěnou v místnosti EA007 viz obr. 2.



Obr. 1: Technická místnost



Obr. 2: Kabinka WC

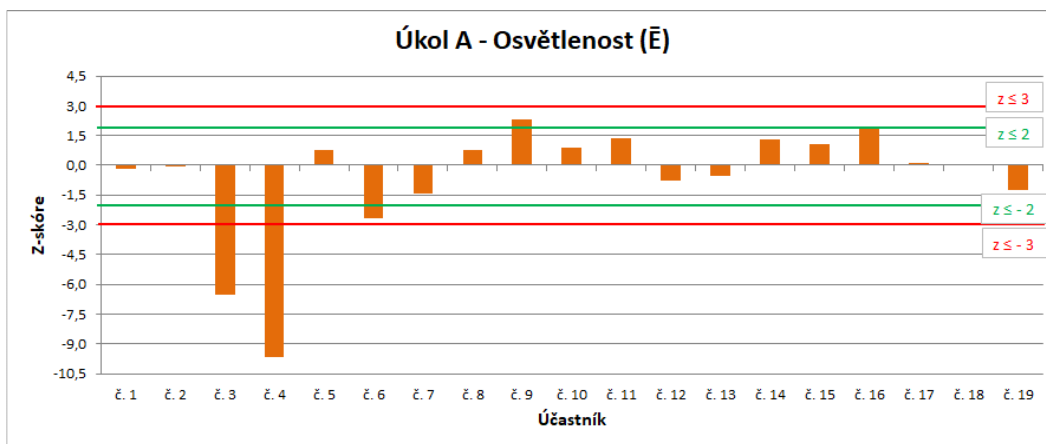
Umělou osvětlovací soustavu v technické místnosti tvoří přisazená průmyslová zářivková svítidla TREVOS Prima 258E s dvěma trubicemi OSTRAM Lumilux CoolWhite 58W/840 a v kabině WC jedno LED svítidlo Philips Fortimo LED DLM2000 21W/840 (downlight).

Měřícím skupinám jsme zadali 4 úkoly. Tři z nich A-C byly povinné a navíc s daným časem na splnění úkolů 60 minut. Úkol D byl dobrovolný (kabinka WC). Osvědčení o účasti obdržela

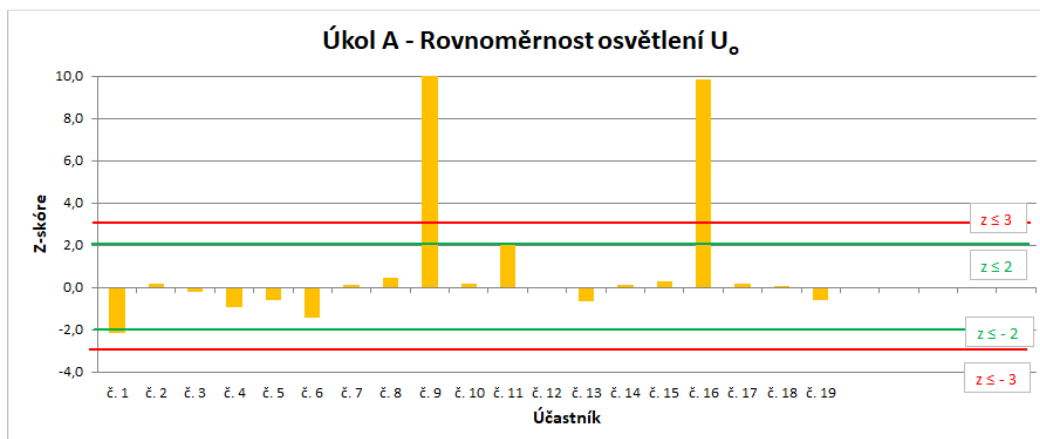
pouze ta skupina, která dosáhla v daném úkolu hodnot z-skóre $|z| \leq 2,0$. Zadání úkolů a jejich výsledky byly následující:

Úkol A

Změřte vertikální osvětlenost funkčně vymezené části elektrického rozvaděče umístěného v technické místnosti EA018 a vypočítejte rovnoměrnost osvětlení. Vycházejte z tabulky 5. 22 normy ČSN EN 12464-1, 5.22.7: ovládací plošiny a kontrolní panely.



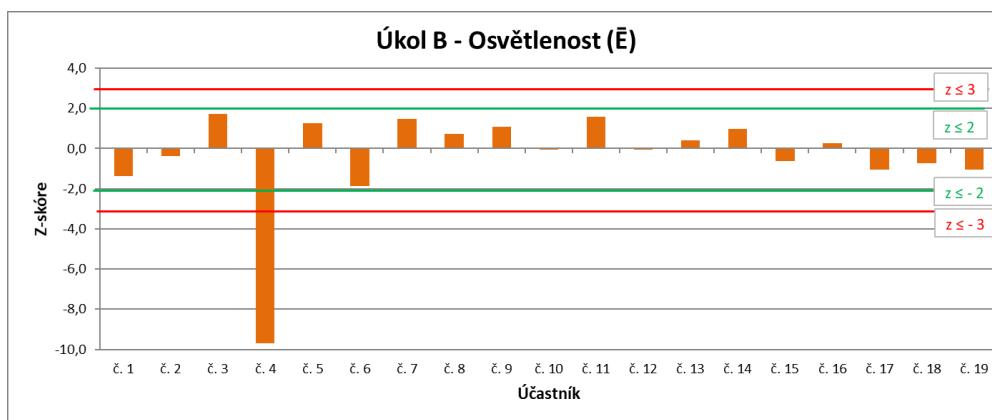
Kritérium vyhovující výkonnosti ($|z| \leq 2$) nesplnili účastníci č. 3, 4, 6, 9.



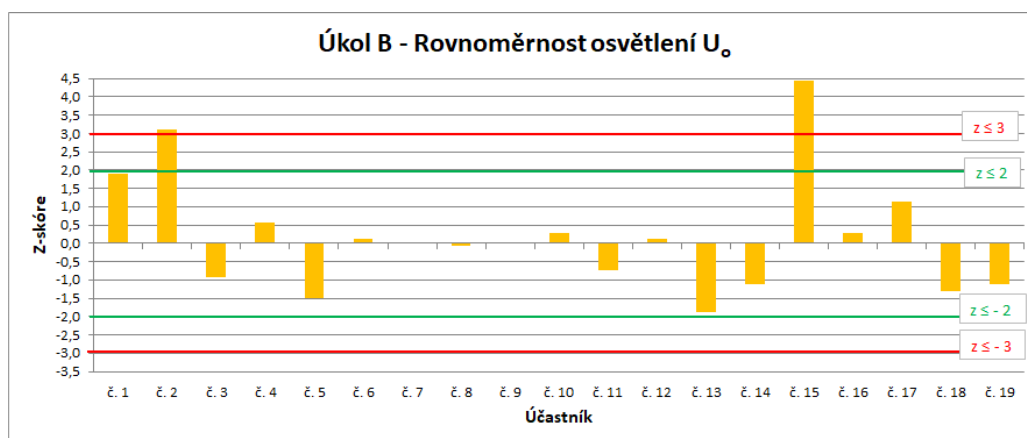
Kritérium vyhovující výkonnosti ($|z| \leq 2$) nesplnili účastníci č. 1, 9, 11 a 16.

Úkol B

Změřte horizontální osvětlenost a vypočítejte rovnoměrnost osvětlení vymezeného prostoru technické místnosti EA018 viz obr. 1. Vycházejte z tabulky 5. 20 normy ČSN EN 12464-1, 5.20.4: vedlejší prostory, např. prostor čerpadel, kondenzátorů atp., rozvodny (vnitřní).



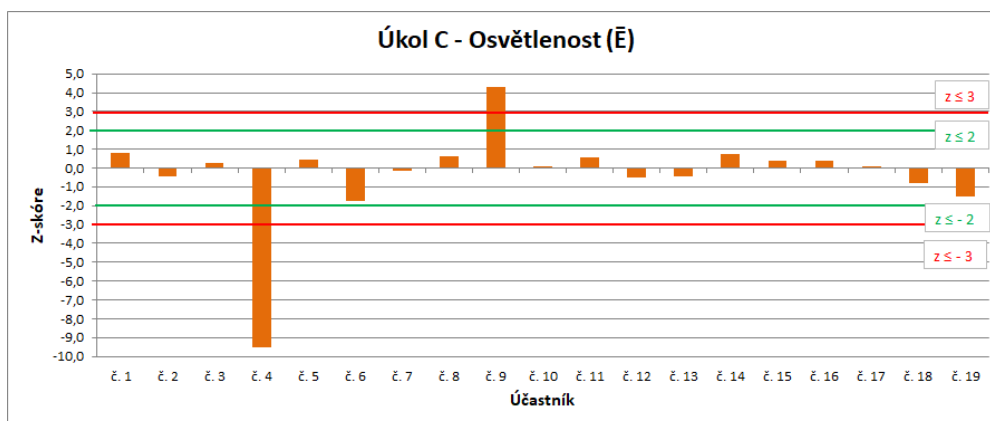
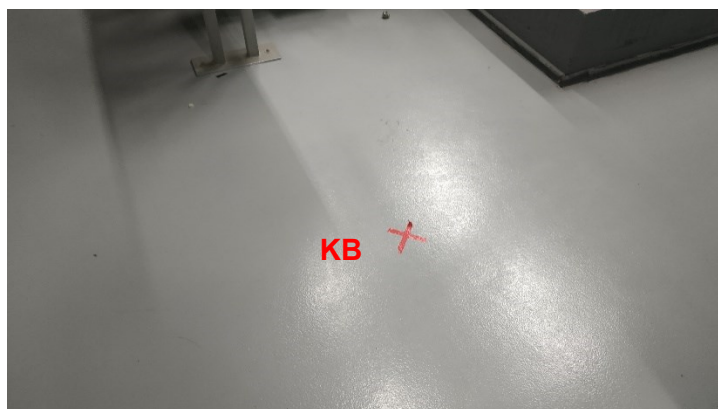
Kritérium vyhovující výkonnosti ($|z| \leq 2$) nesplnil účastník č. 4.



Kritérium vyhovující výkonnosti ($|z| \leq 2$) nesplnili účastníci č. 2 a 15.

Úkol C

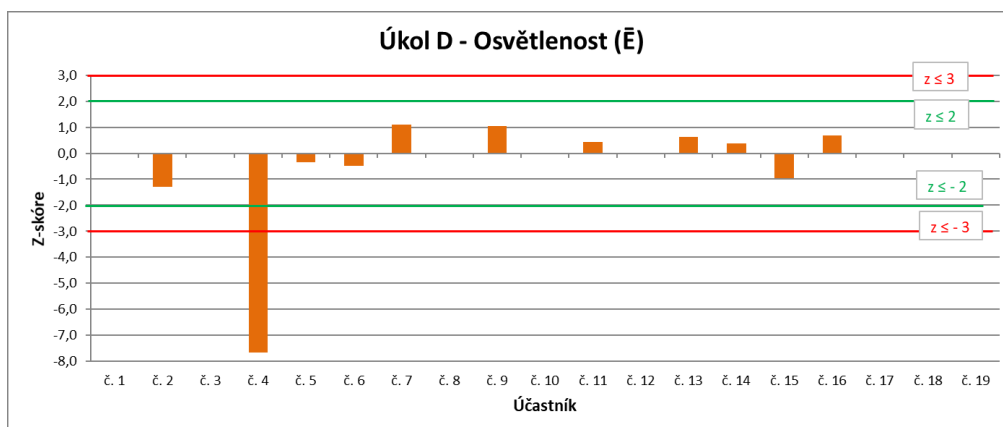
Změřte horizontální osvětlenost na vyznačeném kontrolním bodě (KB) na úrovni podlahy. Kontrolní bod bude vyznačen v místnosti EA018.



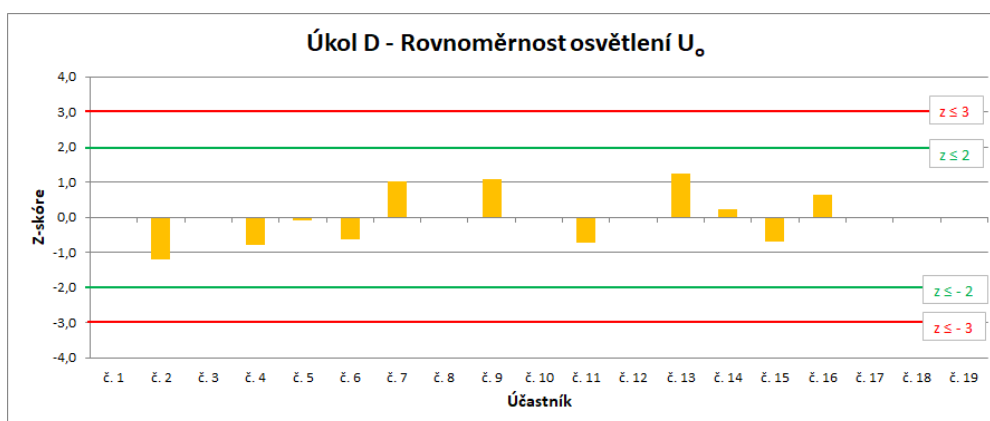
Kritérium vyhovující výkonnosti ($|z| \leq 2$) nesplnili účastníci č. 4 a 9.

Úkol D

Změřte horizontální osvětlenost a vypočítejte rovnoměrnost osvětlení kabinky WC (viz obr. 2) umístěné v místnosti EA007. Vycházejte z tabulky 5.28 normy ČSN EN 12464-1, 5.28.2: šatny, toalety.



Kritérium vyhovující výkonnosti ($|z| \leq 2$) nesplnil účastník č. 4.



Kritérium vyhovující výkonnosti ($|z| \leq 2$) splnili všichni účastníci.

Porovnávací měření umělého osvětlení ukázalo ve své kráse svůj neocenitelný smysl. Téměř každoročně odhalíme díky úkolu C (měření v kontrolním bodě) vadné luxmetry. Tentokrát to bylo u dvou měřících skupin. Pro začínající měřiče je zkušenost z našeho měření jistě neocenitelná. Ročník 2021 již máme za sebou. Konal se 7.-8. září 2021 a na prezentaci výsledků se můžete těšit v Koutech opět za rok.

Způsob provádění hodnocení nočního dopravního prostoru

Ondřej Dolejší, Ing., Jiří Tesař, Tomáš Novák, doc. Ing. Ph.D., Petr Běčák, Ing., Pavel Valíček, Ing.,

VŠB TU Ostrava, ondrej.dolejsi@vsb.cz, www.vsb-fei.cz

Abstrakt: V rámci výzkumného úkolu Ministerstva vnitra ČR VI2VS/571 programu BV III/1-VS, projekt VI20172019071 byla analýza viditelnosti účastníků silničního provozu na pozemních komunikacích zaměřena na sledování kvantitativních a kvalitativních parametrů veřejného osvětlení včetně viditelnosti dopravního značení. Jedním z cílů bylo na základě výstupů z analýz vytvoření dokumentu pro definování potencionálních zdrojů špatné viditelnosti, rozpoznatelnosti překážek a návrhu řešení pro odstranění příčin v nočním dopravním prostoru. Na základě zjištěných poznatků byla vypracována certifikovaná metodika provádění noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací. Tato metodika je již předána policii České republiky a bude sloužit jako podklad bezpečnostní inspekci a audit bezpečnosti.

1 Úvod

Viditelnost v nočním dopravním prostoru má významný vliv na bezpečnost řidiče i ostatních účastníků silničního provozu. Viditelnost na pozemních komunikacích od soumraku do svítání je zajišťována primárně čelními světly vozidla. Dále jde viditelnost významně ovlivnit dále pomocí veřejného osvětlení, nicméně špatně navrženou soustavou veřejného osvětlení lze riziko vzniku nehody zvýšit. Nástrojem pro eliminaci rizikových lokalit je např. provedení noční dopravní inspekce.

Noční dopravní inspekce je systematická kontrola stávajících pozemních komunikací v noci s veřejným osvětlením či bez veřejného osvětlení v intravilánu a extravilánu, která se provádí za účelem identifikace nedostatků a rizikových faktorů. Nedostatky a rizikové faktory související s utvářením noční komunikace a jejího bezprostředního okolí mohou způsobit zhoršení následků dopravních nehod či přispět k jejich vzniku.

Cílem je tyto rizikové faktory vyhodnotit a následně ověřit viditelnost posuzovaného prostoru. Dále je provedeno i ověření možnosti příčin vzniku dopravní nehody v období od soumraku do svítání způsobené špatnými světelnými podmínkami v nočním dopravním prostoru. Provádění noční dopravní inspekce pozemních komunikací doplňuje stávající denní bezpečnostní inspekci.

Za účelem vyhledání a následným výběrem nebezpečných míst v nočním dopravním prostoru byla vytvořena aplikace metody KDE+ pro identifikaci shluků dopravních nehod, kterou vyvinula pobočka Centra dopravního výzkumu v.v.i. v Olomouci, viz. [3].

2 Záznam provedení noční dopravní inspekce

Pomůckou k provádění noční dopravní inspekce jsou kontrolní listy. Do kontrolních listů jsou zapracovány body minimálního rozsahu prohlídky. Jsou tvořeny otázkami souvisejícími s výskytem nejčastějších typů bezpečnostních nedostatků a rizikových faktorů z pohledu utváření denní a noční pozemní komunikace.

Kontrolní listy jsou vyhotoveny pro dálnice, silnice I., II. a III. třídy a místní komunikace měst a obcí. Ze světelně technického pohledu jsou kontrolních listech k provádění noční dopravní inspekce uvedeny otázky týkající se přítomnosti veřejného osvětlení v daném úseku a zda je funkční, specifikace geometrie stožárů, přítomnost adaptačních zón, vhodné umístění stožárů z pohledu bezpečnosti, rozpoznání dopravního značení a přítomnost rušivého světelného zdroje, který by mohl způsobit oslnění. U silnic I., II. a III. třídy a místních komunikací je dále zaznamenáno uspořádání svítidel přisvětlení přechodů pro chodce, přítomnost adaptačních zón u přisvětlených přechodů pro chodce, porovnání náhradní teploty chromatičnosti světelných zdrojů veřejného osvětlení a přisvětlení přechodu pro chodce, hodnocení snížení viditelnosti v nástupních zónách stožárem a stanovení kontrastu jasů chodce na přechodu (stejný, pozitivní či negativní).

Fotodokumentace posuzovaného prostoru bude vždy prováděna digitálním fotoaparátem s nastavením automatické clony a bez blesku. Ohnisková vzdálenost bude nastavena na nejnižší hodnotu uvedenou na těle objektivu.

Fotoaparát bude umístěn na stativu ve výšce úrovně očí řidiče sedícího v osobním automobilu. Běžná výška umístění fotoaparátu bude 1,2 m nad úrovní vozovky. Fotoaparát bude umístěn buď uvnitř vozidla na předním sedadle řidiče nebo co nejbližší vedle vozidla.

3 3 Metodika noční dopravní inspekce

Inspekce nočního dopravního prostoru je zaměřena na hodnocení vnímání světelných podmínek (jasových poměrů, osvětleností) v dopravním prostoru a jeho okolí. Noční inspekce se zaměřuje na viditelnost chodců, vodorovného a svislého dopravního značení, včetně vodících prvků extravilánových komunikací. Způsob hodnocení byl rozdělen do tří situací:

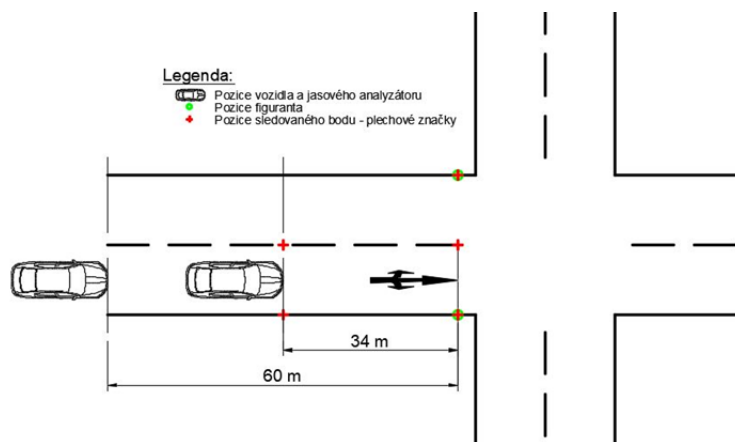
- Posouzení viditelnosti v křižovatkách
- Posouzení viditelnosti na úsecích pozemních komunikacích
- Posouzení vlivu jiných světelných zdrojů na bezpečnost

3.1 Posouzení viditelnosti v křižovatkách

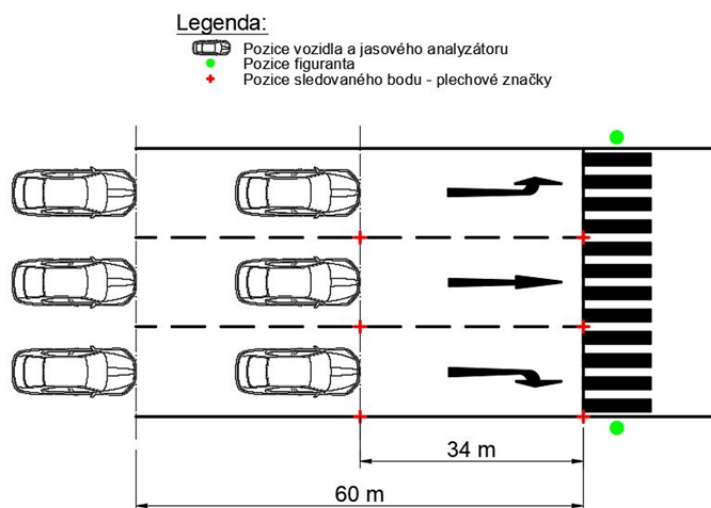
Základní rozdělení posouzení viditelnosti v křižovatkách je, zda křižovatka je či není osvětlena veřejným osvětlením a zda se na křižovatce nachází či nenachází přechod pro chodce.

Prostor bude hodnocen pozorovatelem, jehož pozice bude ve vzdálenosti 60 m a 34 m od hrany křižovatky. Pohled na hodnocený prostor bude proveden vždy ve směru jízdy v každém příjezdovém a řadícím pruhu na všech ramenech vedoucích směrem do křižovatky. Pro každý pohled bude pořízena noční fotografie posuzovaného prostoru. V případě přítomnosti přechodu pro chodce v křižovatce bude hodnocena také viditelnost figurantů v nástupních zónách přechodu. Figuranti budou umístěni v obou nástupních zónách přechodu pro chodce v ose jeho středu.

Na obrázku 1 jsou znázorněny pozice pozorovatele v křižovatce bez řadících pruhů. Na obrázku 2 jsou znázorněny pozice pozorovatele v jízdním pruhu ve sledovaném rameni křižovatky s jízdními pruhy.



Obr.1 Pozice pozorovatele a směr pohledu v jízdním pruhu ve sledovaném rameni křižovatky bez řadících pruhů.[1]



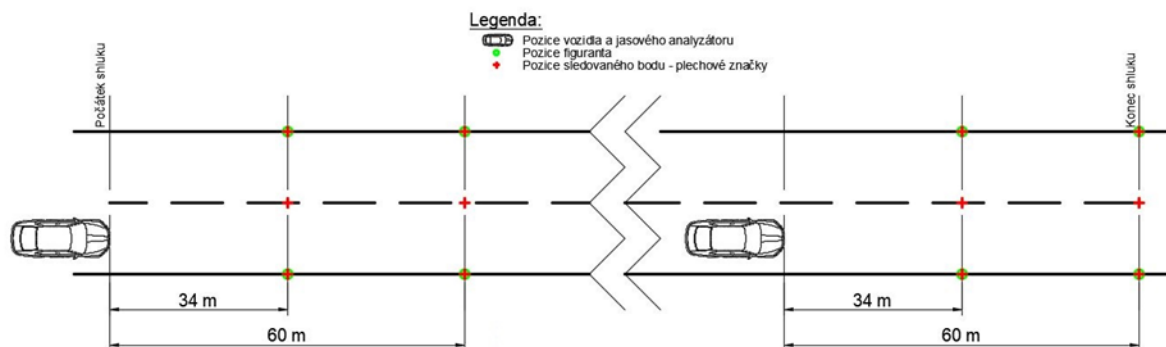
Obr.2 Pozice pozorovatele a směr pohledu v jízdním pruhu ve sledovaném rameni křižovatky s řadícími pruhy.[1]

U křižovek bez veřejného osvětlení budou prostory hodnoceny se zapnutými čelními světly osobního automobilu v tlumeném režimu a následně v dálkovém režimu. Na křižovatkách s veřejným osvětlením bude hodnocení provedeno pouze se zapnutým veřejným osvětlením a následně se zapnutým veřejným osvětlením spolu s čelními světly vozidla v potkávacím režimu.

3.2 Posouzení viditelnosti na úsecích komunikací

Hodnocení posuzovaného úseku pozemní komunikace bude provedeno vždy ve směru jízdy na jeho počátku a konci pro oba směry jízdy. Na vjezdu do úseku bude prostor hodnocen z pohledu pozorovatele umístěného v počátku úseku. Na konci úseku bude pozorovatel umístěn ve vzdálenosti 60 m před výjezdem ze shluku. U vjezdu do úseku budou sledované body a figuranti umístěni ve vzdálenosti 34 m a 60 m od počátku úseku. Na konci úseku budou sledované body a figuranti umístěni ve vzdálenosti 34 m a 60 m před pozorovatelem. Figuranti budou umístěni na kraji vozovky po obou stranách. Pozice pozorovatele, figurantů a sledovaných bodů na sledovaných úsecích je znázorněna na obrázku 3.

V případě, že posuzovaný úsek pozemní komunikace bude delší než 120 m, bude posouzení opakováno v roztečích 34 m a 60 m až do konce úseku.



Obr.3 Pozice pozorovatele a směr pohledu v jízdním pruhu ve sledovaném rameni křižovatky s řadícími pruhy.[1]

Na úsecích bez veřejného osvětlení budou prostory hodnoceny se zapnutými čelními světlomety osobního automobilu v tlumeném režimu a následně v dálkovém režimu. Na úsecích s veřejným osvětlením budou prostory hodnoceny se zapnutým veřejným světlením a poté se zapnutým veřejným osvětlením spolu s čelními světlomety vozidla v potkávacím režimu.

3.3 Posouzení vlivu jiných světelných zdrojů na bezpečnost

Pohled na posuzovaný prostor s jinými zdroji světla bude pořízen vždy ve směru pohledu na konkrétní světelný zdroj a celkový dopravní prostor ve směru jízdy. Snímek jasovým analyzátozem bude proveden ze vzdálenosti 60 m a 34 m před posuzovaným dopravním prostorem.

4 Vyhodnocení nočního dopravního prostoru

Po provedení noční prohlídky úseku identifikuje budou inspekčním týmem identifikovány rizikové faktory související s utvářením noční pozemní komunikace a jejího okolí. Dále budou navržena opatření k odstranění či alespoň zmírnění zjištěných rizikových faktorů. K hodnocení rizikových faktorů jsou užívány tři úrovně závažnosti rizika: nízká, střední a vysoká. Hodnocení slouží ke stanovení priorit, které ze zjištěných rizik je třeba řešit přednostně. Stručné charakteristiky jednotlivých závažností rizika jsou uvedeny v tabulce 1.

Závažnost rizika	Charakteristika
Nízká	Rizikový faktor má vliv na vznik kolizních situací, popřípadě zvyšuje subjektivní riziko (snižuje pocit bezpečí) účastníků silničního provozu. Vznik nehod s osobními následky je velmi málo pravděpodobný. Vliv na zhoršení následků případných nehod je minimální.
Střední	Rizikový faktor má vliv na vznik nehod s osobními následky a na zhoršení následků případných nehod. Inspekční tým považuje jeho odstranění za důležité.
Vysoká	Při neodstranění rizika existuje značná pravděpodobnost vzniku dopravních nehod s osobními následky. Vliv na zhoršení následků případných nehod je značný. Inspekční tým považuje jeho odstranění za prioritní a nezbytné.

Tab.1 Závažnosti rizika a jejich charakteristika. [2]

Doporučená nápravná opatření k odstranění identifikovaných rizikových faktorů mohou být:

- Krátkodobá – nízkonákladová, např. úprava dopravního značení
- Střednědobá – např. omezení rychlosti fyzickými opatřeními, zbudování ostrůvků pro přecházení včetně doplňkového osvětlení
- Dlouhodobá – náročné investiční akce, např. rekonstrukce soustavy veřejného osvětlení

Na základě sledovaných parametrů bude vypracována zpráva noční bezpečnostní inspekce na pozemních komunikacích. Světelně technická část bude zpracována na základě subjektivního hodnocení zrakem auditora. Viditelnost v prostoru do vzdálenosti 60 m od místa pozorovatele bude stanovena podle stupnice hodnocení viditelnosti uvedené v tabulce 2.

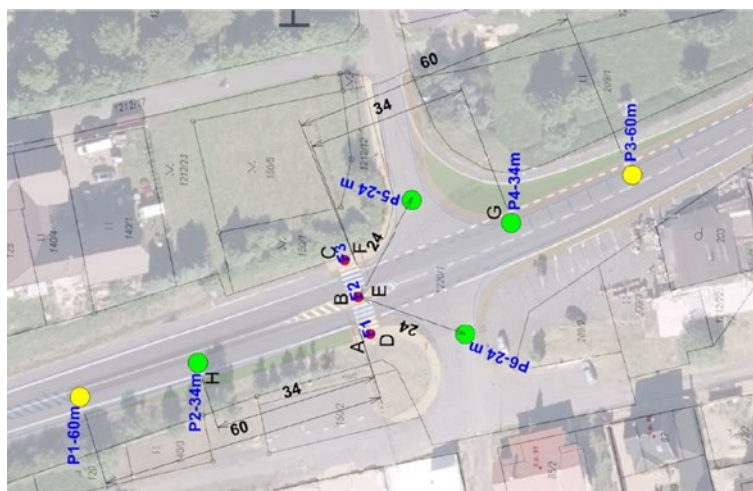
Stupeň hodnocení	Rozlišitelnost dopravního prostoru	Popis rozlišitelnosti překážek na vozovce
1	Jasně zřetelně 100 % DEN	Rozlišitelnost všech prvků na pozemní komunikaci, včetně okolí. Jasně a zřetelně viditelné SDZ a VDZ, včetně chodců. Jsou rozlišitelné základní barvy červená, zelená, modrá a žlutá. Platí jen pro denní vidění dohledu pozorovatele do 60 m.
2	Jasně zřetelně 75 % NOC	Rozlišitelnost všech prvků na pozemní komunikaci, včetně okolí. Zřetelně viditelné SDZ a VDZ, včetně chodců. Jsou rozlišitelné základní barvy červená, zelená, modrá a žlutá. Platí jen pro noční vidění dohledu pozorovatele do 60 m. S veřejným osvětlením a bez veřejného osvětlení s rozsvícenými reflektory automobilu.
3	Zřetelně 50 % NOC	Rozlišitelnost všech prvků na pozemní komunikaci, včetně okolí je zřetelně jsou jasně viditelné obrysy SDZ a VDZ, včetně chodců. Viditelné barvy jsou deformované a neodpovídají základním barvám červené, zelené, modré a žluté. Platí jen pro noční vidění dohledu pozorovatele do 60 m. S veřejným osvětlením a bez veřejného osvětlení s rozsvícenými reflektory automobilu.
4	Méně zřetelně 25 % NOC	Rozlišitelnost všech prvků na pozemní komunikaci, včetně okolí je málo zřetelné nejsou jasně viditelné obrysy SDZ a VDZ, včetně chodců. Viditelné barvy jsou silně deformované a neodpovídají základním barvám červené, zelené, modré a žluté. Platí jen pro noční vidění dohledu pozorovatele do 60 m. S veřejným osvětlením a bez veřejného osvětlení s rozsvícenými reflektory automobilu.
5	Nezřetelně 10 % NOC	Špatná rozlišitelnost dopravního prostoru, není viditelné SDZ a VDZ včetně chodců. Na dohledovou vzdálenost pozorovatele 60 m není možná orientace v prostoru. Platí jen pro noční vidění dohledu pozorovatele do 60 m. S veřejným osvětlením a bez veřejného osvětlení s rozsvícenými reflektory automobilu.

Tab.2 Stupnice subjektivního hodnocení viditelnosti v dopravním prostoru zrakem auditora do vzdálenosti 60 m od místa pozorovatele. [1]

5 Příklad posouzení noční viditelnosti na pozemní komunikaci

Pro vytvoření představy ohledně provádění noční bezpečnostní inspekce dle zmíněné metodiky bude uveden jako příklad posouzení noční viditelnosti v obci Hora Svatého Šebestiána, která se nachází v Ústeckém kraji v okrese Chomutov. Předmětem bezpečnostní inspekce bylo definování možného vlivu bezpečnostního rizika v okolí křižovatky s přechodem pro chodce ležící na silnici první třídy číslo 7 v intravilánu obce. Způsob záznamu inspekce, pozice pozorovatelů a figurantů byly provedeny dle Metodiky provádění noční bezpečnostní

inspekce, která je popsána v kapitole 3. Stávající stav křižovatky včetně znázornění pozic pozorovatele a figurantů je uveden na obrázku 4.



Obr.4 Stávající stav křižovatky s uvedenými pozicemi pozorovatele a figurantů.

Stávající soustava veřejného osvětlení byla v posuzovaném úseku pouze částečně v prostoru křižovatky a vede dále podél místní komunikace směrem do centra obce. Součástí stávající soustavy veřejného osvětlení je i oboustranné přisvětlení přechodu pro chodce. Osvětlení komunikace bylo realizováno svítidly typu LED a svítidla určená pro přisvětlení přechodu pro chodce byla osazena vysokotlakými sodíkovými výbojkami.

Celý posuzovaný prostor komunikace a křižovatky s přechodem pro chodce byl osvětlen pouze z části a nedostatečně. V prostoru před a za přechodem pro chodce chyběla adaptační zóna veřejného osvětlení. Na obrázku 5 je znázorněn pohled na sledovaný prostor ze vzdálenosti 34 m od přechodu pro chodce v situaci s tlumeným a dálkovým režimem čelních reflektorů.



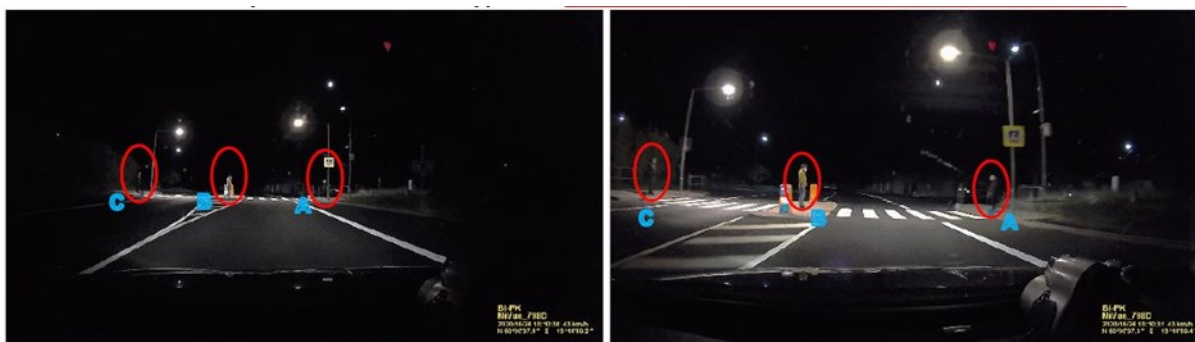
Tlumený režim reflektorů OA typ H7

Dálkový režim reflektorů OA typ H7

Obr.5 Pohled P2 ze vzdálenosti 34 m směrem k bodům ABC s figuranty.

Ve vzdálenosti pozorovatele 34 m od přechodu pro chodce s přisvětlením by měl mít chodec pozitivní kontrast. U posuzovaného přechodu pro chodce bylo pozitivního kontrastu chodce dosaženo pouze u figuranta stojícího na středním dělicím ostrůvku v bodu B. V nástupních zónách D a F byl jas figurantů srovnatelný s jasnou pozadí a tím byl vytvořen jejich nulový kontrast, což mělo za následek nedostatečné podmínky pro detekci chodce. V tomto případě byla bezpečná detekce figurantů ve všech nástupních zónách ze vzdálenosti přibližně 17 m. Detekce chodců na tuto vzdálenost je na dané komunikaci nedostatečná, jelikož brzdná dráha

vozidla by v případě suché vozovky při maximální povolené rychlosti 50 km/h byla přibližně 28 m. Záznam bezpečné detekce chodce je uveden na obrázku 6. Jedná se snímek pořízený z automobilu ze vzdálenosti 17 m a 10 m od přechodu pro chodce s tlumeným režimem čelních reflektorů vozidla.



Vzdálenost 17 m před přech. rychlost 47 km/hod

Vzdálenost 10 m před přech. rychlost 47 km/hod

Obr.6 Pohled na přechod pro chodce ze vzdálenosti 17 m a 10 m.

Z provedeného posouzení vyplynulo, že je třeba zhotovit novou soustavu veřejného osvětlení, která bude splňovat požadavky ČSN EN 13 201 – 2. V případě dodržení požadavků norem nemusí být doplňkové přisvětlení přechodu pro chodce realizováno. Viditelnost chodců bude dosažena negativním kontrastem. V tomto případě je doporučeno při realizaci nové soustavy volit pozice světelných bodů za chodníkovým tělesem, aby světelný tok směřoval do vozovky.

6 Závěr

Bezpečnostní inspekce jsou proaktivním nástrojem pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu a je třeba je provádět jak ve dne, tak i noci, jelikož noční prostor je výrazně odlišný od denního. Bezpečnostní inspekce je doporučeno provádět i mimo silniční síť TEN-T, jelikož je zde mnohdy úroveň bezpečnosti nižší.

V současné době je dopravní prostor hodnocen subjektivně zrakem auditora bezpečnosti pozemních komunikací, nicméně je do budoucna záměr, aby bylo toto subjektivní hodnocení nahrazeno objektivními metodami. Ovšem v případě zaměření noční dopravní inspekce na specifické či jednorázové záležitosti konkrétního úseku komunikace je třeba provést prohlídku za přítomnosti světelných techniků, kteří se specializují na noční dopravní prostor. Inspekce je poté prováděna dle ČSN EN 13201-4. Cílem je ověření světelně technických parametrů nočního dopravního prostoru se zaměřením na zrakové vnímání a zpracování informací v nočním prostředí, orientaci v dopravním prostoru a kontrolní měření vodorovných a svislých světelně technických parametrů dopravního prostoru.

Literatura a odkazy

- [1] Noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací: metodika provádění. Ostrava: VŠB-TU, 2020. ISBN 978-80-248-4377-3.
- [2] Bezpečnostní inspekce pozemních komunikací – metodika provádění. CDV, 2013. ISBN 978-80-86502-49-6
- [3] Webová mapová aplikace AVISON, [Online]. Přístupné z: <http://avison.cdvinfo.cz/>.

Hodnotenie rušivého osvetlenia vonkajších osvetľovacích sústav a reklamných zariadení v praxi

Roman, Dubnička, Mgr., PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, roman.dubnicka@stuba.sk

Marek, Mokráň, Ing., Slovenská technická univerzita v Bratislave, marek.mokran@stuba.sk

Abstrakt: Rušivé osvetlenie vonkajších osvetľovacích sústav v dnešnej dobe predstavuje veľmi významnú problematiku vo svetelnej technike v súčasnej dobe. Článok sa zaoberá hodnotením rôznych situácií rušivého osvetlenia vonkajších osvetľovacích sústav a reklamných zariadení z praxe prostredníctvom fotometrických meraní v súlade s dnešnou legislatívou a normatívnymi dokumentami na území SR s poukázaním na nedostatky a potreby novelizácie týchto dokumentov.

1 Úvod

Deň a noc. Slová, ktoré odjakživa rozdeľujú pravidelný cyklus obehu Zeme okolo svojej osi na dve základné časti. Zjednodušene môžeme povedať, že na časť plnú svetla, počas ktorej si plnými dúškami užívame života a na časť tmy a ticha, počas ktorej spíme a kedy ľudské telo regeneruje na ďalší krásny slnečný deň. Nástupom nových technológií vo vonkajšom osvetlení ako aj nových dynamicky meniacich reklamných zariadení je potrebné zohľadniť v nových legislatívnych ako aj normatívnych dokumentoch, ktoré v dnešnej dobe pre niektoré situácie rušivého osvetlenia nie sú postačujúce z hľadiska tvorby týchto dokumentov v dobe, kedy tieto nové technológie neboli používané pre účely osvetlenia a reklamných zariadení. Energetická vyspelosť spoločnosti dnes umožňuje pre bezpečnosť obyvateľov počas celých nocí osvetľovať cesty či pešie zóny, ale osvetľujú sa aj pamiatky, reklamy a miesta, pri ktorých by stálo za to zamyslieť sa, či je naozaj potrebné na ne počas noci takto plytvať elektrickou energiou. Nejde iba o zbytočne spotrebovanú elektrickú energiu, ale predovšetkým o prípadné negatívne účinky na ľudí a celý ekosystém, ktoré vonkajšie svetelné zdroje počas noci spôsobujú.

2 Rušivé svetlo

Rušivé svetlo je svetlo zo zdrojov umelého svetla vo vonkajšom prostredí okrem svetla z dopravných prostriedkov a svetla z verejného osvetlenia, ktoré po dopade na vonkajšiu plochu osvetľovacieho otvoru obytnej miestnosti svojím pôsobením subjektívne obťažuje užívateľov obytnej miestnosti. Norma STN EN 12464-2 a vyhláška MZ SR č.539/2007 Z. z. stanovujú maximálne prípustné hodnoty jasů reklamných a informačných tabúľ a vertikálnej osvetlenosti vonkajšej plochy okna pre prostredia, v ktorých sú inštalované (Tab. 1). Prax prevádzkovania reklamných a informačných tabúľ ukázala, že mnohokrát sú tieto zariadenia prevádzkované nesprávne. Príliš vysoký jas týchto zariadení spôsobuje problémy užívateľom (chodcom a vodičom) prislúchajúcej komunikácii a tiež spôsobuje problémy obyvateľom okolitých budov. Mnohokrát sa stáva že sú presiahnuté hodnoty vertikálnej osvetlenosti na vonkajšej ploche okna a svietivosti zdrojov svetla čo býva spôsobené nesprávnym umiestnením svietidiel (svietidlá sú umiestnené blízko okien), výberom nesprávnych typov svietidiel (určených pre inú aplikáciu) a poloha reklamného zariadenia alebo LED informačnej tabule. Pre zamedzenie nepriaznivých účinkov by mal byť vykonaný návrh osvetľovacej

sústavy tak aby sa čím najviac zamedzilo vplyvu rušivého svetla na okolie, čo je možné dosiahnuť napríklad aj použitím clôn ktoré zamedzia smerovaniu svetla do nechcených smerov. Pri vonkajších osvetľovacích aplikáciách ako sú LED reklamné zariadenia, LED fasády budov a iné by mal prevádzkovateľ daného zariadenia pred alebo po inštalácii vykonať meranie pomocou ktorého sa zvolí správna prevádzková hodnota jasu (rozsah jasov) danej tabule tak aby boli dodržané maximálne hodnoty uvedené vo vyhláske MZ SR č.539/2007 a v norme pre osvetlenie vonkajších pracovísk STN EN 12464-2.

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
<i>E1</i>	2	1	2,5	0	0	0
<i>E2</i>	5	1	7,5	0,5	5	10
<i>E3</i>	10	2	10	1	10	60
<i>E4</i>	25	5	25	2,5	25	150

Tab.1 Najvyššie prípustné hodnoty rušivého svetla z vonkajších osvetľovacích sústav

kde

E1 sú prirodzene tmavé územia ako národné parky alebo chránené oblasti

E2 sú územia s nízkym jasom oblasti ako priemyselné alebo obytné vidiecke oblasti

E3 sú územia so stredným jasom oblasti ako priemyselné alebo obytné prímestské oblasti

E4 sú územia s vysokým jasom oblasti ako mestské centrá a obchodné zóny

E_v je vertikálna osvetlenosť vonkajšej plochy okna (lx)

I je svietivosť zdrojov svetla v smere možného rušenia (kcd)

L_{av} je priemerný jas fasád budov - odporúčané hodnoty ($cd.m^{-2}$)

L_{max} je maximálny jas fasád budov - odporúčané hodnoty ($cd.m^{-2}$)

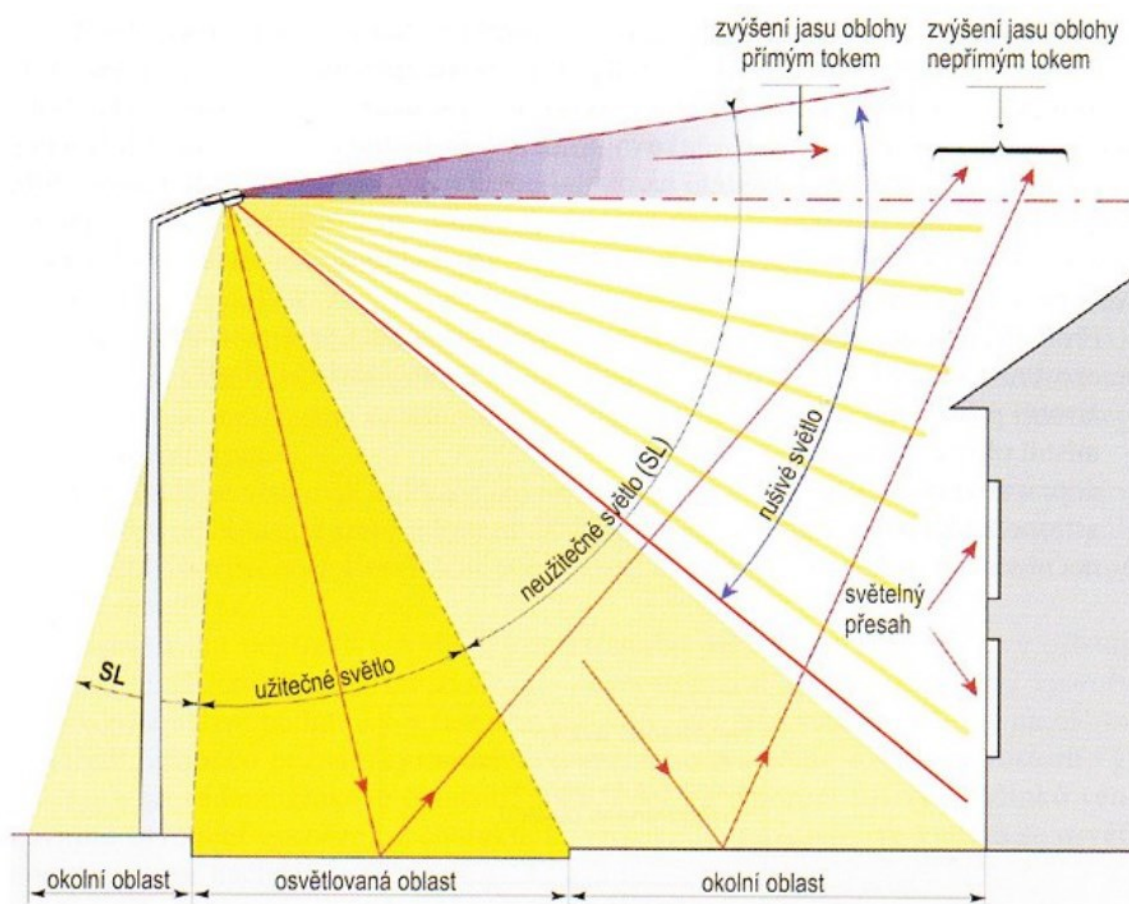
Vonkajšie priestory z hľadiska osvetlenia môžeme rozdeliť do nasledujúcich aplikačných oblastí:

- pozemné komunikácie – cestné, turistické, vodné, letecké...
- vonkajšie pracovné priestory – rozvodne, železnice, prekladiská, prístavy, letiská...
- architektonicko-dekoratívne osvetlenie – stavby, pamiatky, budovy...
- vonkajšie športoviská

Počet aplikačných oblastí je výrazne nižší, ako je to pri vnútorných priestoroch, ale naopak sú tu väčšie rozdiely v návrhoch osvetľovacích sústav a taktiež pri vyhodnocovaní svetelných podmienok.

Fakt súvisiaci s vonkajším osvetlením, na ktorý je potrebné brať ohľad, je jeho vplyv na okolité prostredie. Problematika negatívnych účinkov vonkajších osvetľovacích sústav sa v súčasnosti rieši v rámci týchto piatich základných oblastí:

- životné prostredie
- obyvatelia
- dopravné komunikácie
- astronómia
- nočný vzhľad miest a obcí



Obr.1 Grafická ukážka „užitečného“ a „neužitočného“ svetla

3 Meranie rušivého svetla z praxe

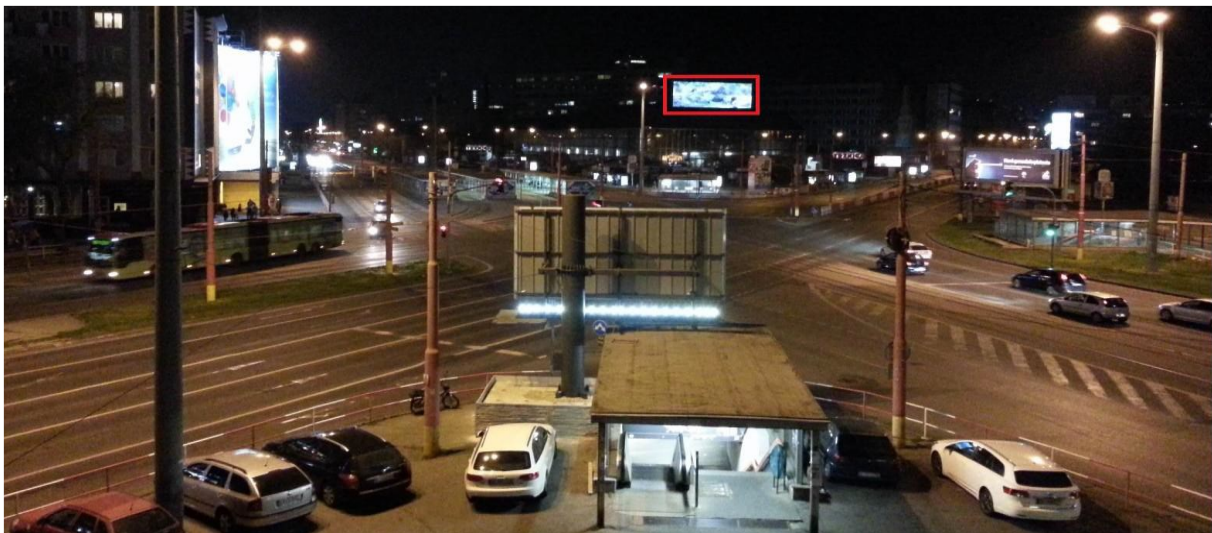
Meranie rušivého osvetlenia by sa malo vykonať v zmysle normy STN EN 12464-2:2014 Osvetlenie pracovísk. Časť 2: Vonkajšie pracoviská a podľa vyhlášky Ministerstva zdravotníctva SR č. 539/2007 Z.z. zo 16. augusta 2007 o podrobnostiach o limitných hodnotách optického žiarenia a požiadavkách na objektivizáciu optického žiarenia v životnom prostredí, v ktorej sa uvádza:

- (1) Osvetľovacie zariadenia vo vonkajšom prostredí, ako sú reklamné pútače, osvetľovacie zariadenia nádvorí závodov, stavebných dvorov, parkovísk a podobné zariadenia 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 z týchto zariadení na okná obytných miestností nedá zamedziť, nesmú byť prekročené limitné hodnoty rušivého svetla uvedené v tabuľke.
- (2) Na meranie rušivého svetla sa používajú fotometre v oblasti fotopického videnia s pomernou spektrálnou svetelnou účinnosťou $V(\lambda)$ podľa príslušnej technickej normy. 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 jasů zistené priamym pohľadom umiestnené nižšie ako okno obytnej miestnosti sa nehodnotia, ak nevyvolajú pozorovateľnú zmenu osvetlenia obytnej miestnosti. Zdroje svetla v miestnosti sú pri hodnotení vypnuté.

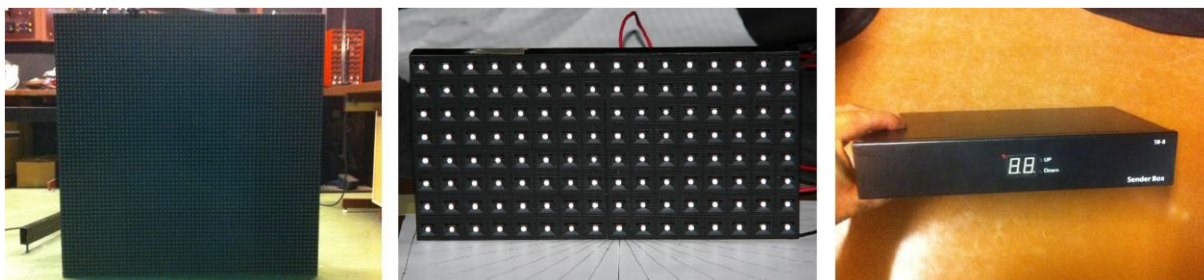
3.1 LED reklamné zariadenia (LED tabule)

Jedným z možných zdrojov rušivého svetla sú čoraz populárnejšie LED informačné tabule. Meranie rušivého svetla od týchto tabúľ je možné vykonať buď priamo na mieste kde je obrazovka nainštalovaná (Obr. 2) alebo zmeraním fotometrických parametrov podľa ktorých vieme výpočtom určiť vplyv danej informačnej tabule na okolité objekty. Pri meraní na mieste inštalácie je potrebné vylúčiť vplyv verejného osvetlenia, osvetlenia okolitých budov a osvetlenia automobilov. Na Obr.2 je možné vidieť pohľad z okna meraného objektu na informačnú tabuľu a okolie v ktorom je nainštalovaná. Pre odstránenie vplyvu verejného osvetlenia a iných zdrojov sa vykonáva meranie vertikálnej osvetlenosti na okne pri zapnutej a následne pri vypnutej informačnej tabuli. Výsledný vplyv je rozdielom týchto dvoch nameraných hodnôt.



Obr.2 Pohľad z okna objektu na meranú LED tabuľu vyznačenú červenou farbou

V laboratórnych podmienkach sa v závislosti od konštrukcie informačnej tabule zmerajú parametre celej tabule alebo jedného LED modulu (Obr.3).



Obr.3 Pohľad na zľava LED panel, LED modul a predradný prístroj (ovládanie LED tabule)

Moderné LED informačné tabule sú ovládané pomocou predradného prístroja (Obr.3) a softvéru, v ktorom je možné plynulo nastaviť úroveň jasů. Príklad nameraných hodnôt jasů informačnej tabule pri rôznych úrovniach nastavenia je uvedený v tabuľke 2. Na základe nameraných hodnôt jasů a vzorců (1) a (2) je možné vypočítať osvetlenie v ľubovoľne vzdialenom bode od informačnej tabule. Pomocou daného výpočtu je možné určiť prevádzkovú hodnotu jasů informačnej tabule tak aby boli dodržané medzné hodnoty uvedené vo vyhláške MZ SR č.539/2007 Z.z. ešte pred inštaláciou samotnej obrazovky.

Úroveň	$L / \text{cd.m}^{-2}$	Úroveň	$L / \text{cd.m}^{-2}$
16	5055	8	2550
15	4740	7	2230
14	443	6	1920
13	412	5	1605
12	381	4	1286
11	349	3	966
10	3180	2	646

Tab.2 Tabuľka nameraných hodnôt LED panelu v laboratóriu

Potom použitím vzťahů (1) a (2) možno dopočítať ostatné svetelnotechnické veličiny definovanej vyhláškou.

$$L = \frac{I_{\alpha}}{A \cdot \cos \alpha} \quad (1) \quad \text{a} \quad E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos \alpha}{d^2} \quad (2)$$

Kde

L je jas zobrazovacej časti LED tabule v cd.m^{-2} ;

E je vertikálna osvetlenie na ploche okna v lx;

d je vzdialenosť LED tabule v m;

A je plocha LED tabule v m²;

α je uhol medzi smerom pohľadu a normálou plochy LED tabule.

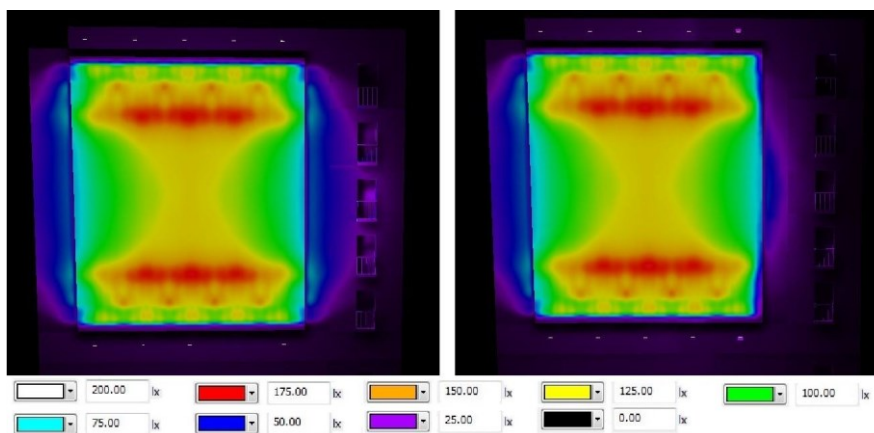
3.2 Osvetlenie statických reklám na priečelí obytných budov

Ďalším možným zdrojom rušivého svetla môže byť osvetlenie reklamy umiestnené blízko okien na stene bytového domu (Obr.4). Pokiaľ toto osvetlenie nie je regulovateľné môže spôsobovať veľké hodnoty vertikálnej osvetlenosti na vonkajšej ploche okna ktoré nebudú vyhovovať hodnotám uvedených vo vyhláske MZ SR 539/2007 Z.z., hlavne po 22:00 hodine t.j. v čase nočného pokoja definovaného v legislatíve SR. Na Obr.4 je zobrazený návrh zábrany na obmedzenie rušivého svetla z osvetľovacej sústavy umiestnenej na bytovom dome.



Obr.4 Osvetlenie reklamy inštalovanej na dome: bez použitia clony (vľavo), s použitím clony

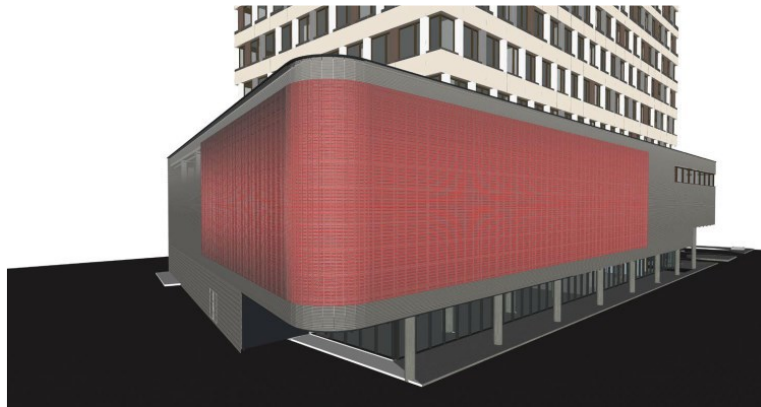
Príliš veľká hladina vertikálnej osvetlenosti na okne po tejto hodine môže negatívne vplývať na kvalitu spánku obyvateľov obytného domu. Zníženie osvetlenosti je možné dosiahnuť reguláciou hlavného osvetlenia reklamy, prevádzkou osvetľovacej sústavy do 22:00 alebo použitím clôn ktoré zabráni nechcenému šíreniu svetla na okná. V tabuľke 3. sú uvedené rozdiely hodnôt vertikálnej osvetlenosti s použitím a bez použitia clôn. Na Obr. 5 sú znázornené pohľady v nepravých farbách znázorňujúce rozloženie intenzity osvetlenosti na bytovom dome s a bez použitia clôn.



Obr.5 Hodnoty osvetlenosti: bez použitia clony (vľavo), s použitím clony

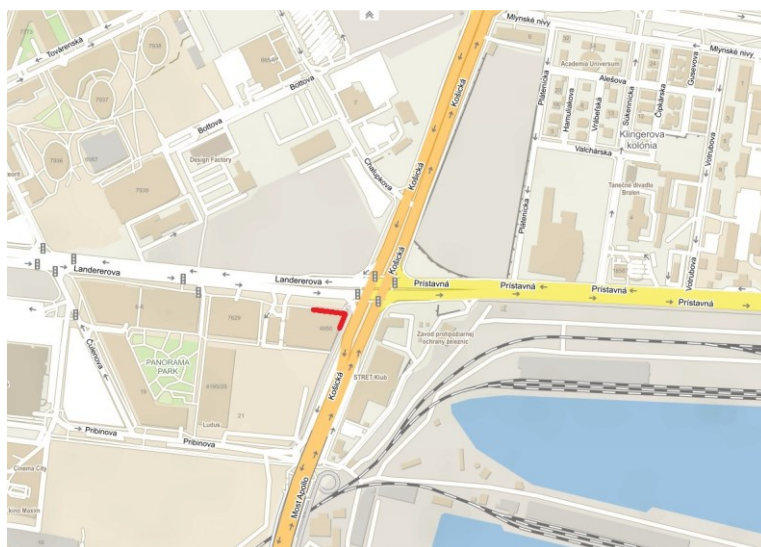
3.3 Aktívna LED iluminácia fasády budovy

Predmetom merania bolo meranie jasovej aktívnej LED iluminácie fasády budovy na križovatke ulíc Landererovej a Košickej v Bratislave inštalovanej v exteriéri. Táto iluminácia fasády budovy pozostáva z viacerých LED modulov. Meranie bolo vykonané v exteriéri zo všetkých možných jazdných smerov vodiča vozidla prechádzajúceho križovatkou. Meranie bolo uskutočnené priamou metódou merania priemerného jasového obrazovky Ls pomocou jasomeru so zorným uhlom 1° korigovaným na spektrálnu citlivosť ľudského oka a taktiež boli vyhodnotené snímky jasovej analýzy vykonanej za pomoci jasového analyzátoru CANON 350D kalibrovaného na jas z viacerých pohľadov.



Obr.6 Vizualizácia LED aktívnej fasády budovy v Bratislave

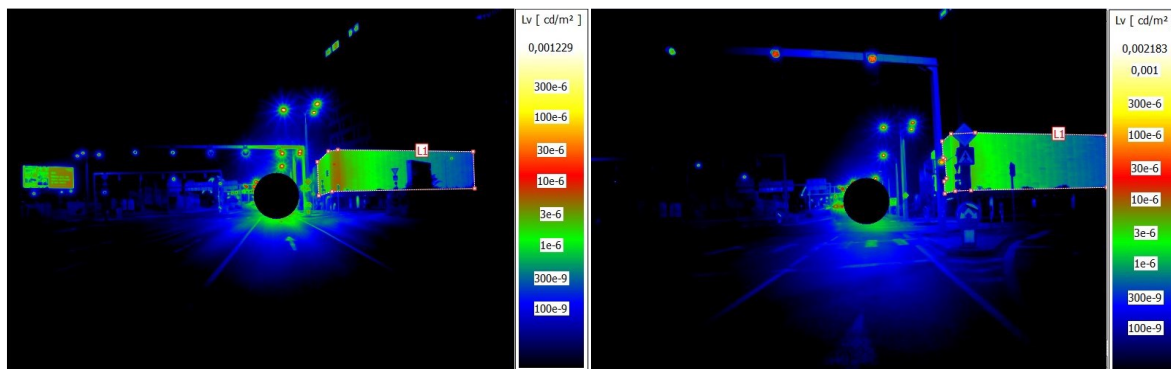
Aktívna LED iluminácia je nainštalovaná na obvode fasáde budovy, kde obrazová časť zariadenia je smerovaná kolmo na smer cestnej premávky na ulici Landererova a kolmo na smer cestnej premávky na ulici Košická. Túto LED ilumináciu tvorí obrazové zariadenie vyobrazené na Obr.6 a má celkovú plochu 558 m^2 , ktoré pozostáva z troch základných plôch 46 m^2 s výmerami 45 m^2 (v smere pohľadu križovatky ulíc Košická a Landererova), 189 m^2 (v smere kolmom na ulicu Košická) a 324 m^2 (v smere kolmom na ulicu Landererova) a je poskladané z jednotlivých LED panelov (modulov) s rozmermi $500 \times 500 \text{ mm}$ a $1500 \times 500 \text{ mm}$.



Obr.7 Umiestnenie meranej LED iluminácie (zdroj GOOGLE MAPS)

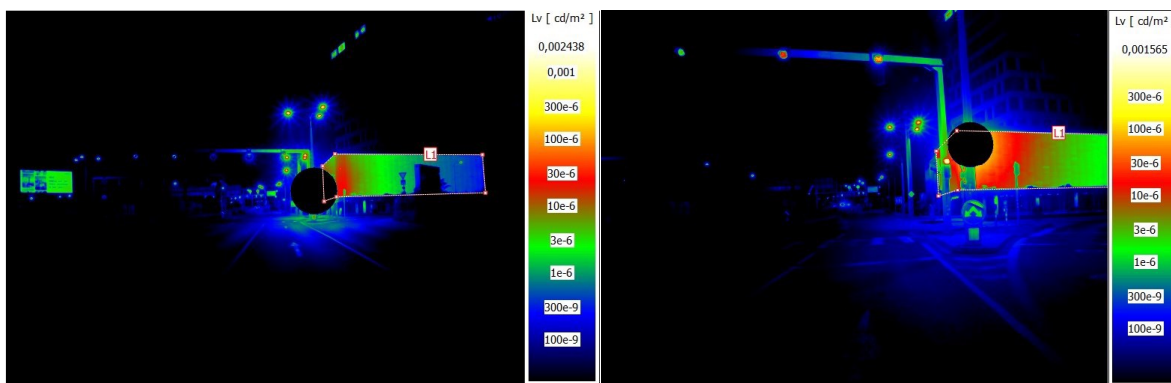
V čase merania bola nastavená biela farba na celej ploche panela (z hľadiska jasú najnepriaznivejší stav) a menilo sa nastavenie úrovne jasú obrazu za pomoci ovládacieho softvéru technicky spôsobilými osobami zodpovednými za riadenie LED obrazového zariadenia prítomnými pri meraní, pomocou ktorého je možné regulovať jas LED obrazového zariadenia na úrovne od 0% do 100% s krokom 1 pomocou regulácie intenzity svietiacej časti obrazovky. Pre účel meraní bola nastavená hodnota 20% a 35%.

Pre účel výskumnej práce sa porovnali prahové prírastky TI (v súlade s STN 13201-3) z pohľadu vodiča smerujúceho z ulice Košická na Most Apollo. V tomto smere jazdy má vodič možnosť zaradiť sa do troch jazdných pruhov (pravý, stredný a ľavý).



Obr.8 Jasová analýza z pohľadu vodiča jazdného pruhu pri smere pohľadu rovno a úrovni jasú 20% a 35%

V prípade pravého jazdného pruhu bol pri pohľade vodiča smerom jazdy prahový prírastok TI 3,13% pri nastavenej úrovni 35% a 5,17% pri nastavenej úrovni 20%. Takéto hodnoty prahových prírastkov TI sú z hľadiska normy prípustné. V mestskej oblasti nie je vodič schopný pozeráť sa iba priamo pred seba, ako napríklad na diaľnici, ale je nútený sledovať husté dopravné značenie, ktoré je prepletené rôznymi reklamami a billboardami. Preto oko vodiča idúceho menšou rýchlosťou (v porovnaní s rýchlosťou na diaľnici) je nútené sledovať širší uhol a aj okolie vozidla. V prípade, že by v križovatke nefungovala svetelná signalizácia, či už z dôvodu poruchy alebo nočného šetrenia, musí vodič vozidla vedieť, kto má v križovatke prednosť. Na to slúži dopravné značenie, na ktoré sa vodič pozerá na nasledujúcich jasových analýzách (Obr.9).



Obr.9 Jasová analýza pravého jazdného pruhu pri smere pohľadu na dopravné značenie a úrovni jasú 20% a 35%

Pre vodiča idúceho v pravom jazdnom pruhu, ktorého pohľad smeruje na dopravné značenie pred križovatkou, by podľa jasovej analýzy zodpovedali prahové prírastky TI 14,4% pre úroveň jasú 20% a 27,5% pre úroveň jasú 35%. Pri úrovni jasú 20% by vodič nemal mať problém vidieť dopravné značenie križovatky, čomu nasvedčuje aj dodržanie normou stanovených hodnôt. Pri úrovni jasú 35% by však situácia bola odlišná. Neboli by dodržané normou stanovené hodnoty a vodič by mohol mať problém zaregistrovať dopravné značenie. Následky by mohli byť katastrofálne ak si uvedomíme, že by vodič mohol prehliadnuť priechod pre chodcov. Napriek tomu je pre nami uvažované tri jazdné pruhy tento jazdný pruh z pohľadu prahových prírastkov najlepším.

4 Záver

V súčasnej dobe sa na propagáciu reklám využívajú osvetlené billboardy a čoraz častejšie aj LED informačné tabule. Tieto zariadenia však môžu nepriaznivo vplyvať na účastníkov cestnej premávky alebo obyvateľov obytných domov. Často krát sa stáva že dané zariadenia sú prevádzkované s nesprávnymi úrovňami jasov alebo v prípade osvetľovacích sústav sú nesprávne navrhnuté. Tieto aspekty môžu vplyvať rušivo hlavne vo večerných hodinách kedy môžu negatívne ovplyvňovať kvalitu spánku. Pre minimalizáciu týchto nepriaznivých vplyvov je potrebné pred uvedením daných zariadení do prevádzky venovať dostatočnú pozornosť návrhu osvetľovacej sústavy a určeniu prevádzkových jasov LED informačných tabúl. Aktuálne platná norma STN EN 12464-2 Osvetlenie pracovísk, Časť 2: Vonkajšie pracoviská a vyhláška MZ SR č.539/2007 Z.z. o podrobnostiach o limitných hodnotách optického žiarenia a požiadavkách na objektivizáciu optického žiarenia v životnom prostredí nezohľadňuje množstvo parametrov a keďže rozvoj technológií napreduje, je pre hodnotenie a obmedzovanie rušivého svetla nepostačujúca. Udáva totiž iba maximálne prípustné hodnoty a teda hodnoty pre najhorší možný scenár. V príprave je nový normatívny dokument CIE, ktorý by mal doplniť aktuálny CIE 150-2017. Ponúka širšie spektrum environmentálnych zón E0-E4, ktoré sú presne zadané pomocou SQM (Sky Quality Meter) parametra udávaného medzinárodnou IDA (International Dark Skies Association). Sky Quality Meter (SQM), je prístroj používaný na meranie jasú nočnej oblohy, ktorý zvyčajne používajú astronómovia na kvantifikáciu žiary oblohy a používa jednotku „magnitudes per square arcsecond“. Mierka je medzi 16,00 (jasná nočná obloha) a 22,00 (najmenšie svetelné znečistenie). Taktiež definuje minimálne vzdialenosti medzi hranicami environmentálnej zóny a referenčným bodom (miestom merania). Tým zabezpečuje presnejšie a jednoduchšie zatriedovanie miest meraní do environmentálnych zón, ktoré doteraz fungovalo iba na základe subjektívne zhodnotenej hustoty osídlenia.

Farebné a dynamické osvetlenia (CDL - Colourful and dynamic lightings) sú trvalé svetelné zariadenia primárne určené na pozorovanie vonkajším pozorovateľom. Môžu byť umiestnené na fasáde budovy smerom von, kde svetelný zdroj alebo viaceré zdroje tvoria zorné pole či displej. tj. obrazovky s médiami, videom, reklamy či rôzne značenie. Môže ísť o statický obraz alebo sériu meniacich sa obrázkov, ktoré zas môžu mať dynamický či animovaný obsah.

Hodnotenie takýchto CDL osvetlení v aktuálnej slovenskej legislatíve chýba. Inšpiráciou pre normatívne zmeny by pri takýchto CDL osvetleniach 68 mohol byť pripravovaný CIE dokument, ktorý sa tejto téme venuje v širokom rozsahu. Hodnotí CDL osvetlenia na základe rôznych parametrov. Stanovuje maximálne hodnoty svietivosti svietidiel v jednotlivých smeroch,

maximálne hodnoty ULR (upward light ratio – podiel horného toku) ale aj frekvencie týchto CDL osvetlení. CIE dokument v príprave limituje LED obrazovky už nie len z pohľadu vertikálnej osvetlenosti a svietivosti zdrojov, ale zohľadňuje už aj veľkosť svetelnočinnnej plochy na základe ktorej stanovuje maximálny prípustný jas LED obrazovky. Veľkou výhodou pripravovaného CIE dokumentu je, že sa zaoberá aj témou obmedzenia oslnenia a blikania spôsobených LED obrazovkou. Rozdeľuje LED obrazovky do škály na základe ktorej definuje maximálnu svietivosť a jas obrazovky. Definuje spôsob, ale aj zariadenia, akými je toto blikanie možné merať a vyhodnocovať.

Na základe praktických meraní a ich vyhodnocovaní možno usúdiť, že aktuálne legislatívne a normatívne dokumenty platné na Slovensku sú nepostačujúce a je potrebná ich aktualizácia a doplnenie.

Literatura

- [1] Vyhláška č.539/2007 Zb. Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky zo 16. augusta 2007 o podrobnostiach o limitných hodnotách optického žiarenia a požiadavkách na objektivizáciu optického žiarenia v životnom prostredí.
- [2] STN EN 12464-2:2009 – Svetlo a osvetlenie – Osvetlenie pracovísk - Časť 2: Vonkajšie pracoviská, Slovenský ústav technickej normalizácie, 2009, ISC 91.160.10
- [3] STN EN 13032-4. Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 4: LED zdroje, moduly a svietidlá.
- [4] STN EN 13201-4. Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 3: Svetelnotechnický výpočet.
- [5] Diplomový práca. Jakub Zárecký. Hodnotenie rušivého svetla vo vonkajšom prostredí. máj 2021

Energetické štítkovanie svetelných zdrojov po novom – problémy a skúsenosti

Dionýz Gašparovský, prof. Ing. PhD. – Roman Dubnička, Inf. PhD. – Jana Raditschová, Ing. PhD.,
FEI STU v Bratislave, dionyz.gasparovsky@stuba.sk, www.fei.stuba.sk

Abstrakt: Od septembra 2021 vstupujú do účinnosti nové povinnosti vyplývajúce z európskeho nariadenia o štítkovaní svetelných zdrojov. Súčasne sa menia príslušné požiadavky na ekodizajn. Dá sa povedať, že oproti doterajším požiadavkám ide o zmeny zásadného charakteru. Všetky svetelnotechnické výrobky, ktoré spadajú pod pôsobnosť príslušného nariadenia, musia mať technické údaje publikované v databáze EPREL. Úplne sa mení škála tried energetickej efektívnosti. Nové povinnosti prinášajú so sebou ale aj celý rad otázok a problémov, s ktorými výrobcovia svetelných zdrojov a svietidiel zápasia už niekoľko mesiacov. Príspevok v stručnosti predstaví zásadné tézy nových nariadení a následne sa bude venovať otázkam a problémom, ktoré boli v prípravnom procese identifikované. Nedá sa predpokladať, že konferencia nájde odpovede na všetky nastolené problémy, ale že vyvolá diskusiu a naštartuje intenzívnejšiu komunikáciu a výmenu skúseností medzi odborníkmi.

1 Legislatívny rámec pre energetickú efektívnosť svetelných zdrojov

Energetická efektívnosť je jedným z nástrojov politiky EÚ v oblasti ekodizajnu výrobkov, s cieľom znižovania spotreby energie a emisií CO₂. Energetické štítkovanie je zamerané na koncových zákazníkov a má im uľahčiť orientáciu v sortimente produktov, prostredníctvom promočných aktivít ich zároveň naviesť k preferenciám v prospech účinnejších riešení, čo v konečnom dôsledku prispeje k úsporám energie. Osvetlenie je jednou zo skupín výrobkov uvedených v pracovnom pláne v oblasti ekodizajnu a jeho ročná úspora koncovej energie v roku 2030 sa odhaduje na 41,9 TWh.

V roku 2021 vstupujú do účinnosti nové nariadenia EÚ, ktoré zásadným spôsobom menia prístup k zastaralým energetickým štítkom. Motivácia spočíva najmä v prehodnotení energetických tried. Technologický vývoj priniesol zlepšovanie vlastností energeticky významných výrobkov alebo ich náhradu dokonalejšími alternatívami, ktoré sú energeticky efektívnejšie. To je aj prípad svetelných zdrojov. Napríklad obyčajné žiarovky boli už dávnejšie vyradené z ponuky trhu, nahradili ich kompaktné žiarovky, neskôr LED a aj ich merný výkon sa stále zlepšuje. Nižšie energetické triedy boli prakticky už len na papieri. Na určité rozlíšenie efektívnosti moderných produktov boli vytvorené triedy A+, A++ a A+++ . Ďalšie pridávanie plusiek je už neúnosné, ani spotrebiteľia sa v tom už neorientovali. Nové energetické štítky budú plnohodnotne využívať triedy A až G, čo umožní jednoduchší výber energeticky úspornejších výrobkov a budú motivovať k vývoju stále účinnejších technológií. Triedy A+, A++, A+++ už nebudú existovať. Počíta sa aj s ďalším vývojom a zlepšovaním energetických vlastností, preto sú štítky nastavené tak, aby najvyššie triedy A a B boli ešte vyhradené na budúce použitie, teda aby súčasné produkty limity týchto tried ešte nespĺňali.

Rámcovým nariadením o energetickom štítkovaní je nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2017/1369 [1]. Konkrétne pre svetelné zdroje potom platí delegované nariadenie (EÚ) 2019/2015 [2]. So štítkovaním veľmi úzko súvisia požiadavky na ekodizajn, pre svetelné zdroje zakotvené v nariadení Európskej komisie 2019/2020 [3].

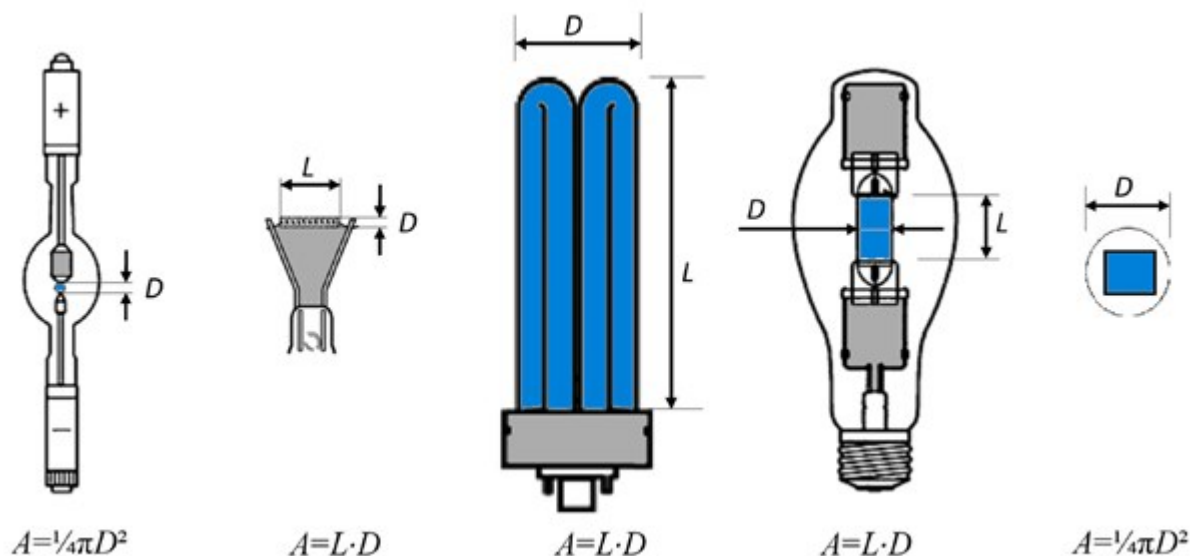
2 Vymedzenie pojmov a predmet energetického štitkovania

Pre účely európskych nariadení o ekodizajne a energetickom štitkovaní svetelných zdrojov a implementácie týchto nariadení v členských krajinách sú svetelné zdroje a výrobky obsahujúce svetelné zdroje definované takto:

Svetelný zdroj je elektricky ovládaný výrobok, ktorý je určený na emitovanie svetla, alebo ktorý je v prípade nežiarovkového svetelného zdroja určený na možné naladenie na emitovanie svetla, resp. zahŕňa obe možnosti, pričom svetlo vykazuje všetky tieto optické vlastnosti:

- súradnice chromatickosti x a y v rozpätí:
 - $0,270 < x < 0,530$
 - $-2,3172 x^2 + 2,3653 x - 0,2199 < y < -2,3172 x^2 + 2,3653 x - 0,1595$
(pre vysokotlakové sodíkové výbojky (HPS) sa táto podmienka neuplatňuje)
- svetelný tok $< 500 \text{ lm/mm}^2$ priemetu plochy emitujúcej svetlo
- svetelný tok 60 až 82 000 lm
- index podania farieb (CRI) $R_a > 0$

Príklady na priemet plochy pre typické svetelné zdroje sú na obr. 1.



Obr.1 Priemet plochy emitujúcej svetlo pre typické svetelné zdroje

Integrovaný výrobok je výrobok obsahujúci jeden alebo viac svetelných zdrojov alebo samostatných ovládacích zariadení, resp. oba prvky. Ak sa integrovaný výrobok nedá rozobrať na účely overenia svetelného zdroja a samostatného ovládacieho zariadenia, za svetelný zdroj sa považuje celý integrovaný výrobok. Príkladmi integrovaných výrobkov sú svietidlá, ktoré sa dajú rozobrať, aby bolo možné osobitne overiť svetelný zdroj(-e), ktorý je ich súčasťou, domáce spotrebiče obsahujúce svetelný zdroj(-e), nábytok (police, zrkadlá, vitríny) obsahujúci svetelný zdroj(-e) a pod.

Energetické štítkovanie SA TÝKA týchto svetelných zdrojov:

- svetelné zdroje s integrovaným ovládacím zariadením alebo bez neho
- svetelné zdroje uvádzané na trh v integrovanom výrobku

Energetické štítkovanie SA NETÝKA týchto svetelných zdrojov:

- substráty LED, čipy LED, zostavy LED
- výrobky obsahujúce svetelný zdroj, z ktorých možno tento zdroj svetla vybrať na účely overenia
- časti emitujúce svetlo obsiahnuté vo svetelnom zdroji, pričom tieto časti sa z neho nedajú vybrať na účely overenia ako zdroj svetla
- svetelné zdroje, ktoré sú špeciálne skúšané a schválené na použitie v medicínskych, vojenských/obraných, dopravných, meracích, núdzových zariadeniach a pod.
- svetelné zdroje riešené inými nariadeniami (displeje, odsávače pár a pod.)
- svietidlá napájané batériami (napr. ručné svietidlá, „čelovky“ a pod.)

3 Energetické ukazovatele a energetické triedy

3.1 Staré štítky

Na porovnanie si uveďme aj doterajší systém posudzovania energetickej efektívnosti svetelných zdrojov. Porovnanie dáva dobrý obraz o rozdielnosti prístupov, smerovaní nového spôsobu hodnotenia a podstate tohto hodnotenia, čo účastníci konferencie (kurzu) ako odborníci v oblasti svetelnej techniky nepochybne docenia.

Energetické triedy boli doteraz škálové prostredníctvom indexu energetickej efektívnosti EEI, ktorý je podielom príkonu svetelného zdroja korigovaného na straty v predradníku P_{cor} (W) a referenčného príkonu svetelného zdroja P_{ref} (W), ktorý sa určí z užitočného svetelného toku zdroja:

$$EEI = \frac{P_{cor}}{P_{ref}} \quad (1)$$

pričom ak

$$\Phi_{use} < 1\,300 \text{ lm:} \quad P_{ref} = 0,88\sqrt{\Phi_{use}} + 0,049 \cdot \Phi_{use}$$

$$\Phi_{use} \geq 1\,300 \text{ lm:} \quad P_{ref} = 0,07341 \cdot \Phi_{use}$$

kde Φ_{use} je užitočný svetelný tok zdroja. Triedy energetickej efektívnosti podľa hodnoty indexu EEI pre staré energetické štítky sú uvedené v tab. 1. Pri smerových svetelných zdrojoch sa uvažuje Φ_{use} v kužeľovom zväzku 90° a 120°.

TRIEDA energetickej efektívnosti	Index energ. efektívnosti EEI nesmerové svetelné zdroje	Index energ. efektívnosti EEI smerové svetelné zdroje
A++	EEI ≤ 0,11	EEI ≤ 0,13
A+	0,11 < EEI ≤ 0,17	0,13 < EEI ≤ 0,18
A	0,17 < EEI ≤ 0,24	0,18 < EEI ≤ 0,40
B	0,24 < EEI ≤ 0,60	0,40 < EEI ≤ 0,95
C	0,60 < EEI ≤ 0,80	0,95 < EEI ≤ 1,20
D	0,80 < EEI ≤ 0,95	1,20 < EEI ≤ 1,75
E	EEI > 0,95	EEI > 1,75

Tab.1 Triedy energetickej efektívnosti pre staré energetické štítky

3.2 Nové štítky

Energetické triedy sú škálové prostredníctvom celkového systémového príkonu η_{TM} (lm/W), ktorý je podielom deklarovaného užitočného svetelného toku zdroja Φ_{use} (lm) a deklarovaného príkonu svetelného zdroja v zapnutom stave P_{ON} (W), vynásobený činiteľom svetelného zdroja F_{TM} podľa tabuľky 2:

$$\eta_{TM} = \frac{\Phi_{use}}{P_{ON}} \cdot F_{TM} \quad (2)$$

Je to teda upravený druh merného výkonu svetelného zdroja za stanovených podmienok. Merný výkon je v odborných kruhoch veľmi dobre známa a bežne používaná veličina. Hodnotu merného výkonu vieme ľahko posúdiť, a tak aj triedy energetickej efektívnosti pre nové energetické štítky uvedené v tabuľke 3 dávajú veľmi dobrú predstavu o tom, aké sú možnosti pri konkrétnych druhoch svetelných zdrojov dosiahnuť určitú triedu energetickej efektívnosti. Z tabuľky je zrejmé, že dosiahnuť triedu B je v súčasnosti väčšinou ešte nemožné. Klasické svetelné zdroje, vrátane žiarivkových, sa budú pohybovať na chvoste rebríčka. Index EEI takúto dobrú predstavu nedával. Systém nového štítkovania svetelných zdrojov môžeme skutočne považovať za veľmi výhodný. U koncových zákazníkov môže spočiatku pôsobiť nedôverčivo, aspoň kým si spotrebiteľia zvyknú.

DRUH SVETELNÉHO ZDROJA		Činiteľ svetelného zdroja F_{TM}
Smerové	Sieťové napätie	
NIE	NIE	0,926
NIE	ÁNO	1,000
ÁNO	ÁNO	1,089
ÁNO	NIE	1,176

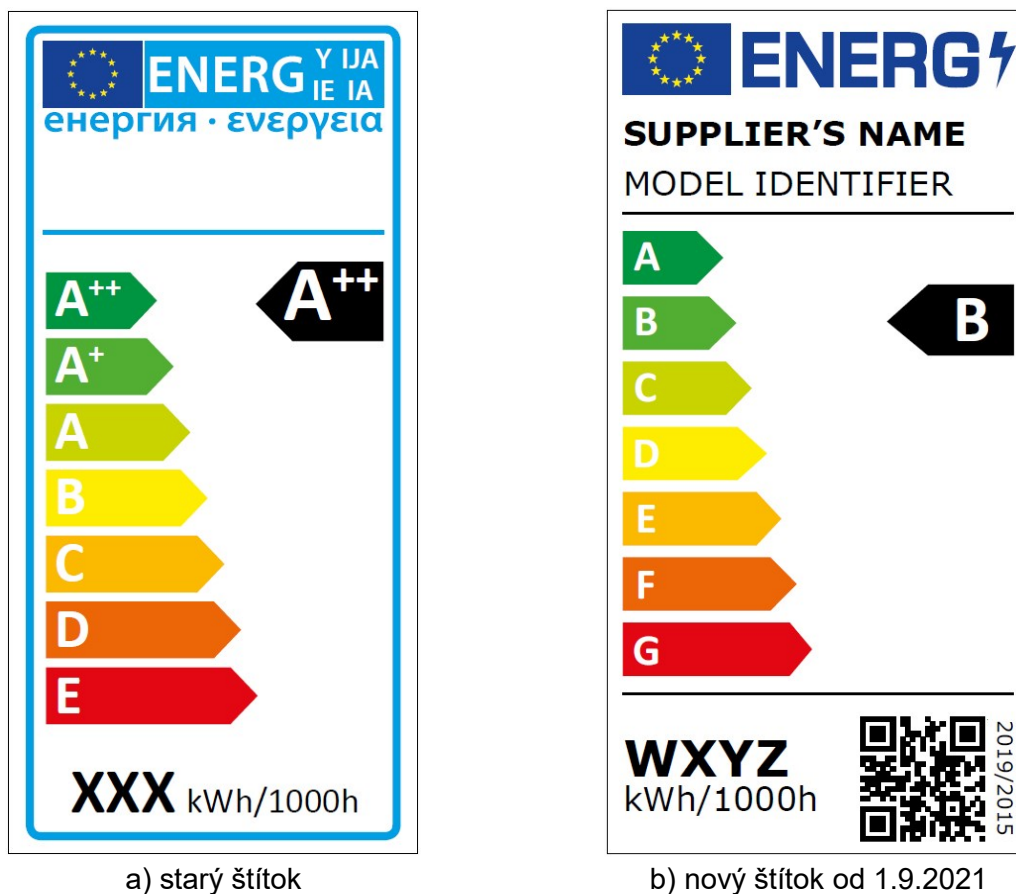
Tab.2 Hodnoty činiteľa svetelného zdroja F_{TM}

TRIEDA energetickej efektívnosti	Celkový systémový merný výkon η_{TM} (lm/W)
A	$210 \leq \eta_{TM}$
B	$185 \leq \eta_{TM} < 210$
C	$160 \leq \eta_{TM} < 185$
D	$135 \leq \eta_{TM} < 160$
E	$110 \leq \eta_{TM} < 135$
F	$85 \leq \eta_{TM} < 110$
G	$\eta_{TM} < 85$

Tab.3 Triedy energetickej efektívnosti pre nové energetické štítky

4 Energetické štítky

Porovnanie starého štítku s novým po vizuálnej stránke je na obr. 2. Okrem zmeny v energetických triedach a zjednodušení záhlavia je významným prínosom zavedenie QR kódu na prístup do databázy EPREL s technickými údajmi svetelného zdroja.



Obr.2 Porovnanie starého a nového energetického štítku pre svetelné zdroje

5 Technické údaje, databáza EPREL a informačný list výrobku

Predajcovia aj široká verejnosť môžu získať podrobnejšie informácie o výrobku v európskej databáze EPREL, ktorá je k dispozícii po zavedení nových energetických štítkov. Prístup priamo na stránku výrobku v databáze EPREL sprostredkúva QR kód. Databáza uľahčí porovnávanie parametrov pre spotrebiteľov a dohľad nad trhom, ktorý vykonávajú štátne orgány. Informačný list výrobku obsahuje súbor technických údajov. K novým údajom patria:

- použitá technológia svetelného zdroja
- príkon v režime ZAPNUTÉ vo W
- pohotovostný príkon riadiaceho systému (CLS) vo W
- spotreba energie v režime ZAPNUTÉ (kWh/1 000 h)

Príklad technických údajov na škatuli svetelného zdroja je na obr. 3. Pre koncových zákazníkov sú užitočnou pomôckou tabuľky ekvivalencie svetelných zdrojov (príklad je v tab. 4). Aj tu sa mení prístup a od príkonu ako referenčného parametra sa prechádza na svetelný tok. Svetelný tok viac súvisí so svetelnotechnickou úlohou a príkon je len mierou energetickej náročnosti. Pri klasických svetelných zdrojoch bol príkon základom na vytvorenie typového radu.

K tvrdeniu o rovnocennosti (ekvivalencii) je v nariadení definovaný referenčný svetelný tok pre reflektorové svetelné zdroje na malé aj sieťové napätie, pretože v prípade týchto svetelných zdrojov je popisným údajom svietivosť a nie svetelný tok. Aby bolo možné takéto svetelné zdroje porovnávať, údaj o svetelnom toku je potrebný.



Obr.3 Príklad uvádzania údajov svetelného zdroja na škatuli

HALOGÉNOVÉ A KLASICKÉ ŽIAROVKY		LED		KOMPAKTNÉ ŽIARIVKY	
Príkonn P (W)	Svetelný tok Φ (lm)	Svetelný tok Φ (lm)	Príkonn P (W)	Svetelný tok Φ (lm)	Príkonn P (W)
25 W	220 lm	250 lm	3,3 W	240 lm	5 W
40 W	420 lm	470 lm	5 W	420 lm	8 W
60 W	710 lm	806 lm	8 W	740 lm	13 W
75 W	940 lm	1 055 lm	9 W	950 lm	17 W
100 W	1 360 lm	1 521 lm	14,5 W	1 400 lm	24 W

HALOGÉNOVÉ REFLEKTOROVÉ ŽIAROVKY		LED 12 V		LED 230 V	
Príkonn P (W)	Svetelný tok Φ (lm)	Svetelný tok Φ (lm)	Príkonn P (W)	Svetelný tok Φ (lm)	Príkonn P (W)
20 W	220 lm	230 lm	2,9 W	230 lm	2,6 W
35 W	300 lm	350 lm	4,6 W	350 lm	4,3 W
50 W	540 lm	621 lm	7,2 W	575 lm	6,9 W

Tab.4 Príklad tabuľky ekvivalentných náhrad* svetelných zdrojov

POZNÁMKA: * Údaje sú iba orientačné, hodnoty pre konkrétne výrobky sa môžu líšiť.

6 Termíny a povinnosti

Postup pri výmene svetelných zdrojov dobre vystihuje termínová tabuľka 5 pre svetelné zdroje prvýkrát uvedené na trh ešte pred 1.9.2021. Pre nové svetelné zdroje uvedené prvýkrát na trh EÚ po 1.9.2021 platí tabuľka 6.

Termín	Povinnosť
1.5.2021	Poskytovanie produktových informácií dodávateľmi: Dodávatelia znovu registrujú svoj produkt v databáze EPREL na základe nového nariadenia vrátane nového štítku a súvisiaceho informačného listu.
1.9.2021	18-mesačné prechodné obdobie s možnosťou používania starých štítkov na balení: <ul style="list-style-type: none"> • produkty po prvý raz uvedené na trh pred 1. 9. 2021 môžu byť stále predávané so starým štítkom • dodávatelia na požiadanie obchodníkov dodajú samolepky s novým štítkom a súvisiaci informačný list pre produkty, ktoré už sú naskladnené u obchodníkov
1.3.2023	Všetky produkty majú nový štítok: <ul style="list-style-type: none"> • starý štítok na balení alebo pri balení bude prekrytý nálepkou s novým štítkom rovnakej veľkosti • poskytovaný bude nový informačný list

Tab.5 Termínovník pre svetelné zdroje uvádzané na trh pred 1.9.2021

Termín	Povinnosť
1.5.2021	Poskytovanie produktových informácií dodávateľmi pre EPREL a pre obchodníkov: <ul style="list-style-type: none"> • dodávateľ registruje svoj produkt do databázy EPREL na základe nového nariadenia a poskytne nový štítok vytlačený na obale • dodávateľ poskytne predajcom súvisiaci informačný list • predajcovia môžu zároveň požiadať o tlačенú formu
1.9.2021	Nový produkt s novým štítkom na obale v obchodoch aj na internete: <ul style="list-style-type: none"> • predajcovia musia vystavovať nové produkty s novým štítkom na obale v kamenných aj internetových obchodoch
1.3.2023	Poskytovanie produktových informácií dodávateľmi v dokumentácii: <ul style="list-style-type: none"> • dodávatelia integrovaných výrobkov musia poskytnúť určité informácie o integrovanom svetelnom zdroji

Tab.6 Termínovník pre svetelné zdroje uvádzané na trh po 1.9.2021

Pre internetové obchody (webshopy) sa uplatňujú zvláštne požiadavky:

- musí byť zobrazený elektronický štítok a elektronický informačný list
- štítok musí byť zobrazený v blízkosti ceny výrobku a musí byť zreteľne viditeľný a čitateľný, pričom jeho veľkosť musí byť primeraná veľkosti štandardného štítku
- pri vnorení zobrazení musí byť obrázok použitý na prístup k štítku, musí sa zobrazíť pri prvom kliknutí myšou, ukázaní kurzorom myši alebo roztvorením obrázka ťuknutím na dotykovej obrazovke

7 Problémy a skúsenosti

V súvislosti so zavádzaním nových povinností vznikali rôzne nejasnosti a nedorozumenia. Z priebehu aktivít v jarnom období vyplynulo, že celý proces nebol dobre pripravený a trpel mnohými detskými chybami. Najdôležitejšie sa dajú zhrnúť do týchto bodov:

- Napriek rozsiahlej informačnej kampani zo strany výrobcov a dovozcov nebol prejavovaný záujem o riešenie prechodu na nové energetické štítky v dostatočnom časovom predstihu. Záujem začal narastať až keď sa blížili termíny povinností a dokonca až keď distribútori začali od výrobcov nové infolisty a štítky vyžadovať.
- Dikcia nariadenia v originálnej angličtine je v mnohých bodoch nejasná. Pri niektorých ustanoveniach si dokonca protirečí. Niektoré časti nariadenia boli korigované k 1. marcu 2021. Viac svetla do obsahového chaosu nevnesli ani komentované príručky istých organizácií. Najpertraktovanejšou bola otázka, aké svetelné zdroje v integrovaných výrobkoch resp. aké integrované výrobky v celku spadajú pod príslušné nariadenie, a teda vzťahuje sa na nich povinnosť štítkovania. Národná jazyková verzia má v dôsledku odvodenia samozrejme ďalšie odchýlky.
- Databáza EPREL nebola včas pripravená a spustená, čo vytváralo stres na plnenie povinností k 1.5.2021. Aj s naplnením databázy boli spojené viaceré problémy. Okrem technických otázok treba spomenúť časovú a pracovnú náročnosť celého procesu v prípade, že sortiment výrobkov je rozsiahly.

Ako je to teda s integrovanými výrobkami obsahujúcimi svetelný zdroj? Pokiaľ ide o svietidlá, tak potom sa povinnosť štítkovania a databázy EPREL takisto vzťahuje na svietidlá, a to napriek tomu, že energetický štítok pre svietidlá bol bez náhrady zrušený už k 25. decembru 2019, takto sa nepriamo štítkovanie svietidiel zavádza opätovne. V zásade sa dajú rozlíšiť tieto tri základné prípady:

- **Výrobok sa nedá rozobrať na účely overenia bez trvalého poškodenia svetelného zdroja:** Celý výrobok sa považuje za svetelný zdroj a musí spĺňať príslušné požiadavky. Napríklad nerozoberateľné svietidlo celé podlieha štítkovaniu. Ale aj nerozoberateľný nábytok, zrkadlo so zabudovaným osvetlením a pod. Ak je predmetom overenia svetelný tok, ťažko si predstaviť, ako by sa zisťoval meraním. Existujú indície, že vývoj smeruje ku konštrukcii výrobkov s vymeniteľnými svetelnými zdrojmi a predradníkmi.
- **Výrobok, v ktorom sa svetelný zdroj dá nahradiť bežným náradím a z ktorého sa svetelný zdroj dá vybrať na overenie:** Požiadavky musí spĺňať svetelný zdroj ako samostatná súčasť. V technickej dokumentácii výrobku (napríklad svietidla) musí byť uvedená energetická trieda obsiahnutého svetelného zdroja.
- **Výrobok, v ktorom sa svetelný zdroj nedá nahradiť bežným náradím, ale dá sa vybrať na účely overenia:** Rozdiel spočíva v tom, že vybratie nemusí byť jednoduchým technickým úkonom, ktorý v rámci údržby zvládne koncový užívateľ. Požiadavky musí spĺňať svetelný zdroj. V technickej dokumentácii výrobku musí byť uvedená energetická trieda obsiahnutého svetelného zdroja a zdôvodnenie, prečo svetelný zdroj a/alebo predradník nie je vhodné nahrádzať. V dokumentácii sa na účely dohľadu trhu musí tiež uviesť, akým spôsobom sa svetelný zdroj dá vybrať bez poškodenia.

Literatúra a odkazy

- [1] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2017/1369 zo 4. júla 2017, ktorým sa stanovuje rámec pre energetické označovanie a ruší sa smernica 2010/30/EÚ
- [2] Delegované nariadenie (EÚ) 2019/2015 z 11. marca 2019, ktorým sa dopĺňa nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2017/1369, pokiaľ ide o energetické označovanie svetelných zdrojov, a ktorým sa ruší delegované nariadenie Komisie (EÚ) č. 874/2012
- [3] Nariadenie Európskej komisie 2019/2020 z 1. októbra 2019 ktorým sa stanovujú požiadavky na ekodizajn svetelných zdrojov a samostatných ovládacích zariadení podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2009/125/ES a ktorým sa zrušujú nariadenia Komisie (ES) č. 244/2009, (ES) č. 245/2009 a (EÚ) č. 1194/2012

Svetelná technika v systéme novej akreditácie študijných programov na FEI STU v Bratislave

Dionýz Gašparovský, prof. Ing. PhD. – Jana Raditschová, Ing. PhD.,
FEI STU v Bratislave, dionyz.gasparovsky@stuba.sk, www.fei.stuba.sk

Abstrakt: Článok predstavuje odbornej verejnosti výučbu svetelnej techniky na FEI STU v Bratislave po novej akreditácii študijných programov. Uvádza sylaby a výsledky vzdelávania jednotlivých predmetov a skúsenosti s výučbou v online priestore v období pandémie COVID-19.

1 Tradícia výučby svetelnej techniky na Slovensku

Zavedenie výučby svetelnej techniky na Slovensku súvisí s rozvojom tohto priemyselného odvetvia, predovšetkým so vznikom n.p. Elektrosvit Nové Zámky v roku 1961, ktorý v novozámockom strojárskom závode na výrobu absorpčných chladničiek prevzal aj výrobu svietidiel. Predmet Elektrické svetlo a teplo sa na vtedajšej Elektrotechnickej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej (EF SVŠT) vyučoval od školského roku 1944/1945. Špecializované štúdium svetelnej techniky započalo v roku 1967 a od roku 1977 sa datuje vznik samostatného zamerania Svetelná technika. V priebehu nasledujúcich období, najmä mnohých reforiem vysokoškolského vzdelávania po roku 1989, sa menil názov formy štúdia na špecializáciu, výberový blok, dnes je to opäť zameranie. Zameranie Svetelná technika má dnes 44 rokov a od svojho vzniku až doteraz nepretržite vychováva absolventov pre výrobnú, obchodnú a projektantskú prax.

2 Zameranie Svetelná technika v súčasnosti

Štúdium v zameraní Svetelná technika v súčasnosti poskytuje Fakulta elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (FEI STU) v budove na Ilkovičovej 3 v Bratislave, kde sa nachádzajú aj priestory fotometrických laboratórií. Svetelná technika je súčasťou študijného programu Elektroenergetika vo všetkých troch stupňoch štúdia – bakalárskom, inžinierskom aj doktorandskom (obr. 1). Za zameranie je zodpovedný prof. Dionýz Gašparovský. Na výučbe svetelnej techniky sa podieľajú Mgr. Roman Dubnička, PhD., Ing. Jana Raditschová, PhD., Ing. Marek Mokrání a čiastočne aj doc. Peter Janiga.

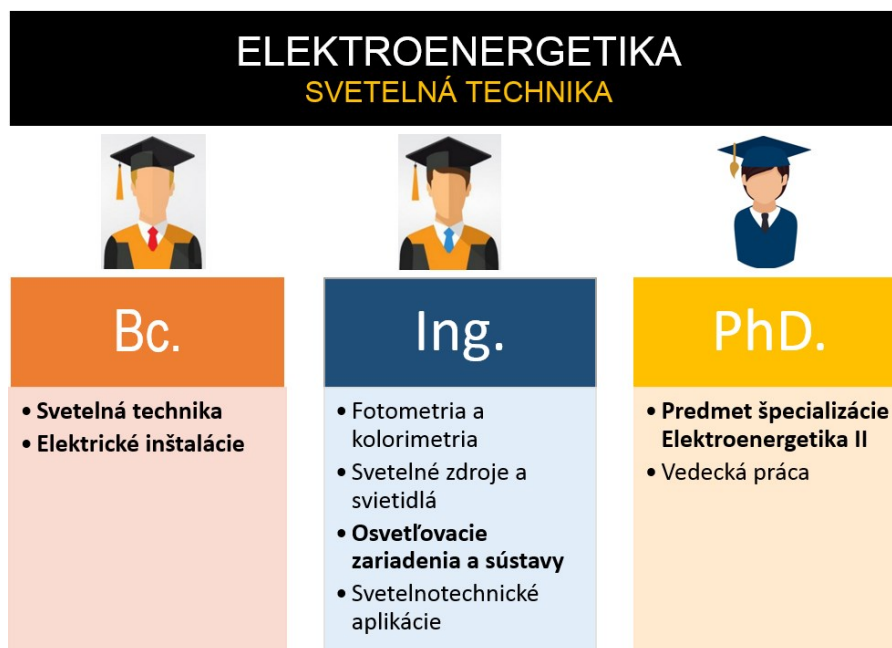
V bakalárskom stupni štúdia je dôležitou vstupnou bránou do sveta svetelnej techniky rovnomenný predmet (B-SVET), kde študenti získajú celkový prehľad o tomto vednom odbore*. K predmetom zamerania patria aj Elektrické inštalácie (B-ELINST). Oba predmety sú profilovými predmetmi študijného programu a zásadne formujú profil absolventa.

* Vedný odbor 020207 „Svetelná technika“ podľa číselníka odborov vedy a techniky v smernici MŠ SR č. 27/2006-R

V inžinierskom stupni sa hlbšie teoretické základy svetelnej techniky získavajú v predmete Fotometria a kolorimetria (I-FOTK). V predmete Svetelné zdroje a svietidlá (I-SZS) sa prednášajú fyzikálne princípy premeny elektrickej energie na svetlo, základy konštrukcie, parametre, vlastnosti a možnosti použitia rôznych typov svetelných zdrojov. Aplikačným predmetom sú Osvetľovacie zariadenia a systavy (I-OZS), ktorý teoreticky aj prakticky pripravuje absolventov na osvetľovanie rôznych vnútorných a vonkajších priestorov. Iné ako

technické osvetlenie je náplňou predmetu Svetelnotechnické aplikácie (I-STA). Profilovým predmetom v zameraní sú Osvetľovacie zariadenia a sústavy.

V doktorandskom štúdiu sa študenti samostatne venujú konkrétnym čiastkovým témam, ktoré sú prispôbené ich osobným preferenciám pre budúci odborný rast, teda aj blízke zameraniu ich dizertačnej práce. V rámci predmetu špecializácie sa študuje najmä súbor tematicky príbuzných prípadne iných dôležitých publikácií Medzinárodnej komisie pre osvetlenie CIE, čiastočne aj súvisiace normatívne dokumenty ISO a CEN. Keďže v tomto stupni štúdia je dôležitý vedecký aspekt, práve publikácie CIE obsahujú súhrn stavu poznania na vysokej vedeckej úrovni. Doktorandi sa zúčastňujú kongresov a iných odborných podujatí CIE, medzinárodných konferencií zameraných na svetelnú techniku, publikujú vo vedeckých časopisoch, participujú na riešení vedecko-výskumných projektov.



Obr.1 Štruktúra zamerania Svetelná technika v študijnom programe Elektroenergetika

3 Sylaby predmetov v zameraní Svetelná technika

V tejto časti uvádzame sylaby kľúčových predmetov zamerania Svetelná technika. Ostatné súvisiace predmety, vrátane predmetu Elektrické inštalácie, sa dajú nájsť na webovej stránke fakulty v sekcii aktuálnych študijných plánov na tento akademický rok (https://www.fei.stuba.sk/buxus/docs/studium_od_2021/SP_2021_2022.pdf).

3.1 Svetelná technika

Sylaby:

1. Základné pojmy svetelnej techniky, svetlo a videnie
2. Žiarivé a fotometrické veličiny a jednotky, spektrum
3. Svetelné zdroje: fyzikálne princípy a klasifikácia zdrojov svetla
4. Teplotné a výbojové svetelné zdroje: žiarovky, žiarivky a výbojky
5. Elektroluminiscenčné svetelné zdroje LED
6. Základné pojmy, princípy a klasifikácia svietidiel
7. Elektrotechnické, optické a konštrukčné požiadavky na svietidlá

8. Základy osvetľovania interiérov a exteriérov: kvalitatívne a kvantitatívne parametre osvetlenia, oslnenie, udržiavací činiteľ, svetelnotechnický projekt
9. Osvetľovanie interiérov: byty a spoločenské priestory, pracoviská, núdzové osvetlenie
10. Osvetľovanie exteriérov: verejné osvetlenie, iluminácia, športoviská, tunely
11. Meranie svetelnotechnických veličín, meranie parametrov osvetlenia
12. Technicko-ekonomické, energetické a ekologické hľadiská osvetlenia

Výsledky vzdelávania:

Študenti získajú prehľad o svetelnej technike a osvetľovaní. Spoznajú princípy svetelných zdrojov, svietidiel a ich aplikácii v osvetľovacích sústavách. Na konkrétnych osvetľovacích sústavách si dokážu overiť parametre osvetlenia a vykonať vlastný svetelnotechnický návrh s rešpektovaním zásad racionalizácie a úspor elektrickej energie v osvetľovaní.

3.2 Fotometria a kolorimetria

Sylaby:

1. Fyzikálna podstata svetla. Zrak a videnie. Podstata a fotometria fotopického, mezopického a skotopického videnia. Štandardný fotometrický pozorovateľ CIE.
2. Rádiometrické, fotometrické a melanopické veličiny a jednotky.
3. Interakcia svetla s telesom a prostredím.
4. Svetelné pole a svetelný vektor. Priestorové charakteristiky osvetlenia.
5. Kolorimetrické sústavy, Grassmanove zákony, trichromatické súradnice. Kolorimetrické priestory RGB, Y_{xy} , $L^*a^*b^*$, $L^*u^*v^*$.
6. Farebné vlastnosti svetla – chromatickosť a podanie farieb.
7. Metrológia vo svetelnej technike, fotometrické etalóny.
8. Základné princípy a metódy merania v oblasti fotometrie a kolorimetrie. Princípy a charakteristiky meracích prístrojov a zariadení. Fotometrické laboratórium. Integrálna a spektrálna fotometria.
9. Meranie svetelného toku, svietivosti, osvetlenosti a jasú.
10. Meranie priestorových charakteristík osvetlenia. Goniometria. Meracie roviny a meranie kriviek svietivosti.
11. Výmenný súborový formát fotometrických údajov. Meranie činiteľa odrazu, priestupu a pohltienia. Kolorimetrické merania.
12. Presnosť merania, príčiny a korekcie chýb, neistota merania.

Výsledky vzdelávania:

Študent bude po úspešnom absolvovaní predmetu mať vedomosti o teoretických základoch v oblasti svetelnej techniky s dôrazom na základné poznatky a princípy fotometrie a kolorimetrie. Ďalej študent získa komplexné vedomosti z oblasti fotometrických a kolorimetrických meraní so zameraním na presnosť merania a aplikáciu vhodných metód pri meraniach a bude schopný samostatne tieto merania vykonávať v praxi. V prvej polovici semestra sa v rámci prednášok študent oboznámi o teoretické princípy fotometrie a kolorimetrie. Získané poznatky absolvent predmetu svoje teoretické vedomosti upevní riešením praktických výpočtových a metodických príkladov. V druhej polovici semestra v rámci prednášok študenti budú oboznámení s teoretickými princípmi laboratórných a praktických meraní v oblasti fotometrie a kolorimetrie. Praktickými cvičeniami v druhej polovici semestra študent získa praktické zručnosti z praktických meraní v laboratóriu svetelnotechnických zariadení ako aj terénnych meraní osvetlenia v praxi s protokolárnym spracovaním výsledkov.

3.3 Svetelné zdroje a svietidlá

Sylaby:

1. Definície, triedenie, označovanie, základné parametre a vlastnosti svetelných zdrojov
2. Fyzikálne princípy premeny elektrickej energie na svetlo
3. Teplotné svetelné zdroje: žiarovky a halogénové žiarovky
4. Nízkotlakové výbojové zdroje: kompaktné žiarivky, lineárne žiarivky, nízkotlakové sodíkové výbojky, indukčné výbojky
5. Vysokotlakové výbojové zdroje: ortuťové výbojky, sodíkové výbojky, halogenidové výbojky, xenónové výbojky
6. Elektroluminiscenčné svetelné zdroje: LED zdroje
7. Predradníky a ovládacie zariadenia svetelných zdrojov
8. Definície, triedenie, označovanie, základné parametre a vlastnosti svietidiel
9. Svetelnočinné časti svietidiel: reflektory, refraktory, difúzory a filtre
10. Elektrické súčasti a komponenty svietidiel, elektrotechnické požiadavky
11. Konštrukcia svietidiel, požiadavky na krytie a teplotné režimy
12. Osobitné požiadavky na vybrané druhy svietidiel, prevádzka a údržba svietidiel

Výsledky vzdelávania:

Študent bude poznať princípy premeny elektrickej energie na svetlo, bude mať prehľad o rôznych druhoch svetelných zdrojov, bude vedieť navrhnúť ich zapojenie a bude poznať ich prevádzkové režimy. Bude mať vedomosti o elektrických, teplotných, mechanických a prevádzkových požiadavkách na svietidlá, bude vedieť navrhnúť konštrukciu svietidla a bude poznať problematiku skúšania svietidiel.

Zmena oproti predchádzajúcej akreditácii:

V tomto predmete sa zlúčili pôvodne dva samostatné predmety Svetelné zdroje a predradníky a Svietidlá. Dôvody zlúčenia vychádzajú z vývoja technológií vo svetelnej technike a aktuálnych potrieb na trhu práce:

- Rozsah klasických svetelných zdrojov bol výrazne zúžený na poznanie princípov a prehľad ich parametrov a vlastností. Získané poznatky sú potrebné na hodnotenie existujúcich osvetľovacích sústav, v nových sa však už tieto zdroje neaplikujú.
- Pasáže z predmetu Svietidlá boli redukované na poznanie najdôležitejších princípov a téz. Absolventi zamerania iba zriedka smerujú k výrobcom svietidiel. Tí si v prípade potreby podrobnejšie požiadavky na konštrukciu a skúšanie svietidiel vedia doplniť samostatným štúdiom.
- Svetelné zdroje a svietidlá v súčasnosti tvoria jeden celok (väčšinou a bez ohľadu na možnosť výmeny niektorej súčasti).
- Zlúčením dvoch predmetov sa vytvoril priestor pre nový predmet Svetelnotechnické aplikácie, čím sa posilní dopyt po témach, ktoré svetelnotechnická prax na Slovensku vyžaduje viac.

3.4 Osvetľovacie zariadenia a sústavy

Sylaby:

1. Základné pojmy a definície
2. Kvantitatívne a kvalitatívne parametre osvetlenia
3. Metódy výpočtu parametrov osvetlenia

4. Oslnenie, jeho hodnotenie a zábrana
5. Prevádzka a údržba osvetľovacích sústav, udržiavací činiteľ
6. Osvetlenie bytov a spoločenských priestorov
7. Osvetlenie vnútorných a vonkajších pracovísk
8. Osvetlenie športovísk
9. Verejné osvetlenie a iluminácia
10. Osvetlenie tunelov
11. Núdzové osvetlenie
12. Dokumentácia návrhu osvetlenia

Výsledky vzdelávania:

Absolvent predmetu bude poznať legislatívne a normatívne požiadavky na osvetlenie rôznych druhov vnútorných priestorov a vonkajších priestranstiev a bude schopný samostatne spracovať kompletný svetelnotechnický projekt.

3.5 Svetelnotechnické aplikácie

Sylaby:

1. Denné a združené osvetlenie budov, svetlovody
2. Rušivé svetlo, jeho hodnotenie a zábrana
3. Mimosrakové účinky svetla, humanocentrické a integratívne osvetlenie
4. Nebezpečenstvo modrého svetla BLH, fotobiologická bezpečnosť
5. Fototerapia, syndróm SAD a liečba svetlom
6. Germicídne zdroje, dezinfekcia pomocou optického žiarenia
7. Fotosyntetické aplikácie, funkčné osvetlenie v poľnohospodárstve
8. Osvetlenie pracovných strojov, osvetlenie a signalizácia v doprave
9. Svetlo a obrazové technológie, fotoelektronika
10. Dekoratívne, zábavné, scénické a architektonické osvetlenie
11. Regulácia denného a umelého osvetlenia
12. Energetická hospodárnosť osvetlenia

Výsledky vzdelávania:

Študent získa vedomosti zo špecifických aplikácií svetelnej techniky. Pozná problematiku denného a združeného osvetlenia, má poznatky o nevizuálnych účinkoch svetla, vie minimalizovať nežiaduce účinky rušivého svetla. Dokáže navrhnúť osvetlenie pre fotosyntetické aplikácie aj pre integrované osvetlenie pracovných strojov. Vie, ako sa dajú pomocou žiarenia dezinfikovať priestory. Má vedomosti o obrazových technológiách, osvetlení a signalizácii v doprave, scénickom a zábavnom osvetlení a pod. a pre tieto aplikácie vie navrhnúť vhodné osvetľovacie sústavy.

4 Skúsenosti s online výučbou v období pandémie

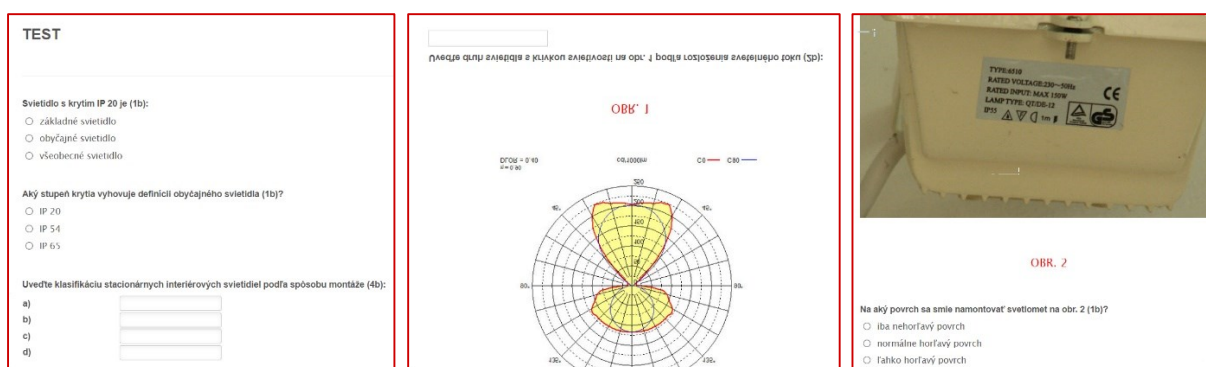
Pandémia COVID-19 zasiahla aj výučbu na FEI STU v Bratislave, ale výučbu neprerušila. Prakticky od začiatku zavedenia opatrení s obmedzením pohybu (tzv. „lockdown“) sa výučba presunula do online priestoru. Skúsenosti s organizovaním pracovných stretnutí vo virtuálnom priestore napomohli okamžitému prechodu na online vzdelávanie. Pre zameranie Svetelná technika svoju licenciu na platforme ZOOM pre účely výučby poskytla Slovenská svetelnotechnická spoločnosť, ktorá má podporu výchovy a vzdelávania pevne zakotvenú vo svojich stanovách a v rámci svojej internej štruktúry má dokonca vytvorenú stálu odbornú platformu.

Online forma vzdelávania teda prebieha od letného semestra 2020. Celý minulý školský rok 2020-2021 sa vyučovalo online. Aktuálny školský rok sa opäť začal v režime online a zrejme ťažko sa dá predpokladať, že sa v zimnom semestri ešte vrátíme k prezenčnej výučbe.

Prednášky sa online formou realizujú najjednoduchšie. Prezentácie pripravené vo formáte PPSX sa zdieľajú na obrazovke prostredníctvom systému ZOOM a dopĺňajú sa o výklad lektora. V zameraní Svetelná technika sú prednášky vždy aktualizované k stavu poznania, aj priebežne počas semestra pokiaľ sa získajú nové informácie napríklad z účasti na medzinárodných konferenciách a kongresoch alebo vyplynú zo skúseností z inžinierskej praxe a pod. V našom zameraní nemajú miesto praktiky používané v iných kolektívoch, kde sa nahraté videá z predchádzajúceho roka recyklujú. Počas prednášok je daný priestor na otázky a diskusiu v priebehu celej prednášky. Ak je to vhodné, študenti sa interaktívne zapájajú do vývoja riadenej diskusie. Vizualný a sociálny kontakt však napriek tomu citeľne chýba.

Ako sa dá očakávať, laboratórne cvičenia majú veľmi obmedzené možnosti a kvalita výučby tým značne trpí. Praktické cvičenia výpočtového charakteru alebo s použitím softvéru sa ešte dajú pomerne dobre realizovať, fyzický kontakt s prístrojmi a zariadeniami v laboratóriu alebo v teréne však nenahradí žiadna čarovná technika. V záujme čo najviac sa priblížiť reálnym podmienkam, priebeh merania vedeného cvičiacim v laboratóriu sa prenáša online prostredníctvom kamery. Dáta z merania potrebné na vypracovanie protokolu sa následne poskytnú študentom. Skúsenosti ale preukázali, že napriek patričnej teoretickej príprave predchádzajúcej meraniu študenti nezískajú potrebnú úroveň praktických skúseností. V začínajúcom akademickom roku sa plánuje realizovať viacero meraní v teréne s fyzickou účasťou študentov v malých skupinách a v sústredených blokoch.

Podobnými nedostatkami sa vyznačujú aj bakalárske, diplomové a dizertačné práce. Možnosti praktických meraní a prác sú značne obmedzené. Konzultácie prebiehajú prostredníctvom ZOOM podobne ako cvičenia alebo prednášky. Podľa možnosti sa študentom individuálne poskytujú meracie prístroje a iné potrebné zariadenia, aby si praktické práce mohli vykonať sami. Tým čo najviac uľahčujeme implementáciu praktických zadaní. Pri tvorbe nových tém sa zohľadňujú technické obmedzenia a zadania sa vyhýbajú náročnejším praktickým realizáciám.



Obr.2 Fragменты skúšobného formulára v prostredí Jotform

Skúšky na ukončenie predmetov prebiehajú online, využíva sa formulárová aplikácia Jotform súčasne s dohľadom na platforme ZOOM. Skúšobný formulár zahŕňa otázky rôzneho typu – s možnosťou jednej voľby, s možnosťou viacerých výberov, s políčkom na vyplnenie číselných údajov alebo textu a pod. Formulár obsahuje aj obrázky, grafy a pod., ak je to potrebné.

Formuláre sú vypracované v troch variantoch. Najväčším problémom online skúšania je nedostatočný dohľad a veľmi jednoduchá možnosť nečestného konania.

Záverom sa dá konštatovať, že rôzne podporné softvérové prostriedky na dištančné vzdelávanie sú neoceniteľným prínosom pre výučbu v podmienkach, keď prezenčná výučba nie je možná. Nemožno však tvrdiť, že online výučba dokáže v plnej miere nahradiť fyzickú návštevu univerzity, práve naopak. Skúsenosti s pandemickými opatreniami dali možnosť si uvedomiť, aká je hodnota prezenčného vzdelávania. Ale na druhej strane nás život naučil používať nové triky a skvalitniť tak celý výchovnovzdelávací proces.

Literatúra a odkazy

- [1] Horňák, P.: 40. výročie – vzácne a dôstojné jubileum špecializovaného štúdia Svetelná technika na FEI STU v Bratislave. Zborník z 22. medzinárodnej konferencie SVETLO – LIGHT – 2017, 1. vydanie, Slovenská svetelnotechnická spoločnosť 2017, ISBN 978-80-972865-0-7
- [2] Študijné plány bakalárskeho a inžinierskeho štúdia pre akademický rok 2021-2022, FEI STU 2021

Uskutočniteľné a výhl'adové riešenia adaptívneho verejného osvetlenia

Dionýz Gašparovský, prof. Ing. PhD., FEI STU v Bratislave, dionyz.gasparovsky@stuba.sk, www.fei.stuba.sk

Abstrakt: Nástupom LED technológie v osvetlení sa otvorili úplne nové možnosti aj pre riadenie osvetlenia, kde významnú úlohu zohráva digitalizácia a rozvoj telekomunikácií. Je nesporné, že v týchto oblastiach vývoj technológií napreduje oveľa rýchlejšie ako vo svetelnej technike. Tak sme dospeli do štádia, že máme k dispozícii silné technické nástroje, ale nevieme ich optimálne využiť alebo ich nevyužívame správne. Príspevok si kladie za cieľ prehľadnou formou poukázať na aktuálny stav v adaptívnom verejnom osvetlení, a to z hľadiska stavu poznania, normalizačnej činnosti aj dostupných technických riešení. Dôležitou stránkou prehľadu bude implementácia systémov adaptívneho osvetlenia v praxi s poukázaním na nesprávne postupy a s odporúčaním vhodných aplikačných riešení. V druhej časti bude príspevok pojednávať o otvorených otázkach a možnostiach ich riešenia.

1 Úvod

Verejné (vo všeobecnosti mestské) osvetlenie je okrem bezpečnosti dôležité na vytvorenie príjemnej atmosféry počas nočných hodín a na skrášlenie nočného prostredia. Rozvoj mestského osvetlenia sa teraz do značnej miery spolieha na LED technológiu a zámerom je budovať systémy chytrého „smart“ osvetlenia so širokými možnosťami riadenia ako významnú súčasť inteligentných miest (*smart cities*). Osvetlenie sa čoraz viac integruje s dopravou, telekomunikáciami, inžinierskymi sieťami a pod. Zvlášť dôležité sú také interakcie, ktoré majú priamy vplyv na nastavenie cieľových parametrov osvetlenia: poveternostné podmienky, viditeľnosť, dopravné podmienky (hustota premávky, intenzita premávky, rýchlosť jazdy), prítomnosť užívateľov, ich pohyb, smerovanie, štruktúra, požiadavky atď.

LED technológia priniesla do verejného osvetlenia celý rad výhod: vysoký merný výkon, precíznu optiku so želaným rozložením svetelného toku, možnosť voľby spektra, dynamické riadenie. LED svietidlá ponúkajú takmer neobmedzené možnosti riadenia osvetlenia: spínanie a stmievanie sa vyznačuje okamžitou odozvou a nemá negatívny vplyv na životnosť svetelného zdroja. Namiesto centrálného stmievania sa vďaka bezdrôtovým systémom jednotlivé svietidlá dajú ovládať priamo. Tak sa dá poskytovať „osvetlenie na požiadavku“ (*lighting on demand*) – svietiť tam, kde treba, vtedy a toľko, ako je potrebné. Napriek dostupnosti technických riešení však stále postrádame metodiku na definovanie aktuálnych zrakových potrieb vodičov, cyklistov, chodcov a ostatných užívateľov komunikácií a spôsob, ako pre nich určiť a nastaviť tie správne parametre osvetlenia.

V dôsledku chýbajúcej metodiky, svietidiel bez „smart“ alebo „smart-ready“ funkcie a najmä kvôli dedičstvu starých sietí verejného osvetlenia s pripojenými rôznymi typmi svetelných zdrojov, svietidiel a osvetľovacích sústav sa nedá zabezpečiť optimálne riadenie osvetlenia a stále je bežnou praxou prevádzkovať osvetlenie na plnú úroveň počas celej noci. Je zrejmé, že ak porovnáme súčasný stav osvetlenia s optimálne navrhnutou osvetľovacou sústavou (vrátane riadenia), môžeme očakávať značný rozdiel energetickej náročnosti.

2 Pojem a ciele adaptívneho verejného osvetlenia

Medzinárodne dohodnutú definíciu adaptívneho osvetlenia zaviedol nový svetelnotechnický slovník ILV (CIE S 017/E:2020). V praxi sa však používajú aj iné populárne výrazy s podobným významom – smart osvetlenie a inteligentné osvetlenie, ako to uvádza aj slovník ILV v poznámke k termínu adaptívneho osvetlenia, ale neupresňuje ich.

2.1 Definícia adaptívneho osvetlenia

Adaptívne osvetlenie (termín č. 17-29-027 v slovníku ILV) je osvetlenie, ktoré reaguje na dané okolnosti alebo na základe preddefinovaných podmienok, pričom udržiava kvalitu osvetlenia v súlade so stanovenými požiadavkami pre tieto okolnosti alebo podmienky. Požiadavky môžu zahŕňať rôzne hľadiská ako je energetická efektívnosť, dynamické potreby užívateľov, charakteristika zrakových úloh alebo svetelné prostredie.

Inteligentné osvetlenie je osvetlenie s automatickými funkciami, ktoré pracujú na základe pokrokových technológií akými sú napríklad fuzzy logika, genetické algoritmy alebo neurónové siete.

Smart osvetlenie je v podstate adaptívne osvetlenie, ktoré z pohľadu užívateľa pôsobí ako inteligentné osvetlenie, aj keď priamo nevyužíva technológie umelej inteligencie.

2.2 Úrovne adaptability

Pri adaptívnom osvetlení v zmysle vyššieuvedenej definície sa podľa Medzinárodnej komisie pre osvetlenie CIE rozlišujú tieto úrovne adaptability:

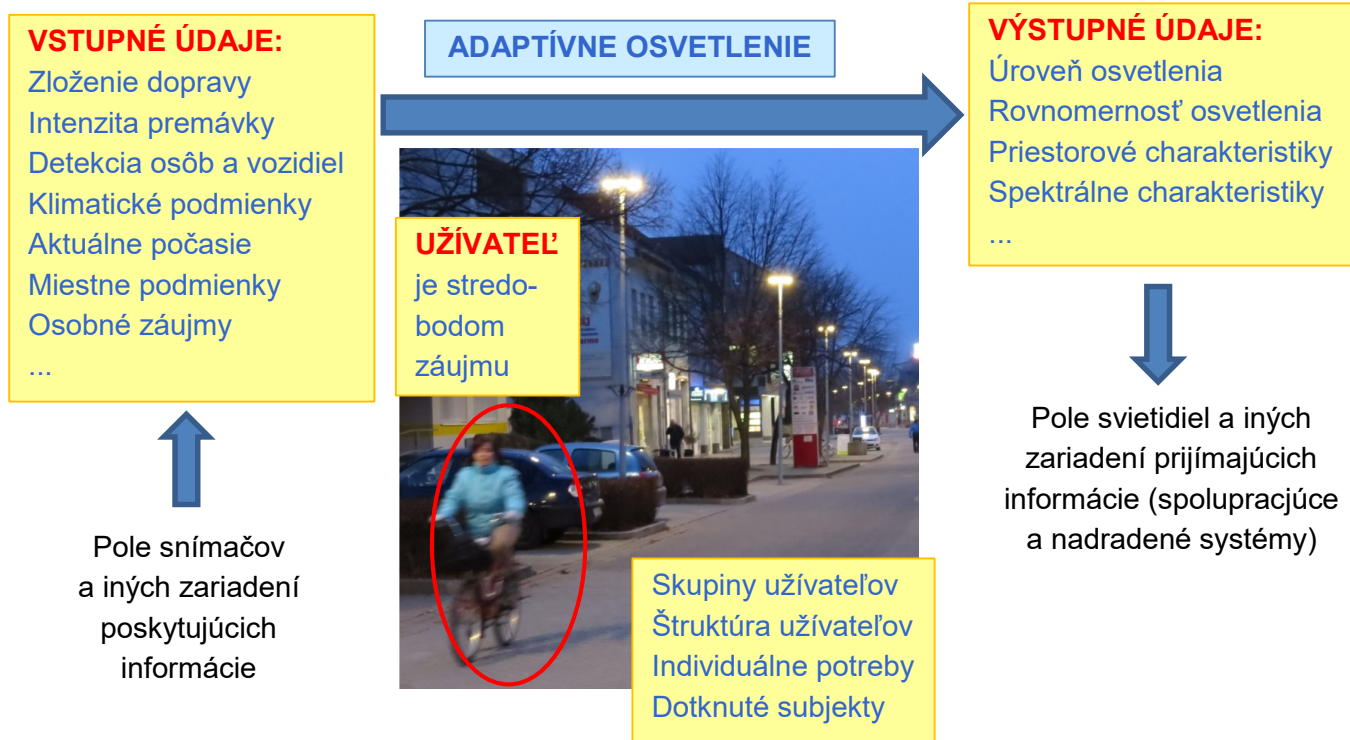
- **Úroveň 1:** adaptácia s použitím časových harmonogramov zostavených na základe štatistických údajov
- **Úroveň 2:** adaptácia s použitím lokálnych snímačov a/alebo samostatných lokálnych radiacích prvkov
- **Úroveň 3:** adaptácia s napojením na inteligentné systémy, napr. inteligentné dopravné systémy (IDS) na vybraných cestných komunikáciách
- **Úroveň 4:** adaptácia s kombináciou úrovne 2 a 3

2.3 Základné ciele adaptívneho osvetlenia

K základným cieľom adaptívneho osvetlenia patrí zabezpečiť spracovanie dostupných vstupných údajov a s ohľadom na zrakové a mimozrakové potreby rôznych užívateľov alebo dotknutých subjektov určiť súbor výstupných údajov a sprostredkovať ich poľu svietidiel vlastnej osvetľovacej sústavy, iným spolupracujúcim sústavám alebo nadradenej sústave. Funkčnú schému adaptívneho osvetlenia znázorňuje obr. 1.

3 Väzby verejného osvetlenia v rámci inteligentných miest

Verejné osvetlenie má v koncepte inteligentného mesta „*smart city*“ významné postavenie. Je to dané najmä plošným, energetickým a v poslednom období aj komunikačným rozsahom. Z hľadiska plošného rozsahu je verejné osvetlenie na každej komunikácii a pokrýva celé územie mesta. Z energetického a komunikačného hľadiska vytvára potenciál pre napájanie implementovaných technológií (nabíjacie stanice, hotspots, kamerové systémy, snímače a pod.). Na obr. 2 sú znázornené príklady multifunkčných stožiarov, v ktorých sú integrované rôzne funkcie v kompaktnom vyhotovení.



Obr.1 Vstupno-výstupné vzťahy adaptívneho verejného osvetlenia



Obr.2 Príklady multifunkčných stožiarov verejného osvetlenia

Riešenie s multifunkčnými stožiarimi je kompaktné, estetické, s vysokou mierou interoperability a kompatibility. Podľa aktuálnych potrieb a požiadaviek sa dajú vyskladať „na mieru šité“ stožiare. Nevýhodou multifunkčných stožiarov je, samozrejme, ich vyššia cena.

Prevádzkovanie prepojených systémov a napr. aj multifunkčných stožiarov je odlišné od tradičných prístupov v tom, že vyžaduje nepretržité napájanie s individuálnym spínaním jednotlivých svietidiel. Centrálné spínanie verejného osvetlenia v nočných hodinách sa už nedá použiť, lebo pripojené prvky vyžadujú napájanie aj počas dňa.

4 Chceme mať inteligentné verejné osvetlenie!

Bežne sa stretávame s víziou vybudovať pre mesto alebo obec sústavu inteligentného osvetlenia s napojením na rôzne mestské služby. Motivácia má často korene v inšpirácii po návšteve nejakého (trebárs partnerského) mesta, pretože „oni už to majú“. Predstava o inteligentnom resp. smart verejnom osvetlení býva prinajmenšom skreslená, nezriedka úplne scestná. Tak to nie je len u nás, ale všade na svete. Súčasná technológia dáva bezhraničné možnosti pre adaptáciu, konektivitu, súbor služieb. Ale v konkrétnom prípade sa musí vybrať rámec pre vybudovanie systému a je nesprávne stavať ho na statických základoch. Veď práve variabilita systému je jeho najväčšou výhodou. Komplexné zabezpečenie všetkých služieb v úplnom rozsahu sústavy verejného osvetlenia mesta alebo obce je nielen neriešiteľný technický problém, ale najmä je to finančne neúnosné. Adaptívne osvetlenie treba chápať ako živý systém, ktorému treba vybudovať životaschopné jadro, to uviesť do života a následne ho rozvíjať. Sústava sa môže postupne rozširovať územne aj rozsahom služieb. Niektoré časti sústavy môže postupne odumierať a rodiť sa môžu nové prírastky. Všetky prvky musia byť koncipované tak, aby pri trvalej strate neohrozovali funkčnosť väčšej časti.

Sústavy adaptívneho osvetlenia musia byť rozvíjateľné, t. j. odolné budúcim zmenám (ujal sa anglický výraz „*future proof*“). Treba predpokladať, že napríklad súčasné komunikačné protokoly alebo rozhrania časom zastarajú a zavedú sa nové. Vzhľadom na zložitosť a rozľahlosť systému ako aj väzbu na iné systémy sa nedá predpokladať (alebo aspoň považovať za efektívne), že po nejakom čase sa systém kompletne prebuduje. Naopak, nové štandardy sa dajú postupne zavádzať, istý čas budú existovať popri sebe viaceré štandardy a tie staršie sa budú postupne vyradovať. Podobne ako sa v súčasnosti rozvíjajú napríklad mobilné siete.

Systém musí byť dostatočne variabilný, aby dokázal reagovať na súbor dostupných informácií a vedel si poradiť bez nedostupných informácií. Ak pridáme do systému nový senzor alebo funkčnosť, zvýši sa kvalita rozhodovacích procesov a adaptácie celkovo. Pokiaľ zo systému odoberieme nejaký prvok, napríklad snímač, dôjde k strate väzby riadenia na tento snímač (väčšinou lokálne), ale zostane zachované riadenie podľa iných kritérií.

Multifunkčné stĺpy sú veľmi účinným konceptom, pretože integrujú v sebe viaceré prvky a funkcie. Ak sa však pozrieme bližšie na konkrétne technické riešenia, nájdeme množstvo nedostatkov vyplývajúcich z neznalosti problematiky. Za také sa dajú považovať aj tzv. „inteligentné svietidlá“. Svietidlo alebo stĺp s integrovaným senzorom hluku alebo kvality ovzdušia síce môžu pôsobiť „inteligentným“ dojemom, ale v skutočnosti len komplikujú konštrukciu svietidla. Treba si uvedomiť, že senzory musia byť umiestnené tam, kde je potrebné príslušné faktory prostredia zisťovať. Úplne iná bude úroveň hluku vysoko na stožiaroch,

ako v miestach pohybu ľudí. Rozdielna bude aj prašnosť (častice PM_{2,5} a PM₁₀). Vôbec nie je nevyhnutné takéto snímače integrovať do svietidiel.

Snáď najtypickejším javom pri koncipovaní adaptívneho osvetlenia je lokálne zvyšovanie úrovne osvetlenia v mieste detekcie. Ak ide o osvetlenie pre motorizovanú premávku, svietiť na strechu vozidla je skutočne zbytočné, nepomôže ani osvetlenie okolia vozidla do nejakej vzdialenosti. Treba sa oprieť o zrakové potreby vodičov v zmysle príslušných metodík CIE (CIE 100, CIE 115, CIE 140) a súboru noriem EN 13201: vodič potrebuje dobre vidieť predovšetkým výpočtové pole medzi dvomi osvetľovacími stožiarimi, nachádzajúce sa pred ním vo vzdialenosti 60 m, pričom jazdou sa toto pole dynamicky posúva. Samozrejme, potrebuje vnímať aj situáciu pred a za týmto poľom a v spätnom zrkadle aj za sebou, ale pozornosť upriamuje práve na vyššie uvedený úsek komunikácie. K osvetleniu tohto úseku prispieva niekoľko svietidiel v rade, podľa smernice CIE 140, pričom hodnotiacim kritériom je jas. Takéto osvetlenie súčasné inštalácie adaptívneho osvetlenia nezabezpečujú. Chýba tu predovšetkým väzba riadiaceho systému na svetelnotechnické chápanie osvetľovacej úlohy.

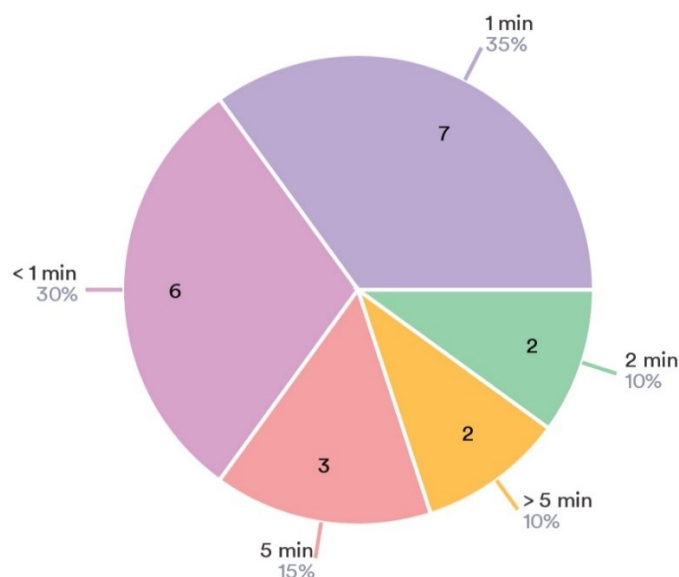
Na osvetlenie prechodov pre chodcov sa adaptívne systémy osvetlenia dajú veľmi dobre využiť. Pomerne intenzívne osvetlenie nie je pre vnímanie vodiča počas jazdy výhodné, pokiaľ je zbytočné. Dobré adaptívne osvetlenie ignoruje prechod pre chodcov v prípade, že nedeteguje žiadneho chodca v okolí. Keď sa objaví, aktivuje sa osvetlenie prechodu. V ideálnom prípade by sa mali upraviť aj parametre verejného osvetlenia na úseku komunikácie v blízkosti prechodu tak, aby boli s osvetlením prechodu čo najviac zladené. Výstražná svetelná značka môže vhodne doplniť osvetlenie prechodu, vrátane napojenia na detekciu chodcov. Takéto systémy sú na Slovensku inštalované a sú dobrým príkladom adaptívneho osvetlenia, i keď lokalizovaného. Nájdu sa aj presne opačné prípady, keď sa platforma prechodu zamieňa so svetelnou diskotékou na vozovke; navyše, verejne sa takéto riešenia prezentujú ako najbezpečnejší prechod na svete! A takýmto svetovým unikátom sa môže pochváliť práve Slovensko.

5 Dotazníkový prieskum názorov na aplikáciu adaptívneho verejného osvetlenia

V rámci workshopu na tému adaptívneho verejného osvetlenia (ARL) na online kongrese CIE 2021 (dňa 27.9.2021) bol vykonaný dotazníkový prieskum názorov medzinárodne uznávaných odborníkov na zásadné tézy aplikácie takýchto systémov. Najdôležitejšie závery možno zhrnúť do týchto bodov:

- ARL predstavuje komplexný systém, ktorého úlohou je spínať a/alebo ovládať osvetlenie v závislosti od rôznych podmienok, ktorých údaje sú k dispozícii.
- Adaptívne verejné osvetlenie je najbežnejším a najvhodnejším výrazom pre takéto systémy, nasledovaný chytrým/inteligentným osvetlením.
- Najuznávanejšími motivačnými výhodami ARL sú v rovnakej miere úspory energie a zníženie emisií rušivého svetla.
- ARL sa vo všeobecnosti hodí pre všetky typy pozemných komunikácií.
- ARL nepredstavuje zhoršenie úrovne bezpečnosti, pokiaľ je osvetlenie v súlade s normami.

- Najnižšia aplikovateľná trieda osvetlenia je najvhodnejšou úrovňou stmievania osvetlenia v obytných oblastiach, keď určitý čas nebola detegovaná žiadna premávka. 10 % nominálnej triedy osvetlenia je takisto možnosťou na zväženie.
- O minimálnej úrovni osvetlenia na mimomestských (vidieckych) komunikáciách v čase bez detegovanej premávky neexistuje názorová zhoda. Aj úplné vypnutie osvetlenia pripadá do úvahy jako rovnocenné opatrenie.
- Čas prechodu medzi dvomi úrovňami osvetlenia by mal byť okolo 1 minúty (obr. 3).
- Regulácia svietidiel smerom nahor (zvýšenie úrovne osvetlenia) v smere jazdy je prijateľná. U niektorých respondentov s podmienkou, že svietidlá sa nenachádzajú v zornom poli.
- Blízke osvetľovacie systavy ako je osvetlenie protismerných pruhov (napríklad pri smerovo rozdelených komunikáciách) alebo súbežných komunikácií apod. nesmú mať odlišnú úroveň osvetlenia.
- Vlhký/mokrý povrch vozoviek nie je dôvodom na použitie nižších tried osvetlenia.



Obr.3 Výsledky dotazníkového prieskumu o čase prechodu medzi dvomi úrovňami osvetlenia

6 Výskum a normalizácia základných požiadaviek na adaptívne verejné osvetlenie

6.1 Východiská

Celé desaťročia bolo bežnou úlohou verejného osvetlenia zabezpečiť správne osvetlenie s parametrami potrebnými pre najnáročnejšiu zrkovú úlohu, ktorá sa v danej aplikácii predpokladala. Možnosti zmeny alebo regulácie úrovne osvetlenia, rozloženia jasov alebo farby svetla boli značne obmedzené. Keďže vonkajšie podmienky sa v čase menia, vždy bolo žiaduce adaptovať osvetlenie aktuálnym podmienkam, doterajšia technológia to však neumožňovala. Pokroková LED technológia vo verejnom osvetlení nemá prakticky žiadne obmedzenia, preto sa natíska zásadná otázka – ako definovať potreby užívateľov a ako nastaviť osvetľovaciu sústavu, aby bola adaptívna a inteligentná. Úlohou adaptívneho

osvetlenia je prispôbiť holistickým spôsobom celý súbor parametrov osvetlenia aktuálnym potrebám užívateľom v závislosti od aktuálnych podmienok ako je hustota premávky, zloženie užívateľov, klimatické podmienky a počasie, preferencie užívateľov atď. – ktoré sa menia v mieste aj čase. Dynamické zmeny sa dajú prednastaviť, naprogramovať alebo manuálne ovládať, je to však práve adaptívne osvetlenie, ktoré dokáže využiť možnosti dynamického riadenia a vyzdvihnúť ich na vyššiu úroveň. Technológia adaptívneho osvetlenia je čiastočne už k dispozícii na trhu, správne použitie tejto technológie však ešte nebolo zavedené, preto existujú riziká, že niektoré aplikácie môžu nepriaznivo vplyvať na užívateľa alebo dotknuté subjekty alebo plný potenciál adaptívneho osvetlenia zostane nevyužitý. Preto je nevyhnutné vypracovať a zaviesť základné normy v tejto oblasti.

6.2 Motivácia a zdôvodnenie výskumu

Pre návrh, montáž, uvedenie do prevádzky, prevádzku a údržbu adaptívneho riadenia verejného osvetlenia a podobných aplikácií vonkajšieho osvetlenia je potrebné zabezpečiť správnu a efektívnu interoperabilitu osvetľovacej sústavy s inými súvisiacimi sústavami, t. j. vytvoriť rámcové podmienky a požiadavky pre takúto prevádzku a spoluprácu. Základné vedecké práce v tejto oblasti si berie na zodpovednosť Medzinárodná komisia pre osvetlenie CIE, pripravuje vytvoriť jednu dedikovanú technickú správu venovanú problematike adaptívneho verejného osvetlenia, ďalšie nové technické správy a revízie existujúcich technických správ na podporu adaptívneho verejného osvetlenia (napríklad aktualizované požiadavky na verejné osvetlenie, požiadavky na zábranu alebo obmedzenie rušivého svetla, optimalizácia verejného osvetlenia atď.).

Rýchly technologický vývoj v tejto oblasti a nesmierna popularita smart osvetlenia v cieľovej skupine užívateľov vedie k neustálemu nárastu dopytu po riešeniach s adaptívnym osvetlením, z čoho vyplýva potreba až nevyhnutnosť urgentného vypracovania a publikovania vhodných technických noriem. Pokiaľ architektúra systému, otvorené komunikačné protokoly, vlastnosti produktov atď. sa majú riešiť v príslušných medzinárodných normalizačných komisiách (napr. IEC, ITU), úlohou CIE je zamerať sa na fotometrické požiadavky, aplikácie osvetlenia a aspekty osvetľovacích sústav tak vo vlastnej réžii, ako aj v spolupráci s ISO a/alebo IEC a vytvoriť tak medzinárodné normy, ktoré by riešili tieto hľadiská a definovali by jasné a stručné požiadavky na adaptívne riadenie verejného osvetlenia.

6.3 Kľúčové otázky, na ktoré má výskum dať odpoveď

CIE v rámci svojej výskumnej stratégie definovala tieto kľúčové otázky:

- Aký vplyv má adaptívne osvetlenie na správanie sa alebo reakcie užívateľov, napríklad vnímanie priestoru alebo bezpečnosť vodiča?
- Ako sa má osvetlenie prispôbiť (adaptovať) na prevažujúce podmienky, aby bolo osvetlenie optimálne? Napríklad:
 - Dokáže sústava detegovať individuálne potreby pre meniace sa zrakové podmienky?
 - Dokáže sa osvetlenie meniť v závislosti od zloženia premávky, hustoty premávky a klimatických podmienok?
- Aký vzťah je medzi nastavením osvetlenia a bezpečnosťou a komfortom užívateľa?
- Aké druhy a úrovne dynamického riadenia sú akceptovateľné v osvetľovacej sústave?

- Aké druhy vstupných údajov a spätných väzieb (napríklad monitorovanie jasov povrchu vozovky, fotobunky, pohybové snímače, algoritmy pre integrované multisenzorové vstupy, automatická detekcia porúch) sú potrebné na zaistenie použiteľnosti sústavy?
- Aké sú prevádzkové náklady a náklady na spotrebu energie? Aké sú ďalšie prínosy adaptívneho verejného osvetlenia?
- Majú adaptívne osvetľovacie sústavy aj iné ekologické prínosy okrem úspor energie?

6.4 Ciele a zámery výskumu

Cieľom výskumu je špecifikovať požiadavky na adaptívne verejné osvetlenia na základe rôznych podmienok a vstupných údajov z poľa snímačov a pripojených sústav s ohľadom a s prispôbením na zvláštne požiadavky rôznych skupín a rôzneho zloženia užívateľov.

V užšom ponímaní je zámerom výskumu určiť, aké informácie (vstupné údaje) sú potrebné na adaptívnu reguláciu užívateľsky prispôbeného verejného osvetlenia a aké informácie (výstupné údaje) sa dajú poskytnúť na sprostredkovanie odozvy systému na aktuálne požiadavky. Zámerom je tiež určiť, ako prispôbiť parametre osvetlenia v závislosti od všetkých dostupných relevantných informácií prostredníctvom prepojenia vstupných a výstupných údajov. Treba vytvoriť dobrý teoretický základ, ktorý bude otvorený budúcim zlepšeniami a rozšíreniami.

V CIE bola založená technická komisia TC4-62 „Adaptívne verejné osvetlenie“ (*Adaptive Road Lighting*). CIE koordinuje túto aktivitu s Medzinárodnou normalizačnou komisiou ISO/TC274 Svetlo a osvetlenie, pričom CIE je poverená vykonaním základných teoretických prác.

6.5 Predpokladané dopady výskumu

Technologické prínosy: Technická správa bude podkladom na vypracovanie aplikačnej normy, ktorá bude obsahovať informácie potrebné na vytvorenie vstupno-výstupného rozhrania medzi osvetľovacou sústavou a inými príslušnými systémami na zabezpečenie bezproblémovej, spoľahlivej a efektívnej interoperability s nadradeným konceptom inteligentného mesta. Riadenie osvetlenia na základe dostupných informácií bude optimalizované vzhľadom na aktuálne zloženie účastníkov premávky a užívateľov vonkajšieho priestranstva v danom mieste. Dokument prispeje k lepšej kvalite produktov, systémov, služieb ako aj k ich kompatibilitate. Jedným z hlavných prínosov adaptívneho osvetlenia bude významný potenciál zníženia spotreby energie na osvetlenie.

Sociálne prínosy: Parametre osvetlenia prispôbené užívateľom zvýšia ich zrakový výkon, zlepšia zrakovú pohodu, vzhľad a dobrý pocit pri pobyte vo vonkajšom prostredí. Dobré osvetlenie spolu s ďalšími inteligentnými službami napomáha zlepšovať spoločenskú komunikáciu a minimalizovať nevhodné a prípadne až kriminálne správanie.

Prínosy pre životné prostredie: Optimálnym riadením sa dajú minimalizovať vedľajšie účinky verejného osvetlenia ako napríklad interakcia s obyvateľmi (vrátane osvetlenia prenikajúce dovnútra domácností), faunou a flórou a astronomickými pozorovaniami v kritických časových úsekoch. Vďaka zníženiu spotreby energie budú výrazne nižšie aj emisie oxidu uhličitého do ovzdušia.

6.6 Od výskumu k normalizácii

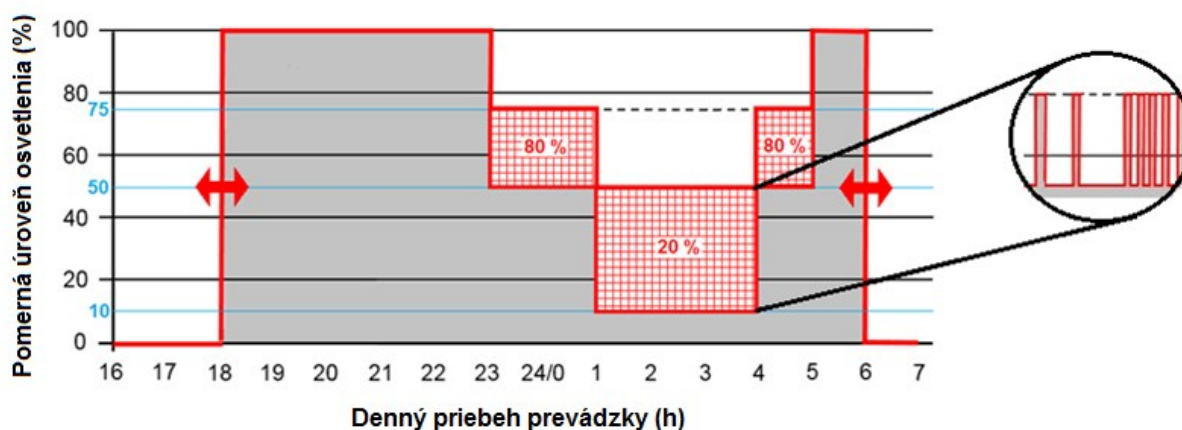
Po vyriešení prvej etapy, kde sa vytvorí teoretický základ pre adaptívne osvetlenie a stanovia sa základné požiadavky na sústavy adaptívneho osvetlenia s ohľadom na zrakové aj

mimozrakové potreby užívateľov a ostatných dotknutých subjektov, bude k dispozícii relevantný podklad pre stanovenie hodnôt, dohodnutých metód a postupov, čiže vypracovanie normatívneho dokumentu. Smart osvetlenie je medziodborový problém, zahŕňa napríklad aj systémovú architektúru, otvorené komunikačné protokoly, technológie riadenia osvetlenia, interoperabilitu s inými systémami, preto je zrejme, že na vypracovaní noriem sa budú zúčastňovať viaceré normalizačné organizácie. Toeretický základ je v súlade s aktuálnou výskumnou stratégiou CIE – konkrétne Prioritná téma č. 5 „Adaptívne, inteligentné a dynamické osvetlenie“. Druhá, normalizačná, etapa je predmetom normalizačnej stratégie CIE, ktorú CIE realizuje aj v spolupráci s ISO/TC274.

7 Prevádzkový profil adaptívneho verejného osvetlenia

V ére sodíkových výbojok vo verejnom osvetlení sa používala neregulovaná sústava alebo neskôr voliteľne aj dvojúrovňová napäťová regulácia so znížením príkonu približne o 30 % (zodpovedajúce zníženie svetelného toku a teda aj osvetlenosti a jasnosti je až 50 %). Dnes sa za štandard systémov so stmievaním osvetlenia považuje trojúrovňová regulácia. Ak sa navyše použijú snímače detekcie vozidiel alebo chodcov (podľa typu komunikácie), v čase bez detekcie sa osvetlenie reguluje na minimálnu, tzv. udržiavanú úroveň. Príklad štvorúrovňového profilu so snímačmi je na obr. 4. Detekcia vozidiel má v profile stochastický charakter. Na výpočet energetickej hospodárnosti osvetlenia (podľa normy EN 13201-5) a podobné technicko-ekonomické analýzy sa musí uvažovať o určitej pravdepodobnosti detekcie, ktorá sa dá zisťovať monitorovaním premávky alebo odhadovať na základe vierohodných predpokladov.

Ukazovateľ ronej potreby energie na osvetlenie AECI podľa EN 13201-5 sa dá nahradiť činiteľom prevádzky osvetlenia c_{op} , ak sa niektorý riadiaci režim dá vzťahovať na režim plnej prevádzky. V tabuľke 1 sú uvedené hodnoty činiteľa pre vybrané riadiace profily za stanovených predpokladov uvedených v tabuľke c_{op} .



Legenda

 pravdepodobnosť detekcie (%)

Obr.4 Príklad štvorúrovňového riadiaceho profilu osvetlenia so snímačmi

POZNÁMKA Časy spínania na obr. 4 (zapnutie o 18:00, vypnutie o 06:00) závisia od dňa v roku, zemepisnej polohy a ako použitý systém riadenia osvetlenia (jednoduchý časový spínač, astronomické hodiny, fotobunka atď.) zohľadňuje sezónne zmeny

Typ prev. profilu	Popis profilu	c_{op} (%)
Neregulovaný plný	4 000 h prevádzky pri plnom príkone	100,0
Dvojúrovňový	2 175 h pri plnom príkone a 1 825 h pri 70 % systémového príkonu, typického pre napäťovú reguláciu sodíkových výbojok	86,3
Dvojúrovňový	1 810 h pri plnom príkone a 2 190 h pri 75 % systémového príkonu, zodpovedajúceho zníženiu o jednu triedu osvetlenia	86,3
Trojúrovňový	1 810 h pri plnom príkone, 1 095 h pri 75 % systémového príkonu a 1 095 h pri 50 % systémového príkonu, obe zníženia zodpovedajúce zníženiu o následnú triedu osvetlenia	79,5
Trojúrovňový so senzormi	1 810 h pri plnom príkone, 1 095 h dvojúrovňového riadenia medzi 75 % a 50 % systémového príkonu s pravdepodobnosťou detekcie 80 %, a 1 095 h pri 50 % systémového príkonu	78,1
Dvojúrovňový	1 810 h pri plnom príkone a 2 190 h pri 50 % systémového príkonu zodpovedajúceho zníženiu o dve triedy osvetlenia	72,6
Štvorúrovňový so senzormi	1 810 h pri plnom príkone, 1 095 h dvojúrovňového riadenia medzi 75 % a 50 % systémového príkonu s pravdepodobnosťou detekcie 80 % a 1 095 h zníženého dvojúrovňového riadenia osvetlenia medzi 50 % a 10 % systémového príkonu s pravdepodobnosťou detekcie 20 %	69,3

Tab.1 Typické hodnoty činiteľa prevádzky osvetlenia c_{op} (%) pre rôzne prevádzkové profily

Činiteľ c_{op} sa dá použiť ako miera úspor energie pri aplikovaní daného typu riadenia, čo je doplnok činiteľa c_{op} do 100 %. Napríklad pre príklad profilu na obr. 4 sa z posledného riadku tab. 1 dá určiť potenciál úspory energie vo výške 30 %. Treba si uvedomiť, že ide o úsporu energie za ročný prevádzkový čas a nie úsporu v reálnom čase, ktorá je samozrejme oveľa vyššia. Počas ročnej prevádzky významnú časť profilu tvorí režim plnej prevádzky, preto celkové úspory nie sú také vysoké, nie však demotivujúce. O týchto skutočnostiach ale treba vedieť a nemrhať prehnaným optimizmom.

8 Požiadavky na výhľadové riešenia adaptívneho verejného osvetlenia

Kedže založenie spoľahlivých principiálnych základov adaptívneho verejného osvetlenia a potreba transferu týchto princípov širokej odbornej verejnosti sú veľmi naliehavé, ešte pred vydaním smernice (technickej správy) CIE sa uvažuje s vypracovaním a zverejnením technickej informácie v prvom kvartáli 2022. Technická informácia má pracovný názov „Predbežné odporúčania pre nastavenie adaptívnych systémov verejného osvetlenia“. Cieľom dokumentu je poskytnúť predbežné odporúčania na inštaláciu, nastavenie a použitie rozvojových systémov adaptívneho osvetlenia s ohľadom na požiadavky rôznych skupín užívateľov, a tým sa vyvarovať aplikácii mylných, zavádzajúcich konceptov a ich nesprávnej implementácii. Technická informácia má riešiť:

- definíciu adaptívneho verejného osvetlenia
- zavedenie úrovni adaptácie
- základný koncept systému
- prevádzkové profily osvetlenia – základné úvahy

- ktoré údaje sa dajú využiť na vstupnej strane systému
- ako prispôbiť parametre osvetlenia na výstupnej strane systému (kedy, kde a koľko)
- upozornenie na nesprávne praktiky
- potrebu väzby na diskkrétne úrovne osvetlenia (vo všeobecnosti) v závislosti od príslušnej triedy osvetlenia
- zavedenie a vysvetlenie trvale udržiavanej minimálnej úrovne osvetlenia v čase bez detekcie premávky
- ako nastaviť spínanie osvetlenia v hraničných časoch súmraku
- potrebu predimenzovania osvetlenia nad rámec menovitých úrovní osvetlenia pre prípad nepredvídateľných udalostí (práca na ceste, dopravná nehoda a pod.).

Uvedme si pracovné tézy vybraných položiek, ktoré dobre vykresľujú, kam sa uberá vývoj všeobecného konceptu adaptívneho verejného osvetlenia.

Architektúra adaptívnych systémov osvetlenia: Na základe vzájomného hierarchického usporiadania senzorov, aktorov a systémových zariadení môžeme systémy adaptívneho osvetlenia rozlišovať podľa miery centralizácie takto:

- Decentralizované systémy: priama komunikačná linka medzi senzormi a svietidlami pomocou logických adries. Výhodou je vzájomná nezávislosť jednotlivých súčastí, ľahká zmena štruktúry systému a pod., teda jednoduché prispôbenie pri budúcich zmenách. Neumožňuje však implementovať strategické riadiace scenáre.
- Centralizované systémy: Ústredná riadiaca jednotka sa umiestni napr. v rozvádzači RVO (najčastejšie) alebo v dispečingu a pod. Väčšina súčasných riešení je založených práve na tomto princípe. Výhodou je vysoká spoľahlivosť a možnosť aplikovať strategické riadiace scenáre. Slabou stránkou je existencia centrálného prvku (zálohovanie je nevyhnutné) a tendencia uchýliť sa k uzatvoreným proprietárnym systémom.
- Hybridné systémy sú kombináciou centrálnych riadiacich jednotiek s distribuovanými senzormi a svietidlami, kde všetky súčasti komunikujú navzájom, ale nositeľom algoritmov a logiky riadenia sú riadiace jednotky. Nevýhodou je existencia ústredných prvkov.
- Pokrokové distribuované systémy: Sú kombináciou decentralizovaných a centralizovaných systémov, ktoré však na rozdiel od hybridných systémov existujú bok po boku a pôsobia simultánne. Pole senzorov poskytuje informácie a smeruje ich priamo do poľa svietidiel, do systémov tretích strán (odpadové hospodárstvo, parkovanie, riadenie dopravy atď.) a tiež do centrálnych riadiacich jednotiek, ktoré po ich spracovaní zabezpečia strategické riadenie. Pole svietidiel prijíma informácie priamo z poľa senzorov a súčasne aj z centrálnych jednotiek. Reagujú podľa dôležitosti prijatých údajov a informácií. Všetky smerované informácie sú opatrené úrovňou priority, ktorá vyjadruje, ako dôležitá je daná informácia alebo ktorá informácia má vyššiu dôležitosť v prípade protichodných požiadaviek (kolízie). Teda základ tvorí decentralizovaná komunikácia, ktorú dopĺňa strategickým riadením centrálna jednotka ako jedna zo súčastí decentralizovaného systému.

Rozsah účelu použitia: Pre jednotlivé súčasti osvetľovacej sústavy treba definovať rozsah účelu využitia, t. j. na aké účely sa má osvetľovacia sústava používať, aby bolo osvetlenie funkčne adaptívne. Na každý účel sa môže zriadiť dedikovaná osvetľovacia sústava, ale výhodou adaptívnych systémov je práve možnosť kombinácie funkčného využitia v rámci jednej osvetľovacej sústavy. Variabilitu účelu využitia osvetľovacích sústav demonštruje tabuľka 2.

Účel	Popis
Funkčné osvetlenie	Osvetlenie pre zrakový výkon a zrakovú pohodu
Architektonické osvetlenie	Vytvorenie príjemného svetelného prostredia a/alebo ovzdušia
Núdzové osvetlenie	Zrakový výkon v podmienkach núdze
Signalizácia	Poskytovanie informácií dôležitej hodnoty (nielen dopravné svetelné značenie, ale aj použitie bežných svietidiel verejného osvetlenia na signalizačné účely)
Navigácia	Svetelné navádzanie
Komunikácia	Poskytovanie sieťového pripojenia (LiFi)
Zábava	Hra svetla a farieb

Tab.2 Variabilita účelu využitia osvetľovacích sústav

Úrovne priority: Výber vhodného svetelného scenára môže využívať viaceré mechanizmy: preddefinované riadiace profily osvetlenia, úrovne priorít, časové známky. Pri strete protichodných požiadaviek sa dá použiť napríklad riadenie prioritných úrovní podľa tab. 3.).

Úroveň	Popis	Príklady
10	Kritická	Riziko zlyhania kritickej infraštruktúry, strata mnohých životov alebo strata nenahraditeľných hodnôt (kultúrneho dedičstva, mimoriadne vysokých hospodárskych škôd apod.)
9	Mimoriadne núdzová	Prírodné alebo ľudské pohromy, kalamity
8	Núdzová	Dopravné nehody, prejazd záchranných vozidiel
7	Výstražná	Práca na ceste, dopravné zápchy, hmla, hustý dážď alebo sneženie
6	Vysoká	Inštitucionálne priority, manuálne premostenia
5	Normálna	Normálne podmienky
4	Nízka	Osobné preferencie
3	Informatívna	Turistická podpora, info služby miestnym obyvateľom, reklama
2	Archívna	Monitorovanie údajov pre štatistické účely
1	Nestála	Všetky ostatné krátkodobé požiadavky nízkej priority

Tab.3 Navrhované úrovne priority požiadaviek pri adaptívnom stanovení úrovne osvetlenia

Literatúra a odkazy

- [1] BOYCE, P.R., FOTIOS, S., RICHARDS, M. 2009. Road lighting and Energy saving. Lighting Res. Technol., 41, 245-260
- [2] SOKANSKY, K., NOVAK, T. 2008. Energy savings in public lighting. Przegląd Elektrotechniczny, 8/2008, 72-74
- [3] SKODA, J. & BAXANT, P. 2009. The reduction in electricity consumption through proper lighting. In proc.: EPE 2009, Brno: Brno University of Technology, 1-4
- [4] GAŠPAROVSKÝ, D.: Calculation of the Operation Time of Road Lighting. In proc.: CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light": Paris, France, 15-16 April 2013, Vienna: CIE, 2013, ISBN 978-3-902842-44-2, pp. 999-1008
- [5] GAŠPAROVSKÝ, D.: Energy Performance Numerical Indicators of Public Lighting. In proc.: „Svetlo - Light 2013", Bratislava: KONGRES Management s.r.o., 2013, ISBN 978-80-89275-35-9, pp. 291-301
- [6] CIE 2020. CIE S 017/E:2020. ILV: International Lighting Vocabulary, 2nd Edition. Vienna: CIE
- [7] CIE 1992. CIE 100-1992. Fundamentals of the Visual Task of Night Driving. Vienna: CIE
- [8] CIE 2010. CIE 115:2010. Lighting of roads for motor and pedestrian traffic. Vienna: CIE
- [9] CIE 2019. CIE 140:2019. Road Lighting Calculations, 2nd Edition. Vienna: CIE
- [10] CEN 2014. CEN/TR 13201-1:2014. Road lighting - Part 1: Selection of lighting classes. Brussels: CEN
- [11] CEN 2015. EN 13201-2:2015. Road lighting - Part 2: Performance requirements. Brussels: CEN
- [12] CEN 2015. EN 13201-3:2015. Road lighting - Part 3: Part 3: Calculation of performance. Brussels: CEN
- [13] CEN 2015. EN 13201-5:2015. Road lighting - Part 2: Energy performance indicators. Brussels: CEN

Přenos informačního toku po světelném paprsku v automobilovém průmyslu

Stanislav Hejduk, Jan Látal, Lukáš Hájek, Aleš Vanderka, Tomáš Stratil
Katedra telekomunikační techniky, VŠB – TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba.

Abstrakt

Tento článek pojednává o nových možnostech využití LED světelných zdrojů v automobilovém průmyslu pro možnosti komunikace viditelným spektrem VLC (Visible-Light-Communication). Popisuje možnosti využití této technologie v rámci komunikace mezi vozidly V2V (Vehicle-to-Vehicle) infrastrukturou a vozidlem I2V (Infrastructure-to-Vehicle), směrem od vozidla k infrastruktuře V2I a zejména pak chování této komunikace v reálném provozu.

1 Úvod

S rozvojem LED osvětlení v automobilovém průmyslu přicházejí nové možnosti nejen z hlediska životnosti a úspory energie, ale také z hlediska komunikace. V moderních automobilech se LED diody staly v podstatě standardem nejen pro zadní, ale i pro přední reflektory. Tento nově vzniklý standart navíc bude do budoucna nejspíše nahrazen lasery. Polovodičové řešení přináší a automobilovém průmyslu mnoho výhod, ale současně i nevýhod. Podobně je tomu i při přidání možnosti komunikace VLC. Oproti laboratorním podmínkám, kdy není problém dosahovat až neuvěřitelných hodnot, se totiž v reálném nasazení setkáme s jistými omezeními. V příštích několika kapitolách si tak projdeme nejen výhody využití VLC komunikace v automobilovém průmyslu, resp. pro potřeby veřejného osvětlení (VO), ale také její základní omezení v reálném provozu.

2 Princip funkce

Pokud začneme od začátku, tak je třeba nejprve vysvětlit podstatu komunikace viditelným spektrem (VLC) pomocí LED diod. LED diody se, na rozdíl od žárovek a podobných zdrojů, vyznačují extrémně rychlou reakční dobou při zapínání/vypínání. Doba sepnutí/vypnutí LED diod se v podstatě pohybuje pod hranicí 1 mikrosekundy od přivedení/odpojení napájení. Pro přenos dat je tak reakce více než dostatečná. Při napájení LED je pak nejde ani tak o maximální hodnoty procházejícího proudu, ale spíše o jeho střední hodnotu. Pokud tedy LED dioda 50% času nesvítí, pak může zbylých 50% času svítit na 200%. Při dodržení stabilní střední hodnoty signálu a dostatečně rychlých změnách pak lidské oko není schopno takovou komunikaci detekovat a proto není vnímána rušivě. Modulační formáty tak v případě VLC musí být vybírány velmi pečlivě a ideálně tak, aby střední hodnotu udržovaly stabilní už ze své podstaty. Nejjednodušším příkladem je kódování Manchester, nebo některé z dalších schémat popsané například v doporučení IEEE 802.15.7 [1], které v minulých letech dočkalo aktualizace. Nyní, když máme teoreticky hotové vysílání informace doslova rychlostí světla, je otázka, co vlastně potřebujeme/chceme vysílat. Aktuální podoby VLC komunikace jsou zaměřeny spíše na krátkodobý přenos dat na krátké vzdálenosti. Data se nenápadně "schovávají" do běžné funkce veřejného osvětlení a osvětlení automobilů. Pro možnost komunikace tak musí LED diody svítit, což by pro trvalý přenos znamenalo udržování veřejného osvětlení/svícení automobilu v zapnutém stavu. Což je stav, ve kterém se vlastně jejich provoz nikdy nepředpokládal (s výjimkou denního svícení u vozidel). Namísto oblíbených požadavků typu připojení k vysokorychlostnímu internetu se tak ocitáme spíše v režimu

přenosu telemetrie. Tedy přenosu systémových dat určených spíše ke zvýšení bezpečnosti, nebo pohodlí řidiče.

Příklady informací přenášených v rámci komunikace mezi vozidly/infrastrukturou:

- I2V - komunikace směrem od infrastruktury (svítidla VO) k vozidlu
 - GPS navigace - každé svítidlo (nejen VO) má v rámci planety svou pevnou polohu. Pokud bude tuto polohu vysílat, tak získáme možnost navigace nejen v otevřených prostorech, ale také uvnitř budov, v tunelech, atd.
 - Informace o dopravní situaci - informace o omezeních, nehodách, navigace na objížděných trasách, atd.
- V2I komunikaci od vozidla směrem k infrastruktuře
 - Stav nouze - nehody a jiné problémy.
 - Permanentní sledování polohy a rychlosti vozidla - pokud bude vozidlo pravidelně předávat unikátní identifikační informace (např. VIN) bude systém moci jednoduše najít pohybující se "odcizené" vozidlo, případně vyhodnotit průměrnou rychlost v rámci daných úseků.
- V2V komunikace mezi vozidly
 - Aktivace nouzového brzdění.
 - Informace pro adaptivní tempomat.
 - Odstavené vozidlo/havárie.
 - Krátké zprávy ostatním řidičům.



Obr.1 Přední/zadní LED svítilny.

3 Problematika reálné VLC komunikace

VLC komunikace mimo laboratorní podmínky se obvykle musí vypořádat s následujícími problémy:

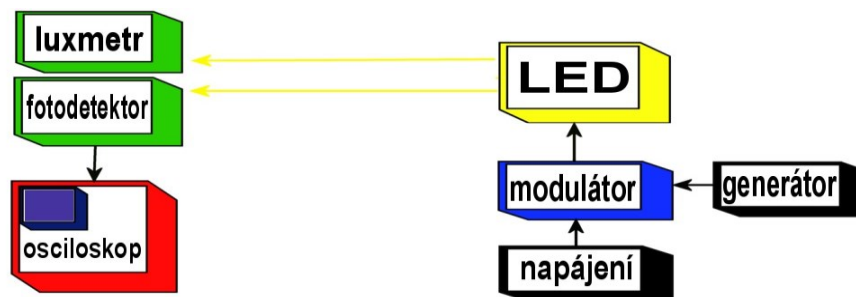
- Přímá viditelnost (vysílaný signál má možnost dopadnout přímo na fotodetektor)

- Ideální místo pro umístění přijímače se nachází v místech, kde lze zajistit čistý výhled. Do těchto míst ale přední světlomety většinou nesměřují. Přijímací fotodetektory tak musí být mnohem níže, kde hrozí vyšší znečištění při provozu.
- Rušení okolním osvětlením
 - Komunikace viditelným světlem logicky přináší problém, kdy každé viditelné světlo, které nenese užitečnou informaci, je možno považovat za zdroj rušení.
- Přenosová rychlost vs. citlivost detektoru vs. dosah
 - pokud budeme zvyšovat citlivost fotodetektoru, získáme sice vyšší dosah, nicméně maximální dosažitelná přenosová rychlost úměrně tomu poklesne.

4 Měření

V rámci měření jsme se zaměřili zejména na problematiku kompromisu mezi omezením komunikační frekvence a citlivostí fotodetektoru. Při měření byl použit fotodetektor, který umožňoval nastavení citlivosti/zesílení (Thorlabs PDA36A-EC). Cílem pak bylo nalézt odpovídající limity přenosové rychlosti a minimální intenzity osvětlení pro jednotlivá nastavení.

Na druhé straně pak bylo nalezení odpovídajících limitů saturace fotodetektoru. Tedy hodnoty okolního osvětlení, která znemožní detekci užitečného signálu přebuzením samotného fotodetektoru. Čím vyšší zesílení je na detektoru nastaveno, tím dříve dojde k jeho saturaci a znemožnění komunikace. Pokud má komunikace probíhat i ve dne, tak musí být detektor schopen pracovat i na přímém slunečním světle.



Obr.2 Schéma měření.

4.1 Citlivost fotodetektoru

V této konfiguraci byl detektor umístěn v temné místnosti a LED svítidlo vysílalo sinusový signál, který měnil výkon LED diod o +/- 50%, v minimu tedy výkon klesl na 50% a v maximu vzrostl na 150%. Hranicí pro zastavení testu byl okamžik, kdy amplituda měřeného signálu klesla na 2mV, nebo se přiblížila k vlastnímu šumu fotodetektoru. Výsledkem je tabulka minimálních hodnot intenzity osvětlení dopadající na fotodetektor, při které je v ideálním případě možná komunikace.

Tabulka 1: Minimální intenzity osvětlení pro komunikaci (PDA36A-EC).

Hodnota zesílení	Intenzita osvětlení (pro 2mV)
0dB	100 lx

10dB	35 lx
20dB	18 lx
30dB	6 lx
40dB	2 lx
50dB	0,5 lx

4.2 Komunikační frekvence

Každé měření na jednotlivých nastaveních zesílení probíhalo v krocích po 100kHz při frekvencích signálu od 100kHz do 1MHz. Tyto hodnoty byly zvoleny z důvodu jejich snadné implementace do téměř libovolného LED svítidla. Omezení je ale v tomto případě především na straně fotodetektoru.

Tabulka 2: Omezení komunikačních frekvencí podle zesílení fotodetektoru.

Hodnota zesílení	Šířka pásma dle výrobce (-3dB)	Dosažená frekvence v rámci testu
0dB	10MHz	1MHz
10dB	5,5Mhz	1MHz
20dB	1MHz	1MHz
30dB	260kHz	500kHz
40dB	150kHz	200kHz
50dB	45kHz	100kHz

S použitým fotodetektorem tedy hranici 1MHz dosáhneme pouze do hodnoty zesílení 20dB a méně. Což rovněž přináší požadavek na více než 18 lx. A to navíc za ideálních podmínek, kdy v okolí nejsou jiné zdroje světelného záření, které by zvyšovaly podíl šumu.

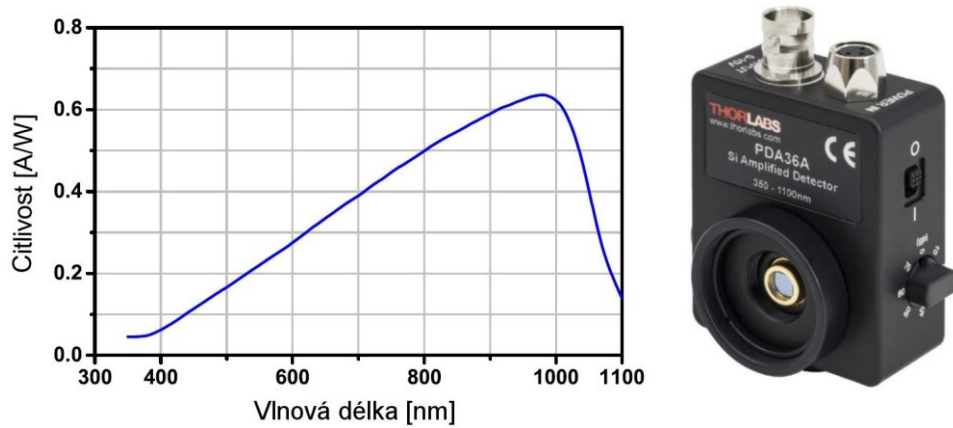
4.3 Saturace fotodetektoru

Toto měření ukazuje okamžiky, kdy hodnota okolního osvětlení byla příliš vysoká a fotodetektor dosáhl saturace. Nebyl tak schopen detekovat komunikaci o jakékoliv intenzitě, protože amplituda užitečného signálu se vždy pouze přičte k signálu z okolí. Hranice saturace použitého fotodetektoru je 10V. Pokud vycházíme z toho, že intenzita osvětlení za jasného dne snadno překročí hodnotu 100000 lx, tak jediná použitelná hodnota zesílení bude 0 dB. Tato hodnota již byla mimo rozsah měření *.

Tabulka 3: Limity saturace fotodetektoru.

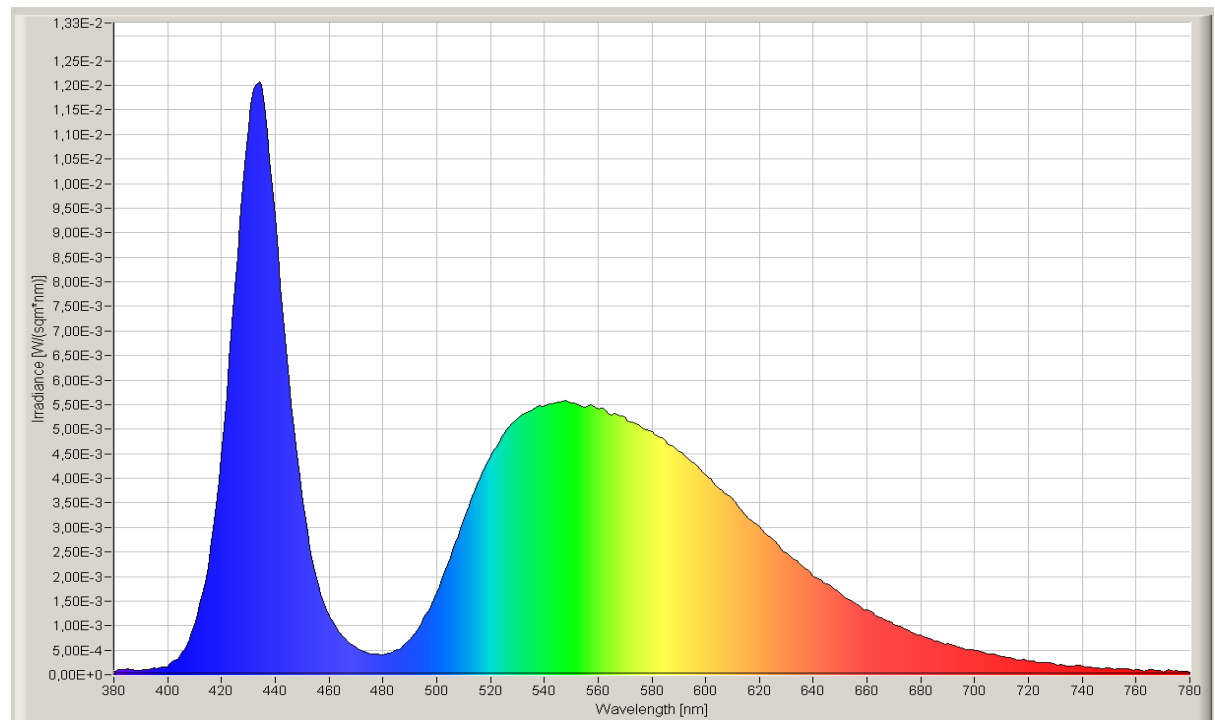
Hodnota zesílení	Saturace okolním světlem [lx]
0dB	>200000*
10dB	85000
20dB	27000
30dB	9000
40dB	3000
50dB	1000

Svou roli ve výsledcích hraje také spektrum dopadajícího světelného záření. Základním prvkem fotodetekce ve viditelném spektru je křemík, který je schopen detekovat vlnové délky v rozsahu 350-1100nm. A navíc je nejcitlivější právě v IR spektru kolem 950 nm.

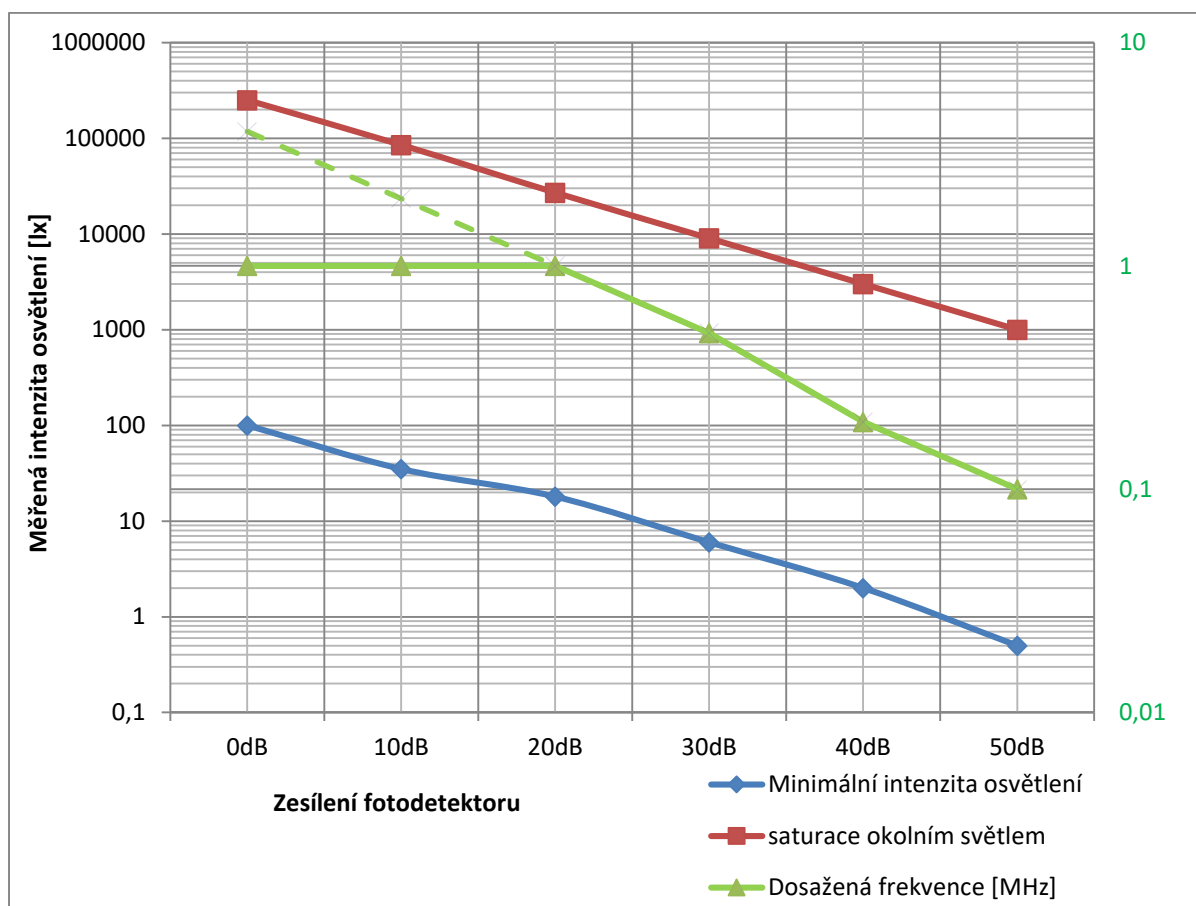


Obr.3 Spektrum fotodetektoru [2].

Denní světlo je sice také soustředěno poměrně nízko, nicméně je rovnoměrněji rozloženo a maxima dosahuje v pásmu 500 – 550nm. Výsledná citlivost fotodetektoru je tak vyšší, než u testované automobilové LED diody. Následující obrázek ukazuje spektrum testované LED diody. Vzhledem k tomu, že pro přední světla automobilů se používají spíše studenější teploty (v tomto případě 6000K), je zde výrazný podíl modré složky, na kterou fotodetektor reaguje jen minimálně. Většina informací se tak přenáší za přispění vrstvy luminoforu. Podíváme-li se na obrázek 5, získáme představu o fungování celého systému. Zejména při přepnutí jednotlivých os do logaritmického režimu. Pro fungování je tak potřeba se vždy držet mezi modrou spodní hranicí a červenou horní hranicí. Maximální použitelné frekvence pak jsou závislé obdobným způsobem. Během měření bylo sice měřeno jen do 1MHz, nicméně i zde lze předpokládat nárůst dle parametrů udávaných výrobcem.



Obr.4 Spektrum LED předního světlometu automobilu.



Obr.5 Graf naměřených výsledků.

5 Závěr

Ačkoliv komunikace viditelným spektrem na první pohled stále představuje víc problémů než užítka, jedná se o technologii, která má do budoucna svůj potenciál. Výhodou při použití v předních světlometech automobilu je totiž právě v tom, že tak máme k dispozici dostatek výkonu pro komunikaci. A právě dostatek výkonu je pro zajištění komunikace kritický.

Otázkou je v tomto případě, jak komunikovat směrem vzad, protože koncová světla tolik výkonu zdaleka neposkytují. Řešení je v tomto případě použití přijímací čočky, která může být nenápadně umístěna v předních světlometech. Čočka posbírá výkon z větší plochy a soustředí ho na fotodetektor. Oproti komunikaci se svítidly VO totiž vozidla většinou svírají velmi malý úhel. A přímé sluneční záření je v tomto případě možno omezit například stínítkem/clonkou.

Komunikace s infrastrukturou v podobě svítidel VO se pak řídí stejnými pravidly. Nevýhodou je umístění svítidel nad automobily, protože možnost omezit parazitní sluneční záření je pak téměř nemožné. Na druhou stranu ale svítidla VO nejsou za slunečných dní zapnuté, takže se možnost komunikace omezuje na období od soumraku do svítání.

6 Poděkování

Tento článek vznikl za podpory projektů SP2021/107, SP2021/45, CZ.1.07/2.3.00/20.0217, VI20172019071.

Literatura a odkazy (styl literatura)

- [1] IEEE 802.15.7. Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light. New York, USA: IEEE Computer Society, 2011. Dostupné z: <https://standards.ieee.org/develop/project/802.15.7.html>
- [2] Thorlabs PDA36A-EC Si switchable gain detector – User Guide. Dostupné z: <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=PDA36A-EC>

3D tlač svetidiel

Peter Janiga, Miloš Grega, Matej Cenký, Jozef Bendík

FEI STU v Bratislave, peter.janiga@stuba.sk, www.fei.stuba.sk

Abstrakt: 3D tlač je technológia, ktorej potenciál si uvedomujú viacerí dizajnéri aj inžinieri. Vzhľadom na široké možnosti, ktoré technológia predstavuje, sú praktické skúsenosti len málo prezentované. Príspevok prináša na dvoch príkladoch opis výroby prvkov svetidiel 3D tlačou. V teoretickej časti sú opísané materiály a technológie, ktoré sa na tlač používajú. Rozbor opisuje základné nástroje určené na modelovanie prvkov a vzájomne ich porovnáva. Na vytlačenej svetidlo a tienidlo sú ukázané riziká a obmedzenia, ktoré 3D tlač so sebou prináša. Na záver sú zhodnotené merania na goniofotometri s cieľom kvantifikovať rozdiely medzi klasickou výrobou a 3D tlačou.

1 Úvod

Výroba svetidiel prešla v posledných rokoch významnou zmenou v prechode na zdroje LED. Výrobcovia svetidiel sa museli adaptovať na nové podmienky aby dokázali navzájom konkurovať. V súčasnosti sa objavuje v priemysle ďalšia novinka v podobe 3D tlače. Táto technológia má už svoje miesto v mnohých odvetviach a objavujú sa aj prvé prínosy v oblasti svetelnej techniky. Ak chceme pochopiť potenciál 3D tlače pri výrobe svetidiel a prevádzkovaní svetelnej techniky, je potrebné sa najskôr pozrieť na potenciál, ktorý je využívaný v ostatných odvetviach:

- spotrebný tovar a marketing – výrobcovia nie sú nútený držať náhradné diely. V prípade potreby dokážu rýchlo vyrobiť potrebné komponenty. Na druhej strane je možné vyrábať personalizované alebo individuálne prispôbené komponenty, čo sa z obľubou využíva v oblasti marketingu
- automobilový a letecký priemysel – 3D tlač poskytuje tomuto odvetviu rýchlejší a nákladovo efektívnejší vývoj. Predvýrobné úlohy sa realizujú rýchlejšie a znižuje sa závislosť od externých dodávateľov.
- zdravotníctvo - medicínsky priemysel – v súčasnosti 3D tlač dokáže spĺňať aj prísne medicínske kritériá. Tlač sa využíva na výrobu implantátov (napr. zubné) a podporných prístrojov (napr. načúvacie prístroje) a doplnkov (napr. ortopedické vložky) presne podľa potrieb konkrétnej osoby. V súčasnosti sa už experimentuje aj s tlačou kože, kostí, tkanív ale aj liečiv.
- stavebný priemysel – v minulosti sa využívala 3D tlač najmä na architektonické prototypy. V súčasnosti sa bežne tlačia komplikované a dizajnové prvky. Existujú aj prvé experimenty, kde 3D tlač predstavuje primárnu konštrukčnú metódu stavby.
- Vzdelávanie a výskum – rozvíja kreativnosť a tvorivosť v pedagogickom procese. Študenti dokážu rýchlo vytvárať objekty, ktoré potrebujú pre svoje projekty, čím sa rozvíja ich kreativita. Rovnako je možné urýchliť aj procesy v oblasti výskumu.

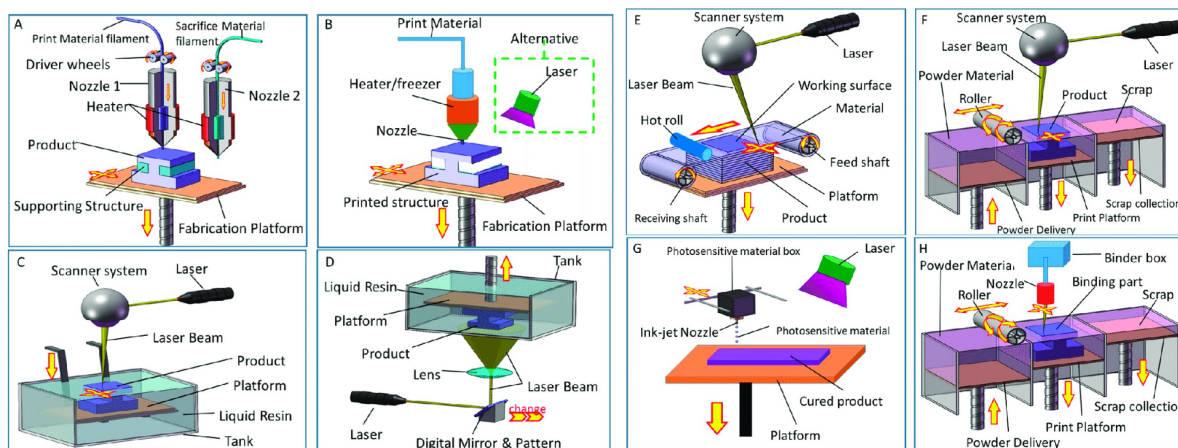
- automatizácia a strojárstvo – hlavný potenciál je v rýchlom vytváraní aj tvarovo zložitých súčiastok, pričom náklady na výrobu môžu byť nižšie ako pri konvenčnej výrobe.

V súvislosti s uvedenými oblasťami je potrebné uviesť, že úspešné nasadenie tejto technológie do praxe vyžaduje kvalifikovaný personál. Aktuálne neexistujú študijné odbory, ktoré by sa zameriavali len na 3D tlač. Taktiež je potrebné uviesť, že úspešné využívanie technológie stále vyžaduje dávku skúseností, ktoré je možné získať len praxou.

Po vytvorení predstavy o aktuálnom využívaní 3D tlače sa pre ľudí pracujúcich v oblasti svetelnej techniky otvára otázka ako využiť tlač pri výrobe, prevádzke, údržbe a likvidácii prvkov osvetľovacích sústav.

2 Technológie 3D tlače a používané materiály

Existuje mnoho technológií 3D tlače. Líšia sa presnosťou, rýchlosťou, používanými materiálmi a spôsobom vytvárania výrobku. Z toho vyplýva aj aké tvary je možné tlačiť a v akom odvetví sa technológia optimálne využíva. Nasledujúci obrázok ukazuje najbežnejšie spôsoby tlače.



Obr.1 Technológie 3D tlače: A Extrúzia materiálu (FDM), B Priama tlač filamentom (DIW), C Stereolitografia (SLA), D Digitálne spracovanie svetla (DLP), E Laminovanie vrstiev (LOM), F Selektívne laserové spekanie (SLS), G Tryskanie fotopolymérom (Ployjet), H Trojdimenzionálna tlač (3DP) [1]

Každá technológia tlače využíva iné zariadenia. Najrozšírenejšia a najdostupnejšia je technológia FDM. Je nutné ale podotknúť, že aj tu je sa vyžadujú skúsenosti pre vytvorenie produktu s požadovanou presnosťou, tvarom a vlastnosťami.

3 Perspektíva 3D tlače vo svetelnej technike

V súčasnosti sa vo svetelnej technike používa 3D tlač len v malej miere. Zvyčajne sa jedná o prototypovanie, tlač dizajnových častí alebo vytvorenie náhradných dielov. Využívajú sa dve hlavné výhody a to rýchlosť výroby a výroba zložitých tvarov, ktorých výroba tradičnými metódami by bola neprimerane náročná. Rozbieha sa aj tlač na objednávku, kedy je možné realizovať náročné predstavy dizajnérov kreatívnych zákazníkov. Transformácia ich predstáv a nápadov do funkčných svetiel je pomerne jednoduchá a cenovo dostupná.



Obr.2 Príklady 3D tlačených častí svietidiel [2] [3] [4]

Väčšina veľkých firiem sa stavia k 3D tlači skôr ako k prototypovaciemu nástroju ako k prostriedku na sériovú výrobu a to hlavne kvôli tomu, že im to umožňuje zhromažďovať informácie o konceptoch nových svietidiel. To však neznamená, že sa v takýchto spoločnostiach 3D tlačené svietidlá nevyrábajú. Niektoré spoločnosti ponúkajú v spolupráci s menšími firmami a dizajnérmi jednoduché štylizované prvky, kde si klient môže podľa jednoduchých predvolieb upraviť svietidlo na základe vlastných preferencií.

Dizajnéri na druhu stranu ponúkajú kreatívnejšie a krajšie modely ako veľké firmy. Svietidlá sú zvyčajne vyrábané len v niekoľkých kusoch a dobrej kvalite. 3D tlač umožňuje dizajnérom nielen rýchly prototyp ale aj vytváranie originálnych modelov svietidiel, ktoré sa následne predávajú online alebo predvádzajú ako umenie.

4 Experimenty s 3D tlačou častí svietidiel

Cieľom experimentálnej časti je ukázať praktické skúsenosti s tlačou jednotlivých častí svietidiel. Na tlač bola použitá bežne dostupná 3D tlačiareň Prusa i3 MK3. Materiál na tlač sa volil v závislosti od požadovaných pevnostných a teplotných vlastností. Tlačiareň používa trysku E3D V6 s priemerom 0,4 mm pre filament o priemere 1,75 mm a je schopná tlačiť vrstvy vysoké od 0,05 mm do 0,35 mm. Tlačiareň je schopná tlačiť materiály PLA, ABS, PET, HIPS, Flex PP, Ninjaflex, Laywood, Laybrick, Nylon, Bamboofill, Bronzefill, ASA, T-Glase a ďalšie a to v rôznych farbách.

V prvom kroku boli vytvorené 3D modely. Existuje viacero softvérových nástrojov. Modely určené pre tlač boli nakreslené v programe AutoCAD 2021.

4.1 Prototyp svietidla

Na tlač bolo vybrané bežné stolné svietidlo. Cieľom bolo ukázať, ktoré všetky prvky je možné vytlačiť a kde sa objavia limity tlače.

Nakreslený model bolo potrebné upraviť aby ho bola tlačiareň na základe zvoleného materiálu schopná vytlačiť bez deformácií a poškodení. Je bežné, že sa model rozdeľuje na menšie celky, pretože pri veľkých previsoch by bolo potrebné tlačiť podpery. Tie sa po tlače musia mechanicky odstrániť, čo môže narušiť estetickú kvalitu tlače.



Obr.3 Svietidlo, nakreslený 3D model s detailmi a vytlačený prototyp

Pre tlač vybraného prototypu bol zvolený materiál PLA v žltej farbe. Zvolený bol kvôli jeho vynikajúcim vlastnostiam najvhodnejším na prototypovanie. Tlač trvala 3 hodiny a 45 minút. Pri vytváraní 3D modelu sa zabudla zohľadniť tolerancia tlače a pri skladaní svietidla sa objavili problémy s presahmi. Taktiež chýbali hlbšie skúsenosti s konkrétnym materiálom a na niektorých komponentoch sa objavovali estetické nedostatky.

4.2 Prototyp tienidla

Ďalším zvoleným prvkom na tlač bolo tienidlo svietidla. Zvolené bolo kvôli jeho stavbe a zložitému dekoratívne tvaru a možnosti porovnať svetelnotechnické vlastnosti.



Obr.4 Tienidlo, nakreslený 3D model, vytlačený diel tienidla s pomocnou obrubou a finálny produkt

Vytvorený 3D model bolo potrebné rozdeliť aby sa predišlo použitiu podpier. Model bol rozdelený na 3 časti, ktoré sa pri finalizácii spojili kolíkmi (cca ϕ 1,5 mm) a zlepili. Ďalšia úprava bola v rozšírení spodnej časti tienidla o styčnú plochu aby sa zvýšila priľnavosť tohto dielu

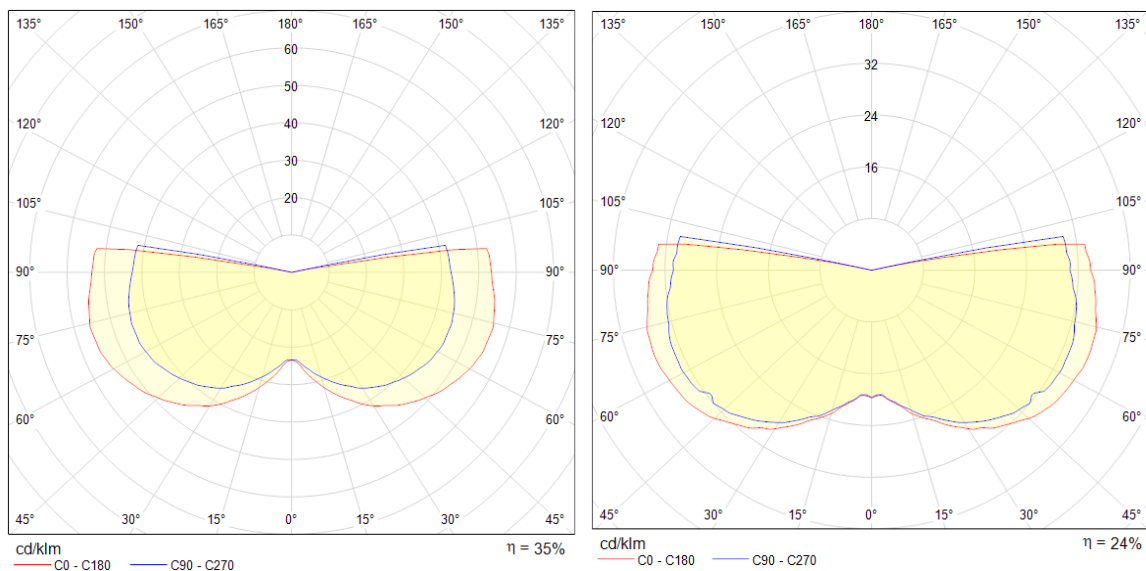
k podložke tlačiarne. Pri prvom pokuse o tlač sa spodný diel pri tlači oddelil a znehodnotil. Kvôli zložitému tvaru trvala tlač 8 hodín.

4.3 Porovnanie kriviek svietivosti

Základným meradlom podobnosti svetidiel alebo tienidiel je meranie kriviek svietivosti ktoré sa následne porovnávajú. Krivky boli odmerané goniofotometrom na FEI STU v Bratislave a porovnané boli metódou porovnávania intenzít svietivosti dvoch distribúcií. Z odmeraných dát svetelných intenzít vo všetkých uhloch vytlačeného aj skleneného tienidla sa potom určí tzv. zhoda a to tak že sa porovnávajú intenzity svietivosti v jednotlivých uhloch vytlačeného tienidla z intenzitami skleneného tienidla v tých istých uhloch, podľa vzorca:

$$f_{\text{luminaire,fit}} = 100 \times \left(1 - \sqrt{\frac{\sum_{C=0}^{360} \sum_{\gamma=0}^{180} (I_1(C, \gamma) - I_2(C, \gamma))^2}{\sum_{C=0}^{360} \sum_{\gamma=0}^{180} (I_1(C, \gamma) + I_2(C, \gamma))^2}} \right)$$

Výsledná zhoda je v rozmedzí 0 až 100, kde 0 znamená že sa rôzne distribúcie vôbec nepodobajú a 100 že sú distribúcie identické. Zhoda medzi skleneným a vytlačeným tienidlo vyšla 77,8093. Rozdiely vznikli kvôli tomu, že vytlačené tienidlo sa skladá z časti a nie je to jeden kus ako sklenené tienidlo. Najväčšie rozdiely sú priamo tam, kde sa časti spájajú. Ďalším rozdielom je rozdiel na krivke v rovine C90-270, ktorá je užšia ako pri vytlačenom kuse. To mohlo byť spôsobené tým že sklenené tienidlo bolo pri meraní natočené presne tak že v rovine C90-270 išlo svetlo rovno medzi výbežky vo vzore a nie do výrezu ako v prípade roviny C0-180.



Obr.5 Krivky svietivosti svetidla s pôvodným tienidlom (vľavo) a s vytlačeným tienidlom (vpravo)

Ďalším rozdielom medzi pôvodným tienidlom a vytlačeným je vo veľkosti. Pre materiál PLA je známe, že sa po vytlačení modely o trochu zmenšia. Materiál PLA sa zmenšuje v rozsahu od 0,3 % do 3 % veľkosti modelu, je to spôsobené tým, že pri tlači sa pri určitej teplote materiál roztopí a tým pádom zväčší svoj objem. Po vytlačení sa potom materiál chladením

zmenši na svoju pôvodnú veľkosť a preto sú prototypy o čosi menšie, na tento proces tiež vplýva rýchlosť akou sa prototyp chladí alebo tiež ako rovnomerne sa jednotlivé časti chladia.

Z estetického hľadiska dodáva použitý materiál modelu lesk a na pohľad pôsobí príjemne. Tiež je vidieť, že dekoračný vzor aj celý model má ostrejšie hrany ako sklenená predloha. Z hľadiska použitého materiálu by mohol byť použitý aj iný materiál, ktorý by zlepšil priepustnosti svetla. Cieľom ale bolo čo najviac sa priblížiť pôvodnému vzhľadu.

5 Záver

Skúsenosti z posledných rokov ukazujú, že 3D tlač má široké možnosti využitia. V budúcnosti by sa mohla 3D tlač stať ešte dostupnejšou a lacnejšou. Výbornou možnosťou by mohla byť lokálna výroba, kde by sa tak eliminovali náklady na prepravu a znížil čas dodania. Najmä pri servise a dodávkach individuálnych svietidiel. Spotrebiteľom by mohlo byť tiež ponúkané aby si modely prispôbili alebo dokonca vytvorili podľa seba a tie by sa následne poslali do lokálnej tlačiarne kde by sa aj zostavili. Výskumom nových technológií v oblasti tlače ako aj nových materiálov by sa mohla dosiahnuť tlač úplne celých svietidiel vrátane elektroniky. Tiež by sa mohla dosiahnuť aj čistá výroba kedy by tlač ako aj materiál nijak nezaťažovali životné prostredie.

Literatura a odkazy

- [1] The Boom in 3D-Printed Sensor Technology. Online, Dátum 14.9.2021 https://www.researchgate.net/publication/317108041_The_Boom_in_3D-Printed_Sensor_Technology
- [2] **Sculpteo**. Best 3D printed lamps. [Online] [Dátum: 26. máj 2021.] <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/applications-of-3d-printing/3d-printed-lamps/>
- [3] **Iliopoulos, Andreas**. 3D Printed Lamps & Shades: 25 Dazzling Designs. [Online] [Dátum: 26. máj 2021.] <https://all3dp.com/2/3d-printed-lamps-shades-lights/>.
- [4] **Ilumarco**. 3D printed sculpture lamp "Forms in Nature". [Online] [Dátum: 26. máj 2021.] <http://www.3dprinting.lighting/forms-in-nature-artwork/?fbclid=IwAR1amXfDiICxDCunT2LYQpjRUh3Qb0iCWQkHj3s1HRHQ-vdTYZC1d72CdRc>.

Denní osvětlení obytných místností podle ČSN EN 17037

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.

Příspěvek navrhuje a zdůvodňuje způsob hodnocení denního osvětlení obytných místností, který je v souladu s cíli a metodikou EN 17037 Daylight of buildings.

1 Úvod

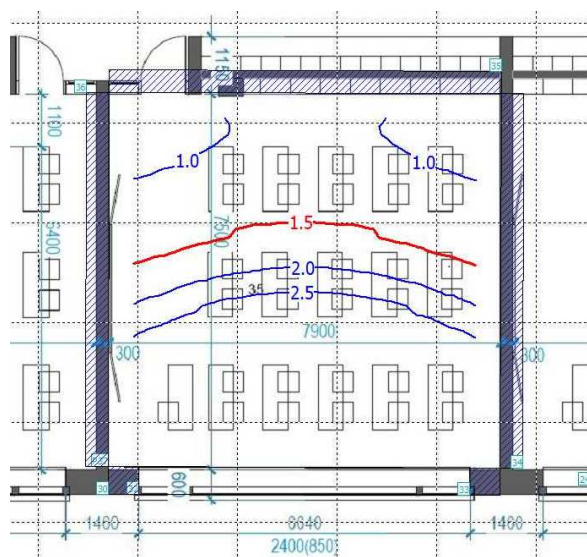
V srpnu 2019 Česká republika převzala novou evropskou normu ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov [1]. Stavební podnikatelé se obávají přílišné přísnosti této normy. Některé jimi ovlivněné instituce proto již delší dobu navrhují méně přísné způsoby regulace denního osvětlení zejména pro obytné budovy. Jedná se také o představu požadavku na plochu okna rovnou nejméně 1/10 plochy podlahy spolu s tzv. odstupovým úhlem podle pražských stavebních předpisů. Takový požadavek ale není schopen garantovat žádnou rozumnou míru osvětlení bytů denním světlem, s touto mírou nekoreluje a není slučitelný s výše uvedenou evropskou normou [1].

V dnešní době lze dobře prodat jakýkoli byt, včetně bytu jakkoli tmavého. Bytů k prodeji je málo a kvalitní jsou cenově nedostupné, protože je bohatí lidé skupují jako investici. Pokud nejsou investiční byty pronajaty, zůstávají prázdné. Jen v Praze bylo už v roce 2011 téměř 50.000 neobydlených bytů [2] a jejich počet narůstá. Je možno si vzpomenout na naštěstí nerealizovaný záměr pražské radnice neobsazené byty více zdanit, přičemž vyhledávání těchto bytů se mělo dít pomocí odečtu vodoměrů a elektroměrů. Inflace se zvyšuje, ceny stavebních materiálů narůstají o desítky procent a je předpoklad, že také ceny bytů dále závratným tempem porostou. Nafukování investiční bubliny tak bude akcelerovat. Avšak jako každá bublina, i tato jednou praskne. Cena bytů se začne snižovat a investoři se budou bytů zbavovat v obavě, aby neprodělali. Bytů pak bude náhle dostatek, cenově se stanou dostupnější a v tmavých bytech s okny = 1/10 plochy podlahy nikdo nebude chtít bydlet. Obytná budova ale není lednička, kterou je možné odvézt do sběrného dvora, když v důsledku zabudovaných „kazítek“ přestane po uplynutí záruky fungovat. Dnes postavené budovy tu budou stát i za sto let. Co budou pak města dělat s tmavými byty s okny = 1/10 podlahy, které bude možno využít snad jen k pěstování netopýrů? Proto je třeba stavět kvalitně, i když doba té kvality momentálně nepřeje. Kontrolou kvality výstavby se zabývají stavební úřady. Nástrojem kontroly se stane nová vyhláška o technických požadavcích na výstavbu, kterou v souvislosti s nedávno schváleným stavebním zákonem bude znovu psát Ministerstvo pro místní rozvoj. Doufejme, že autoři této vyhlášky ocení užitečnost ČSN EN 17037 [1] pro moderní regulaci výstavby a doufejme, že i stavební podnikatelé seznají, že nová evropská norma je v požadavcích mírnější v porovnání s dříve platnými českými technickými normami [3 až 6]. K tomuto cíli je také zaměřen tento příspěvek.

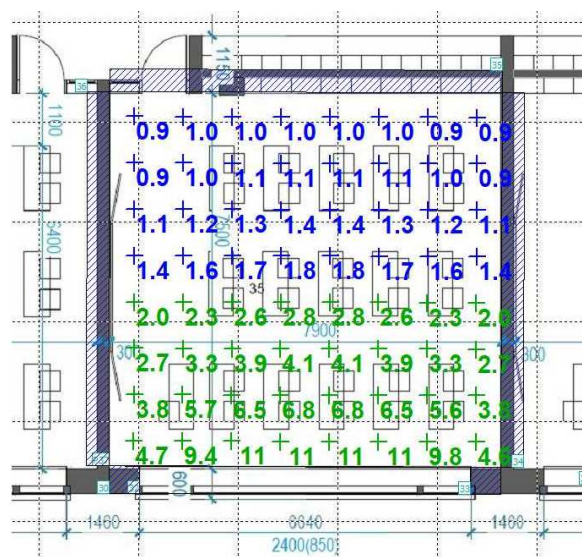
2 Rozdíl mezi ČSN EN 17037 a dřívějšími normami

Nejvíce významný rozdíl mezi ČSN EN 17037 (2019) [1] a dříve platnými českými technickými normami na denní osvětlení budov [3 až 6] lze nalézt v deklarovaném účelu těchto norem. Podle ČSN 730580-1 [3] bylo cílem požadavků na denní osvětlení vytvořit podmínky zdravé zrakové pohody a dobrého vidění pozorovaných předmětů, zabránit vzniku předčasné a

nadměrné únavy a předejít možnosti úrazu podmíněného zhoršeným viděním. Denní osvětlení vnitřních prostorů budov a jejich funkčně vymezených částí se navrhovalo podle zrakových činností, pro které byly prostory určeny a kterým denní osvětlení sloužilo. Zrakové činnosti norma třídila podle poměrné pozorovací vzdálenosti do sedmi skupin. Cílem bylo zajistit dostatek denního světla pro konání zrakové práce (např. čtení, psaní). V učebnách škol tak normy stanovily na pracovištích žáků (stolech, lavicích) IV. třídu zrakové činnosti, které náležela minimální požadovaná hodnota činitele denní osvětlenosti $D = 1,5 \%$. Nižší hodnoty byly považovány za nevyhovující stav, při kterém by děti na psaní a čtení špatně viděly. Tvrdili jsme, že při dlouhodobém působení takového stavu hrozí dětem zvýšený výskyt očních nemocí a zrakových vad. Na obrázku 1a) je v půdorysu učebna s izočárami činitele denní osvětlenosti. Je patrné, že uvedené následky nedostatečného osvětlení by se v takové učebně týkaly celé třetiny žáků umístěné ve třetím oddělení stolů (při stěně protilehlé k oknu).



Obr. 1a) Posouzení učebny ČSN 730580-1



Obr. 1b) Posouzení učebny ČSN EN 17037

Na obrázku 1b) je tatáž učebna s vyhovujícím výsledkem posouzení podle požadavků ČSN EN 17037 [1]. Uvedeno v hodnotách činitele denní osvětlenosti evropská norma požaduje, aby na polovině vnitřního prostoru hodnota neklesla pod $D_T = 2,0 \%$ a v celém prostoru (přesněji v jeho 95 % plochy) pod $D_{TM} = 0,7 \%$. Protože učebna z obrázku 1 těmito požadavkům vyhovuje, znamená to snad, že EN 17037 [1] odsuzuje třetinu mladé evropské populace ke zrakovým vadám? Samozřejmě, že ne. Tato norma jako svůj cíl deklaruje *dosažení přijatelného subjektivního pocitu osvětlenosti přírodním světlem* a zajištění přijatelného výhledu z okna, jakož i doporučuje míru proslunění lidmi užívaných místností. O zrakové práci a o třídách zrakové činnosti však v ní není napsáno vůbec nic s výjimkou upozornění, že stanovení požadavků na osvětlení vnitřních pracovních prostorů s konkrétními zrakovými úkoly není součástí normy a je uvedeno v EN 12464-1 [7].

Evropská norma [7] stanovuje požadavky na osvětlení pro vnitřní pracovní prostory z hlediska zrakové pohody a zrakového výkonu osob s normálním zrakem. Její požadavky jsou všeobecně použitelné nezávisle na tom, je-li osvětlení poskytováno umělým nebo denním osvětlením nebo jejich kombinací. Bylo by tedy možné s použitím normy [7] požadavky EN 17037 [1] na denní osvětlení pracovišť a učeben přiměřeně k dané zrakové práci upravit. Taková úprava požadavků je možná, i když by byla trochu komplikovaná, protože požadované hodnoty udržované osvětlenosti $\bar{E}_m(lx)$ uvedené v [7] nejsou totožné s cílovými hodnotami

E_T (lx) z normy [1]. Úprava by vycházela z požadavku na udržovanou osvětlenost podle [7], z rozhodnutí o tom, v jakém procentu z denních hodin v roce má být užíváno denní osvětlení, z provozní doby posuzované místnosti a bylo by také nutné mít k dispozici klimatická data pro danou lokalitu. S těmi daty by nám snad vypomohli naši slovenští kolegové, protože v naší republice klimatická data osvětlení dosud nikdo seriózně dlouhodobě neměřil. Úprava, kterou by se získaly cílové hodnoty osvětlenosti pro danou zřakovou práci a dané pracoviště, by byla zcela v souladu s cíli a s metodikou obou uvedených evropských norem [1] a [7]. Tato úvaha ale směřuje do vzdálenější budoucnosti, protože naši normalizaci aktuálně čekají jiné úkoly, mimo jiné i nové stanovení požadavků na denní osvětlení obytných místností.

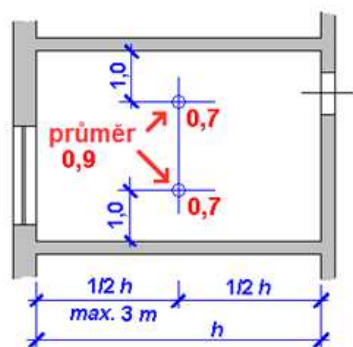
Uplatnění pouze požadavků ČSN EN 14037 [1] bez použití odkazu na normu [7] předpokládá vytvoření příznivého stavu denního osvětlení interiéru z hlediska *působení na psychiku uživatelů* a z hlediska *podpory jejich biorytmů dynamikou denního světla*. K náročné zřakové práci studentů umístěných ve třetím oddělení pracovních stolů v uvedené učebně se nutně bude přisvětlovat umělým světlem. V posledních desetiletích se světelné zdroje prudce vyvíjejí směrem k vysoké energetické účinnosti [8] a umělé osvětlení interiérů se tak stává méně závažným v energetických bilancích. Autor tohoto příspěvku není vzdělán v oborech fyziologie a lékařství a přípustnost umělého přisvětlení ve školách při současných možnostech světelné techniky nedokáže posoudit. Obecně na pracovištích je však trend v této věci známý už od roku 2007, kdy Nařízení vlády 361/2007 Sb. [9] zrušilo dřívější požadavek odůvodnění použití sdruženého osvětlení.

Souhrnně řečeno: ČSN EN 17037 [1] zajišťuje denní osvětlení vnitřních prostor budov jen pro *potřebu zachování vyrovnané psychiky lidí* užívajících budovu a pro *potřebu stimulace biorytmu uživatelů budov dynamikou denního světla*. Nezajišťuje dostatek světla pro konání konkrétní náročné *zřakové práce* a spoléhá se v této věci na přisvětlení umělým světlem. Cíle ČSN EN 17037 [1] jsou tak méně náročné, a proto jsou její požadavky méně přísné v porovnání s dříve platnými českými technickými normami [3 až 6]. Jestliže se Česká republika rozhodla přijmout evropskou normu, mělo by přijetí této normy být kompletní ve všech oblastech posuzování. Znamená to nejen přijmout kritéria cílové osvětlenosti E_T (lx) i pro posuzování obytných budov a pro posuzování stínění stávajících budov novými stavbami (dnes D_w (%)), ale přijmout také smysl, cíle a metodu hodnocení evropskou normou. Jen tak lze dosáhnout žádoucího stavu, kdy systém hodnocení denního osvětlení bude v našich normách a zákonech jednotný a v souladu s EN 17037 [1]. Soulad českých technických norem a zákonů s evropskými normami nutně nespočívá v navzájem stejných číselných hodnotách. Normy se především musí shodovat v důvodech a v cílech regulace, kterou poskytují, a v metodě hodnocení.

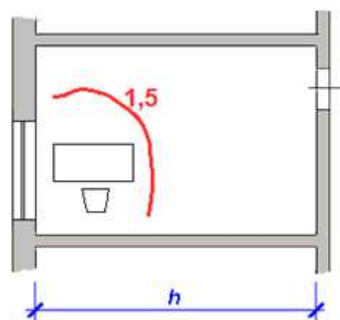
3 Obytné místnosti

Obytné místnosti měly vždy méně náročné požadavky na denní osvětlení v porovnání s pracovišti a školami. Důvodem menších nároků je *volnost pohybu* v obytných místnostech. Zatímco pracovník je po celou pracovní dobu vázán ke svému pracovišti a student s výjimkou krátkých přestávek ke svému pracovnímu stolu, v bytě je možné vždy pracoviště zvolit přímo u okna a pohledem z okna je možno uspokojit potřebu psychické pohody plynoucí z přítomnosti denního světla i dostát potřebným podnětům pro stimulaci biorytmů. Požadavek na hodnoty činitele denní osvětlenosti uprostřed hloubky obytné místnosti byl zaveden do ČSN v roce 1992 [10] s odůvodněním, že tyto hodnoty zajistí u okna dostatečně velký prostor pro konání zřakové práce IV. třídy s požadovanou hodnotou $D = 1,5$ % - viz obr.2a) a 2b).

Argumentovalo se tehdy potřebou, aby u okna mohly děti psát úkoly při denním světle. Protože ale ČSN EN 17037 [1] *zrakovou práci neřeší*, odpadají i požadavky na denní osvětlení, které byly s ohledem na zrakovou činnost v obytných místnostech stanoveny. Požadavky na denní osvětlení obytných místností je tedy možno, ale i nutno, stanovit nově v souladu s cíli a metodikou ČSN EN 17037 [1]. To znamená, že denní osvětlení v bytech bude nadále sloužit k podpoře psychiky a cirkadiánních rytmů bydlících. Nikoli k vytvoření optimálních podmínek pro zrakovou práci. Stejně jako v učebnách a na pracovištích lze očekávat, že tyto nové požadavky budou při porovnání se starou normou [4] méně přísné.



Obr.2a) Obytná místnost podle ČSN 730580-2

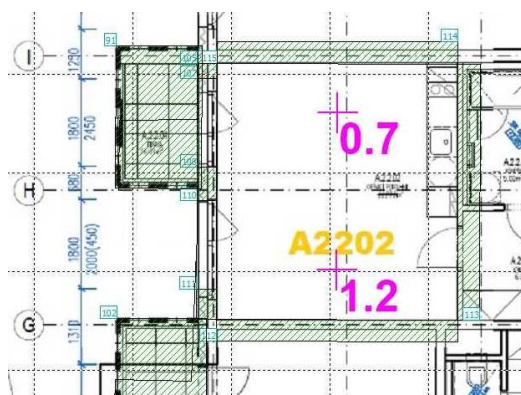


Obr.2b) Pracovní zóna u okna

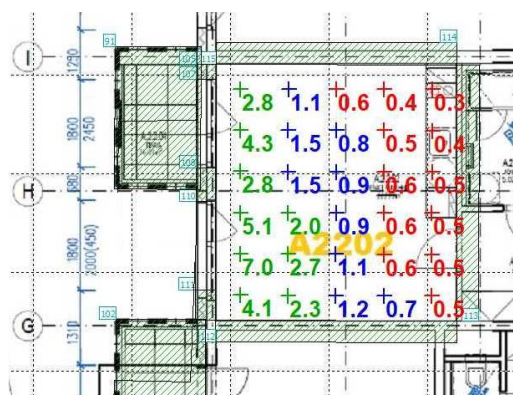
4 Návrh metody hodnocení denního osvětlení obytných místností

Autor tohoto příspěvku si dovoluje předložit k diskusi návrh, který jistě nemusí být konečný. Cílem návrhu je spíše diskusi o hodnocení denního světla v obytných místnostech zahájit. Návrh má tu výhodu, že se snaží respektovat cíle a metodu EN 17037 [1] a vychází z cílových hodnot osvětlenosti, které jsou v textu evropské normy uvedeny. Navíc je požadavek pro obytné místnosti formulován v návrhu relativně jednoduše: požadovalo by se, aby v padesáti procentech prostoru obytné místnosti cílová osvětlenost neklesla pod hodnotu $E_T = 100 \text{ lx}$. Po přepočtu platném pro Českou republiku by to znamenalo, že v polovině prostoru obytné místnosti nebo její funkčně vymezené části by hodnota činitele denní osvětlenosti neměla klesnout pod $D_T = 0,7 \%$. Dalšího případného zpřísnění nebo zmírnění tohoto požadavku by bylo možno dosáhnout pomocí závazných podmínek pro vytváření funkčně vymezených prostorů (tzv. zón). Obytná místnost na obrázku 3a) relativně těsně vyhovuje požadavkům ČSN 730580-2 [4]. Tatáž místnost na obrázku 3b) by vyhověla zde navrženému kritériu s poněkud větší rezervou. Hodnota $D_T \geq 0,7 \%$ je splněna v 60 % kontrolních bodů v místnosti. Návrh bude jistě v průběhu času upravován a možná bude i zamítnut a nahrazen návrhem lepším. Zda osvětlenost větší než 100 lx na polovině plochy obytné místnosti po dobu 2190 hodin*) ročně postačí z psychologického hlediska k zachování pohody pobytu v bytě a zda je tato osvětlenost dostatečná pro regulaci vnitřních biologických hodin bydlících, to jsou zatím nezodpovězené otázky. Avšak pokud pro nejvíce od okna vzdálenou lavici v učebně stačí podle ČSN EN 17037 [1] hodnota $D = 1,0 \%$ (obr. 1b), pak asi hodnoty $D > 5,0 \%$ (obr.3b) na pracovišti u okna budou psychice a biorytmu uživatele bytu také vyhovovat. Naopak pracoviště u kuchyňské linky v hloubce obytné místnosti již dnes posuzujeme jako místo bez trvalého pobytu, a tedy bez denního světla. Možná že v brzké době přijde z Evropy avizovaná, ale odkládaná, revize EN 17037 [1], která posuzování denního osvětlení obytných budov vyřeší elegantněji a s větší autoritou. Autor tohoto příspěvku rád podstupuje toto riziko a těší se na plodnou diskusi o denním osvětlení na půdě TNK 76 i v širší odborné veřejnosti. Je potřebné,

aby tato diskuse co nejdříve vyústila v akceptovatelný způsob posuzování denního osvětlení obytných místností v souladu s ČSN EN 17037 [1] tak, aby celá tato norma mohla být doporučena stavební a urbanistické praxi novou vyhláškou o technických požadavcích na výstavbu.



Obr.3a) Posouzení obytné místnosti podle ČSN 730580-2



Obr.3b) Posouzení obytné místnosti podle návrhu

POZNÁMKA

*) Jedná se o 1/4 počtu hodin v roce. V polovině hodin je noc, kdy denní světlo není dostupné, a medián je polovinou z denních hodin.

PODĚKOVÁNÍ

Vypracování tohoto příspěvku bylo významnou měrou umožněno studiem literatury [11].

Literatura

- [1] ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov (2019)
- [2] Sčítání lidu, domů a bytů 2011, <https://www.czso.cz/csu/czso/byty-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-hlavni-mesto-praha-2011-521lyyoqt>
- [3] ČSN 730580-1 Denní osvětlení budov – základní požadavky (2007)
- [4] ČSN 730580-2 Denní osvětlení obytných budov (2007)
- [5] ČSN 730580-3 Denní osvětlení škol (1994)
- [6] ČSN 730580-4 Denní osvětlení průmyslových budov (1994)
- [7] ČSN EN 12464-1 (360450) Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory (2012)
- [8] Žák, P: Vývojové tendence ve světelných zdrojích a svítidlech, TZB info 2012, [\[https://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/8343-vyvojove-tendence-ve-svetelných-zdrojích-a-svitidlech\]](https://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/8343-vyvojove-tendence-ve-svetelných-zdrojích-a-svitidlech)
- [9] Nařízení vlády 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci (2007)
- [10] ČSN 730580-2 Denní osvětlení obytných budov (1992)
- [11] Ferenčíková, M. Darula, S: Daylight availability in interiors during operating time, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019, ISBN: 978-613-9-45969-8

Měřicí přístroj pro terénní měření integrálního činitele odrazu povrchů

Michal Kozlok, Ing., Marek Bálský, Ing. Ph.D., Petr Žák, Ing. Ph.D. ČVUT v Praze, FEL
kozlomi1@fel.cvut.cz, balskmar@fel.cvut.cz, zakpetr@fel.cvut.cz

Abstrakt: Článek se zabývá problematikou měření integrálního činitele odrazu difuzních povrchů, jež je jedním z hlavních vstupních parametrů při světelně technických výpočtech vnitřních, a v některých aplikačních oblastech, i venkovních osvětlovacích soustav. Vzhledem k absenci jednoduchého měřicího přístroje, který by umožňoval měření výše uvedeného parametru, byl navržen prototyp přístroje pro měření činitele odrazu a byla provedena orientační kalibrace na normálech odrazivosti v laboratoři radiometrie a fotometrie Českého metrologického institutu.

1 Úvod

Na základě probíhající výzkumné činnosti v oblasti návrhu osvětlovacích vnitřních i venkovních osvětlovacích soustav vznikla v laboratoři světelné techniky ČVUT FEL v Praze potřeba terénního měřicího přístroje pro určení integrálního činitele odrazu povrchů. Takový přístroj se nachází v portfoliu laboratoře od osmdesátých let minulého století a jeho provoz je zcela závislý na síťovém napájení. Cílem vývoje bylo vytvořit moderní mobilní verzi přístroje, který by umožnil měření v terénu. V článku jsou popsány metody měření činitele odrazu, princip přístroje na bázi mnohonásobných odrazů, konstrukce prototypu a jeho kalibrace.

2 Metody pro stanovení činitele odrazu povrchů

Dle technické normy [1] jsou doporučeny dva základní postupy pro určení integrálního činitele odrazů u difuzních povrchů.

První z nich je porovnávací metoda, u které se předpokládá přítomnost etalonu se známou hodnotou činitele odrazu ρ_A . Při stejných světelných podmínkách osvětlení jsou postupně změřeny dva jasy - jas L svazku paprsků odražených ve směru normály ke zkoumanému povrchu a jas L_A paprsků odrážejících se ve směru normály od etalonu. Integrální činitel odrazu se stanoví ze vztahu:

$$\rho = \rho_A \frac{L}{L_A} \quad (-; -, cd \cdot m^2, cd \cdot m^2) \quad (1)$$

Druhá metoda je založena na teoretických vlastnostech difúzně odrážejícího povrchu. Měřený difúzní povrch se umístí do určité roviny a rovnoměrně se osvětlí, např. teplotním světelným zdrojem. Poté se luxmetrem změří osvětlenost E v rovině měřeného vzorku v okolí daného kontrolního bodu. Následně je ve střední části vzorku změřen jas L jasoměrem a hledaný integrální činitel odrazu ρ měřeného povrchu se stanoví ze vztahu:

$$\rho = \pi \frac{L}{E} \quad (-; -, cd \cdot m^2, lx) \quad (2)$$

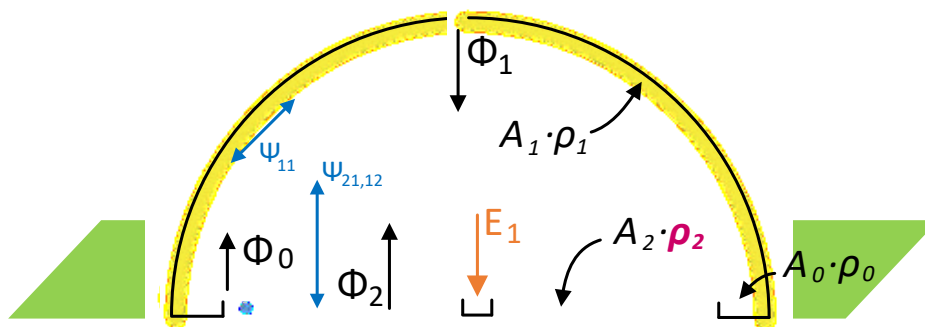
Alternativní postup pro výše zmíněnou metodu je využití kulového integrátoru jakožto zdroje difuzního světla. Jeho vnitřní povrch je difúzní, homogenní a spektrálně neselektivní. Činitel odrazu vnitřního povrchu je ve všech bodech konstantní a vlivem mnohonásobných odrazů je po celém povrchu integrátoru konstantní osvětlenost. Do středu integrátoru je umístěn světelný

zdroj a přímému dopadu světelného zdroje brání kruhová clona, jejíž povrch je rovnoměrně osvětlen rozptýleným světlem. Na stranu clony odvrácenou od zdroje je připevněn vzorek měřeného povrchu a následně je provedeno měření osvětlenosti a jasu skrze otvor jasoměru v místě vzorku obdobně jako v předchozím případě.

Dalším z možných postupů pro stanovení integrálního činitele odrazu je využití principu mnohonásobných odrazů v duté ploše s otvorem. Světelný tok je od vnitřního povrchu odražen do vnějšího otvoru a dopadá na povrch měřeného vzorku. Tok odražený zpět do duté plochy je pak přímo úměrný integrálnímu činiteli odrazu měřeného povrchu. Tento princip je použit při konstrukci reflektometru a je detailně rozebrán níže [1], [2].

3 Princip přístroje

Přístroje využívá principu mnohonásobných odrazů v polokouli s rovnoměrně rozptýlným povrchem (viz obr.1). Přístroj tvoří polokoule s plochou A_1 , mezikruží světelného zdroje s plochou A_0 a kruhová plocha měřeného vzorku A_2 . Jediným zdrojem světla v přístroji je difuzní povrch A_0 , který na polokouli rovnoměrně rozptyluje světelný tok Φ_0 světelného zdroje, v tomto případě kruhově uspořádaného LED modulu s náhradní teplotou chromatičnosti $T_{cp} = 2600$ K, které svítí skrze rozptýlný plastový kryt. Plocha mezikruží A_0 by měla být vůči velikosti polokoule a jejího povrchu A_2 téměř zanedbatelná.



Obr.1 Řez hemisférou reflektometru

Tok Φ_0 dopadá na povrch polokoule A_1 a v závislosti na činiteli odrazu povrchu ρ_1 a činiteli vlastní vazby Ψ_{11} je vlivem mnohonásobných odrazů odražen zpět na vlastní povrch A_1 . Analogicky toto platí i pro povrch A_2 v závislosti na činiteli vazby Ψ_{21} . Výsledný světelný tok Φ_1 vyzářený z povrchu A_1 je dán vztahem:

$$\Phi_1 = \rho_1 \cdot \Phi_0 + \rho_1 \cdot \Phi_1 \cdot \Psi_{11} + \rho_1 \cdot \Phi_2 \cdot \Psi_{21} \quad (\text{Im}; -, \text{Im}, -, \text{Im}, -, \text{Im}, -) \quad (3)$$

Do kruhové plochy měřeného vzorku A_2 dopadá tok Φ_1 . Ten je v závislosti na činiteli odrazu ρ_2 povrchu A_2 a činiteli vazby Ψ_{12} mezi povrchy A_1 a A_2 odražen a vyzářen zpět do polokoule jako tok Φ_2 dle vztahu:

$$\Phi_2 = \rho_2 \cdot \Phi_1 \cdot \Psi_{12} \quad (\text{Im}; -, \text{Im}, -,) \quad (4)$$

Odražený tok Φ_1 dopadá na fotočlánek, který je umístěn v geometrickém středu polokoule. Povrch polokoule je opatřen nátěrem s vysokým obsahem síranu barnatého BaSO_4 , který je spektrálně neselektivní a zároveň rozptyluje dopadající světlo rovnoměrně do všech směrů.

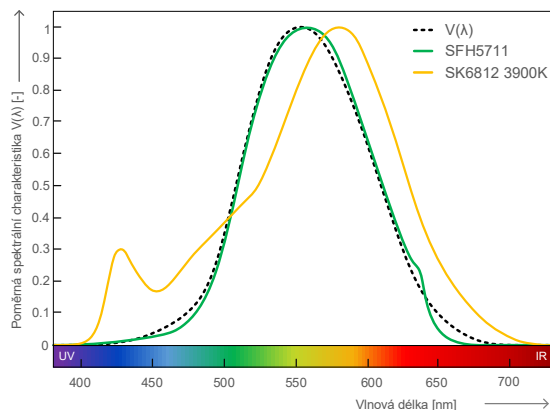
Na základě uvedených vztahů platí, že pokud bude tok světelných zdrojů Φ_0 v uzavřeném systému nulový, bude i osvětlenost E_1 měřená senzorem nulová. Pokud budeme uvažovat tok světelného zdroje Φ_0 za nenulový a ostatní parametry systému za konstantní, můžeme odvodit, že bude hodnota osvětlenosti E_1 také nenulová a lineárně závislá pouze na integrálním činiteli odrazu ρ_2 povrchu vzorku o ploše A_2 a absolutní hodnotě světelného toku zdroje světla Φ_0 . Pro zjištění absolutní hodnoty integrálního činitele odrazu je v rámci kalibrace nutné stanovit alespoň dvě hodnoty osvětlenosti E_1 pro povrch velmi dobře odrážející a pro povrch velmi dobře pohlcující, v obou případech se známou hodnotou integrálního činitele odrazu [3].

4 Konstrukce přístroje

Hlavním požadavkem na konstrukci přístroje byl akumulátorový provoz, který by umožnil měření v terénu. Elektronická konstrukce přístroje byla rozdělena do dvou částí: na základní desku obsahující mikropočítač, LED světelný zdroj, čidlo s převodníkem, akustickou signalizaci měření, čidlo teploty a na externí část obsahující zobrazovací displej a ovládací tlačítka.

Jako zdroj světla byl vybrán LED modul s vlastním stabilizátorem na čipu, řízením po sběrnici a s možností samostatného nastavení tří teplot chromatičnosti v rámci každé z diod. K dispozici jsou náhradní teploty chromatičnosti 6 500 K, 2 600 K a 1 900 K. U současného prototypu je využívána pouze náhradní teplota chromatičnosti 2 600 K. Uvedený koncept umožňuje záměnu zdroje světla za LED modul RGB pro hypotetické rozšíření měření činitele odrazu v kolorimetrickém systému trichromatických souřadnic. Vzhledem ke spektrálnímu rozložení záření použitého zdroje světla (viz obr. 2.) lze očekávat, že bude přístroj vykazovat odchylky při měření barevných povrchů.

Pro měření osvětlenosti bylo vybráno logaritmické proudové čidlo Osram SFH5711. Tento senzor je přímo napojen na 24bitový AD převodník a jeho výstup je linearizován v mikropočítači. Relativní výstupní jednotka senzoru je zhruba v řádu tisíců luxů. Jeho směrová odezva se téměř blíží kosinovému rovinnému přijímači. Spektrální citlivost je velmi blízká spektrální citlivosti standardního fotometrického pozorovatele $V(\lambda)$, která je znázorněna spolu se spektrální složkou záření LED modulu na obr. 2. Spektrální složení světla odraženého od polokoule byla změřena v laboratoři světelné techniky ČVUT spektrometrem Gossen Mavospec Base.

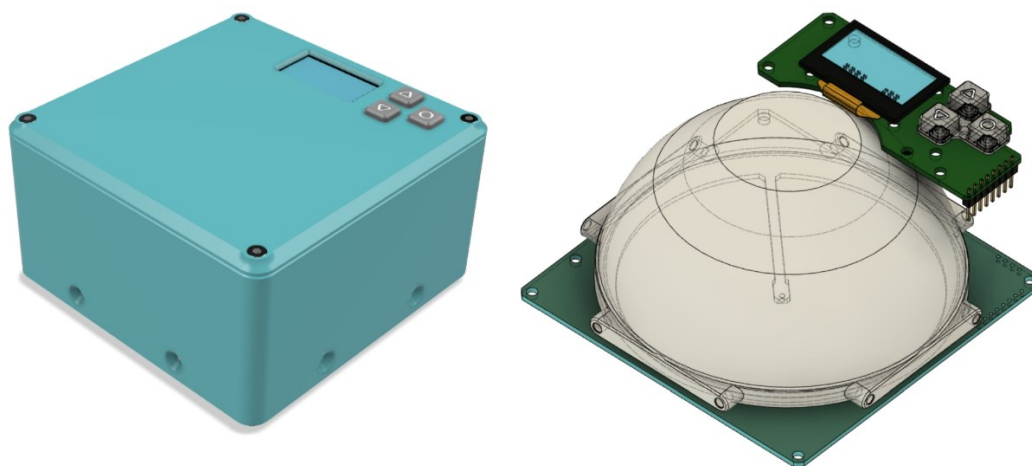


Obr.2 Spektrální odezva čidla (zelená), spektrální distribuce LED (žlutá)

Součástí přístroje je lithium-polymerovým akumulátor o kapacitě 1050 mAh s možností dobíjení přes konektor USB-C. Mikropočítač má k dispozici informaci o stavu nabíjení i napětí baterie. Z těchto údajů lze odvodit přibližnou úroveň nabití akumulátoru.

Hodnoty činitele odrazu jsou zobrazovány na malém OLED displeji s úhlopříčkou 1,3". Zapínání přístroje je řešeno stiskem tlačítka a je obsluhováno elektronickým obvodem. Díky tomu je umožněna funkce automatického vypnutí, která je nastavena na 1 minutu nečinnosti. Iniciační měření vzorku a jeho dokončení je avizováno akusticky a trvá zhruba tři sekundy. Naměřená hodnota činitele odrazu je poté zobrazena na displeji. Nastavení kalibrovaných hodnot probíhá skrze jednoduché rozhraní v příkazové řádce.

Konstrukci přístroje tvoří vnější a vnitřní díl, které byly vyrobeny technikou 3D tisku. Tvar přístroje je dán jednak velikostí vnitřní difuzní polokoule a rozměry tištěného spoje elektroniky. Zobrazení konstrukce přístroje je uvedeno na obr. 3. Vlevo je kompletní přístroj, vpravo jsou tištěné spoje (zeleně) a díl vnitřní polokoule (šedý).



Obr.3 Tělo reflektometru (vlevo), vnitřní uspořádání (vpravo)

LED modul je opatřen rozptylným krytem pro lepší rozptyl světla vyzařované z jednotlivých LED čipů. Rozptylný kryt je vyroben z 3 mm tlustého rozptylného krytu (PMMA), jehož lesklý povrch je pro ještě lepší rozptylné vlastnosti opískován do matné povrchové úpravy velmi malou frakcí abraziva. Difuzní polokoule je opatřena rozptylným nátěrem s obsahem síranu barnatého přes 90%.

Kalibrace přístroje

Kalibrace prototypu přístroje byla provedena ve spolupráci s ústavem radiometrie a fotometrie Českého metrologického institutu, který disponuje kolorimetrickými etalony s definovanou hodnotou činitele odrazu. Dle popsaného principu výše lze očekávat, že závislost mezi činitelem odrazu povrchu a dopadajícím tokem na čidlo je lineární. Z toho důvodu je v přístroji navržen systém dvoubodové kalibrace, ve které se na základě činitele odrazu známých povrchů do přístroje zadají dvě hodnoty činitele odrazu dvou vzorků na kraji rozsahu a relativní hodnota naměřené osvětlenosti. Hodnoty získané během měření jsou na základě kalibrace dopočítány na základě lineární interpolace.

V prvním kroku kalibrace bylo provedeno nastavení stupnice na vzorcích s nejmenším a největším činitelem odrazu, tedy 0,4 % a 85,5 %. Následně došlo k ověření i na vzorcích v odstínech šedi s hodnotou činitele odrazu 5 %, 23 % a 58,2 %. Výsledky měřených hodnot jsou uvedeny v tab. 1. a zobrazují známou hodnotu činitele odrazu vzorku v závislosti na měřené hodnotě činitele odrazu po kalibraci. Hodnoty referenčního činitele odrazu byly získány z ověřovacího listu vzorku.

Označení vzorku	Odstín	Deklarovaný činitel odrazu etalonu	Naměřený činitel odrazu	Odchylka
white		85,5 %	85 %	0,6 %
pale gray		58,2 %	58 %	0,3 %
mid gray		22,9 %	22 %	3,9 %
diff gray		23 %	22 %	4,3 %
deep gray		5 %	5 %	0,0 %
black		0,4 %	0%	-

Tab.1 Referenční hodnoty normálů činitele odrazu a naměřené hodnoty činitele odrazu

Z výše uvedené tabulky je patrné, že na základě dvoubodové kalibrace bílým a černým normálem jsou odchylky i při měření ostatních šedých vzorků minimální. Zdrojem chyby je zde pravděpodobně úbytek světelného toku v závislosti na zvyšující se teplotě polovodiče diody, chyby zobrazovací jednotky zaokrouhlením a spektrální chyby vyvolané spektrální složením zdroje, čidla, spektrální selektivitou všech odrazných a propustných povrchů v systému přístroje.

5 Závěr

V článku byly zmíněny metody pro stanovení činitele odrazu difuzních povrchů. Byl popsán princip historického přístroje v laboratoři světelné techniky ČVUT FEL v Praze. Na základě teoretického rozboru byl vytvořen prototyp přístroje, který byl následně orientačně zkalibrován na vzorcích se známou hodnotou činitele odrazu. Změřením dalších vzorků ve stupnici šedi bylo potvrzeno, že je závislost známého činitele odrazu povrchu a výsledného měření lineární a jejich odchylka je minimální. V návaznosti na dosavadní práci bude v budoucnu provedeno hodnocení barevných vzorků normálů činitele odrazu, zároveň bude provedeno stanovení nejistot měření. Výsledky budou ověřeny při terénním měření povrchů.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů. Část 1: Základní ustanovení. 2014.
- [2] J. Habel a kol., Světlo a osvětlování, Praha: FCC Public, 2013.
- [3] J. Málek, Odrazivé vlastnosti světelně činných materiálů, Praha: ČVUT v Praze, FEL, 2007.

Návrh a realizace světlovodů v praxi

Martin Krejný - návrhář a výpočtář denního osvětlení

Výpočty světla s.r.o., www.vypoctysvetla.cz

WT-Windows Tomorrow s.r.o., www.solatube.cz

1 OBECNĚ O SVĚTLOVODECH

Z historického hlediska se první snahy o světelný transfer datují až do dob starověkého Egypta, kdy Egypťané ve svých pyramidách vykládali vertikální šachty zlatými pláty. Ovšem první skutečně funkční patent světlovodu má na svědomí až Australan Steve Sutton v roce 1986, který se zároveň postaral o rozšíření světlovodů na celosvětovou stavební scénu prostřednictvím firmy Solatube Inc., již byl spoluzakladatelem.

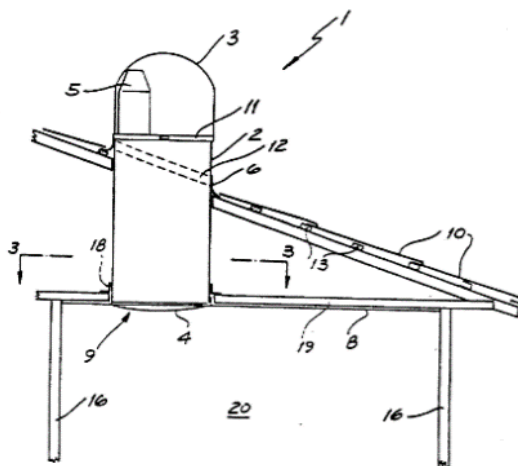


FIG. 1



Obr.1 První patentovaný světlovodu z roku 1986

V současnosti je světlovod celosvětově uznávaným stavebním prvkem, který společně s okny a světlíky patří k základním nástrojům jak řešit denní osvětlení v budovách. Stručně řečeno se jedná o optický systém založený na principu minimalizace světelných ztrát a jeho hlavní předností je světelně vodivá délka, která umožňuje denní osvit interiérů více či méně vzdálených od obálky budovy. Z hlediska funkce lze rozdělit světlovody do třech samostatných zón – zóna zachycení, zóna přenosu a zóna rozptýlu denního světla. V praxi si pak můžeme za tyto zóny dosadit jednotlivé komponenty – kopule, reflexní tubus a difuzér, které se snaží v součinnosti dosáhnout, co nejvyššího světleného výkonu a zároveň tvoří plnohodnotný stavební systém, který se bez problému začleňuje do stavební konstrukce. Za klíčové

považujeme parametry užitých materiálů, optických vlastností a tvarů jednotlivých komponent v půdoryse i řezu a doplňkových funkcí.



Obr.2 Modely současných světlovodů

2 OBECNĚ O NÁVRHU SVĚTLOVODŮ

Návrh světlovodů je komplexní proces, ve kterém se snažíme zohlednit nároky investora, architekta či projektanta i cílového uživatele zároveň. Pořadí přitom určuje vnitřní dynamika projektu samotného a ta je vždy odlišná. Je proto dobré mít na paměti pár základních kritérií, na základě kterých bychom měli být schopni světlovod úspěšně obecně navrhnout a i zrealizovat.

2.1 Dělení návrhu podle exteriérových podmínek:

- 2.1.1 geografická poloha
- 2.1.2 orientace světových stran
- 2.1.3 sněhové úhrny – výškový nástavec
- 2.1.4 smogový spad – ergonomie střešního prvku
- 2.1.5 zastínění – vlastní a okolní zástavbou, terénem
- 2.1.6 přístup k dennímu světlu – přímé, difuzní, odražené

2.2 Dělení návrhu podle interiérových podmínek:

- 2.2.1 celková plocha
- 2.2.2 výška stropu
- 2.2.3 půdorysný tvar
- 2.2.4 povrchové úpravy
- 2.2.5 jiné zdroje denního osvětlení
- 2.2.6 dispozice zařizovacích předmětů
- 2.2.7 účel a způsob užívání
- 2.2.8 architektonické řešení

2.3 Dělení návrhu podle způsobu umístění v konstrukci:

- 2.3.1 kopule – plochá, šikmá střecha, svislá stěna
- 2.3.2 tubus – přímý, zalomený, rozvětvený
- 2.3.3 difuzér – vodorovně, šikmo, svisle, volně do prostoru

2.4 Dělení návrhu podle způsobu prosvětlení:

- 2.4.1 primární, sekundární – hlavní zdroj, doplňkový
- 2.4.2 centrální, lokální – celá místnost, místo zrakového úkolu
- 2.4.3 uživatelský, legislativní – subjektivní zraková pohoda, zákonný rámeček

2.5 Dělení návrhu podle účelu nejčastěji prosvětlovaných objektů:

- 2.5.1 rezidenční objekty – obytné, komunikační, účelové místnosti;
- 2.5.2 komerční objekty – administrativní, výrobní a skladové prostory;
- 2.5.3 objekty občanské vybavenosti – rekreační, zdravotnické, školní;

3 SVĚTLOVODY V PROJEKTU

Ve stavbě světlovod vyniká především svou variabilitou. Nabízí mnoho možností jak jej technicky uchopit, a proto je možné s ním uvažovat prakticky ve všech fázích projektu od studie, přes DÚR, DSP, DPS až po DSPS. Je to dáno tím, že světlovod lze montovat i dodatečně po dokončení objektu, což v případě oken a částečně i světlíků bývá mnohdy problematické. Montáž by měla provádět autorizovaná stavební firma a dodavatel doložit příslušnou dokumentaci pro všechny dotčené orgány. Ty nejčastější dokumenty lze rozdělit následovně:

3.1 Dělení dokumentace podle obecných nároků stavby:

- 3.1.1 – výkresová dokumentace - stavební připravenost, dispozice a detaily osazení
- 3.1.2 – shoda výrobku – CE-EU-305/2011 (nikoliv EN 1873)
- 3.1.3 – dotační tituly – technické parametry systému
- 3.1.4 – průkaz energetické náročnosti budovy
- 3.1.5 – odpady – ekologická likvidace
- 3.1.6 – údržba – návody

3.2 Dělení dokumentace podle stavebně-technických parametrů systému:

- 3.2.1 – památková ochrana – plochý střešní prvek 600x600
- 3.2.2 – energetická bilance – solární zisky g-value
- 3.2.3 – akustická izolace – vzduchová neprůzvučnost R_w
- 3.2.4 – požární izolace – požární odolnost E_I
- 3.2.5 – tepelná izolace – součinitel prostupu tepla U
- 3.2.6 – osvětlenost – cílový činitel denní osvětlenosti D_T

3.3 Dělení dokumentace podle prokazování kvalit třetí stranou:

- 3.3.1 – měření denního osvětlení – zdravotní ústav
- 3.3.2 – blower door test – vzduchotěsnost staveb
- 3.3.3 – zátopová zkouška těsnosti střechy

Dále už budeme návrh světlovodů řešit pouze z hledisek 3.2.6 a 3.3.1, které se přímo týkají denního osvětlení. Z pohledu české legislativy platné k IX. 2021 se považuje za stěžejní zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu a dále vyhláška 268/2009 sb. o technických požadavcích na stavby. Obytné místnosti se za pomoci světlovodů řeší v rámci legislativy spíše okrajově, proto jsou z další klasifikace záměrně vynechány. Půdorysný průměr světlovodu je jedním z klíčových parametrů, které rozhodují o vhodnosti systému k legislativnímu použití. Optimální rozsah je mezi 400 až 800mm. Průměry pod 400mm mají malou účinnost a naopak průměry nad 800mm mají problémy s torzní pevností a celkovou stabilitou systému. Neméně důležité jsou i parametry délky a odraznosti tubusu, které by neměly klesat pod hladinu 99% na jeden odraz a světelné propustnosti jednotlivých komponent jako jsou kopule, vložky či difuzér.

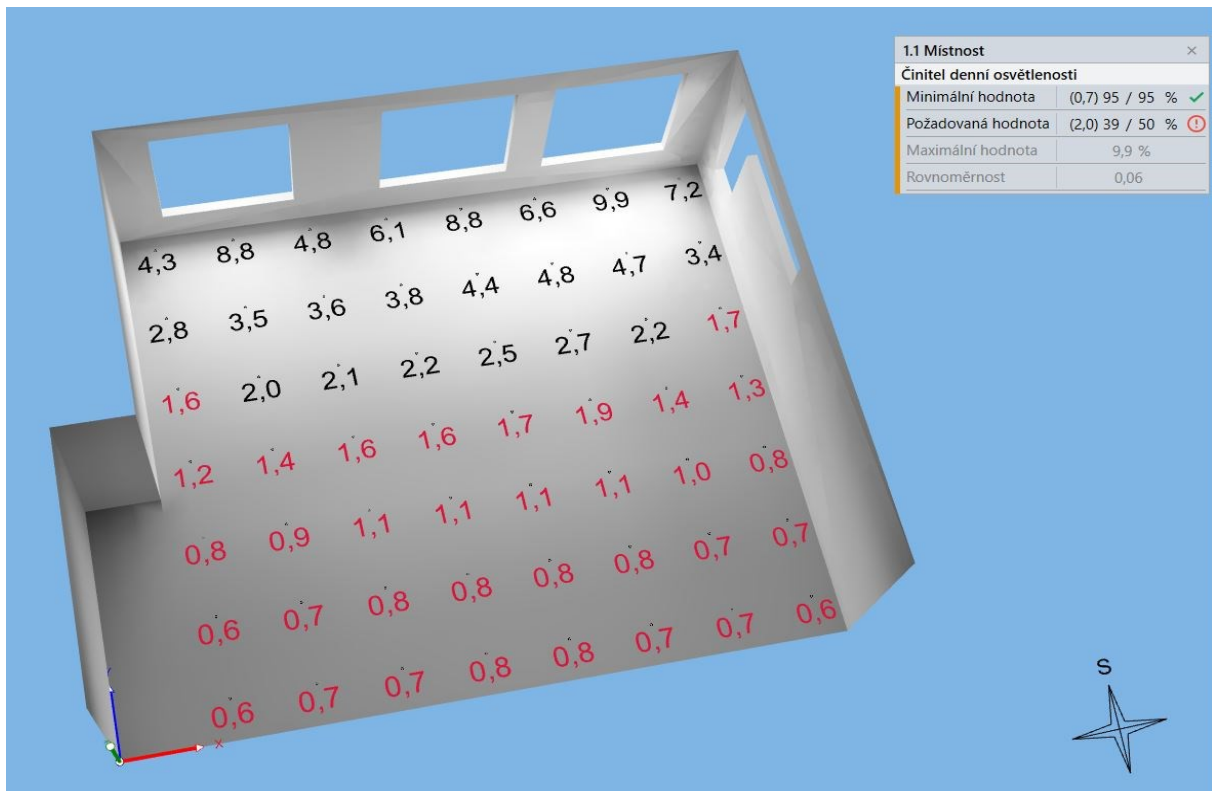
V současnosti světlovody nabízí dvě legislativní trasy, které se v praxi osvědčily. První řeší prostory trvalých pracovišť, tedy pobytových místností hodnocených dle kritérií n.v. 361/2007sb. kterými se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, kde jsou světlovody schopny plnit úlohu nastavené vyhovující plochy trvalého pracoviště $D_{min}=1,5\%$ v kombinaci s okenními otvory. Případně jsou světlovody schopny samostatně plnit denní složku sdruženého osvětlení $D_{min}=0,5\%$ a $D_m=1\%$. Druhá legislativní trasa nabízí řešení denního osvětlení dle vyhlášky 410/2007 sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a to v kombinaci s ČSN EN 17037 o denním osvětlení budov, kterou si ukážeme na příkladu.

4 SVĚTLOVODY V PROJEKTU DLE ČSN EN 17037

Jednou z nejčastěji řešených prostor dle vyhlášky 410/2007 sb. je dětská herna. V tomto konkrétním případě se jedná o hernu s kombinovaným denním osvětlením s převažující svislou složkou a nároky na cílový činitel denní osvětlenosti dle ČSN EN 17037 stanoveny dle tab. A1 pro svislé nebo šikmé osvětlovací otvory:

$$E_{TM}=100\text{lux} / D_{TM}=0,7\% / F_{\text{plane}}95\%$$
$$E_T=300\text{lux} / D_T=2\% / F_{\text{plane}}50\%$$

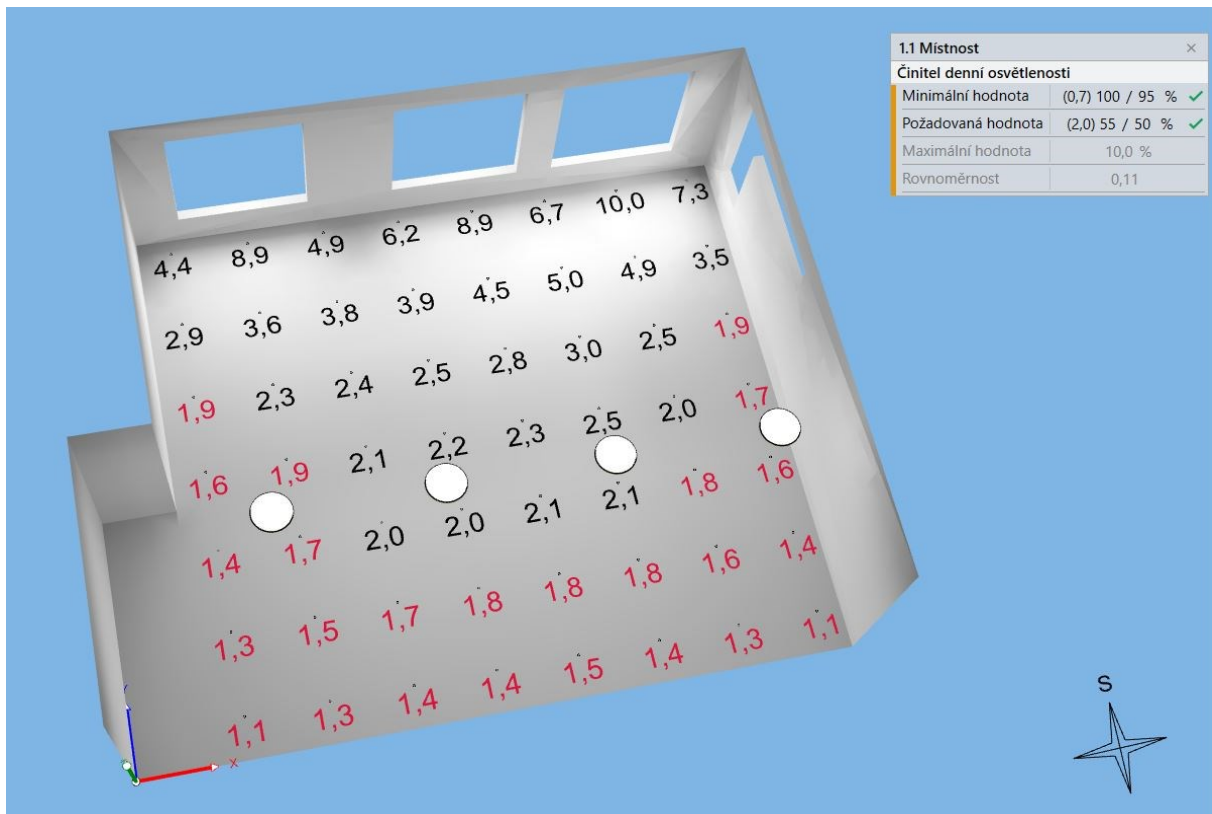
Prvním krokem je tvorba obecného světelného modelu, který uvažuje okolní zástavbu, vlastní objekt včetně místností a světelně-technické parametry osvětlovacích otvorů. V případě řešené herny je navržena soustava oken nedostačující pro plnění nároků ČSN EN 17037.



Obr.3 Modelace v programu WDLS - herna pouze s okny

V dalším kroku je třeba s modelem pracovat, definovat konkrétní nároky projektu či stavby a následně dosadit optimální technologická řešení osvětlovacích otvorů včetně příslušných světelně-technických parametrů. U zmíněné herny je s ohledem na velikost stavebního otvoru ve stropě vyloučen světlík a výsledným řešením je návrh čtyř světlovodů Solatube® 330DS-530mm s těmito parametry:

- délka světlovodu $l=1000\text{mm}$, průměr tubusu 530mm
- světelná propustnost kopule 90% , prizmatického difuzéru 90%
- celková účinnost tubusu (TTE) $99,3\%$ při účinnosti $99,7\%$ na jeden odraz
- součinitel prostupu tepla $U=1,4\text{Wm}^2\text{K}$, g-value $0,58$
- vzduchová neprůzvučnost $R_w=62\text{dB}$
- bez požární odolnosti EI



Obr.4 Modelace v programu WDLS - herna s okny a světlovody

Po úspěšném prostavění zakázky přichází na řadu závěrečné prokazování správnosti navrhovaného řešení. To se provádí měřením denního osvětlení dle ČSN 36 0011-1 a 2 za pomoci luxmetrů při rovnoměrně zatažené obloze CIE 1:3. U herny bylo měření provedeno dvěma luxmetry Metra Blansko PU 550 a rozdíly mezi studií na naměřenými výsledky byly v řádu jednotek procent:

- studie: $D_{TM}=0,7\%$ / $F_{plane}100\%$; $D_T=2\%$ / $F_{plane}55\%$;
- měření: $D_{TM}=0,7\%$ / $F_{plane}100\%$; $D_T=2\%$ / $F_{plane}62\%$;



Obr.5 Interiér herny

5 ZÁVĚR

Technologickou podstatu světlovdů a kvalitu montáže můžeme v praxi ovlivnit z pozice návrháře jen velmi málo a ručí si za ně dodavatel. Největší prostor pro práci nám tak nabízí samotný návrh světlovdů, který je víc než jen nakresleným kolečkem v půdoryse. Světlovod se může stát výborným nástrojem jak vyřešit nevyhovující hladinu denního osvětlení. Nesmíme však zapomínat na kontext s dalšími stavebními profesemi. Provázanost světlovdné technologie se specifickými nároky stavby přináší častá omezení, která ovlivňují výsledný osvit vnitřních prostor. Mezi nejčastější rozpory se tak bezesporu řadí nároky na denní osvětlenost zároveň s požární odolností a nízkými hodnotami součinitele prostupu tepla. Tyto veličiny jsou ve vzájemném rozporu a v praxi není jednoduché dosáhnout souladu. Na druhou stranu při vhodně volených kompromisech lze dosáhnout dobrých výsledků, které mohou přispět k celkovému zhodnocení prosvětlovaných prostor.

Literatura a odkazy

- [1] Stanislav Darula, R. Kittler, M. Kocifaj, J. Plch, J. Mohelníková, F. Vajkay, Osvětlování světlovdy, Grada

Snadné společné řízení osvětlení, vytápění a mnoha dalších funkcí systémem KNX

Josef Kunc, Ing., KNX národní skupina České republiky, z. s., info@knxcz.cz, www.knxcz.cz

Abstrakt: Řízení osvětlení v systémových instalacích bylo v minulosti a je i v současnosti tím základním úkolem pro projektanty i elektroinstalatéry. Neméně důležitým je však začlenění řízení všech dalších reálně využívaných funkcí a funkčních oblastí do společné elektrické instalace, s jednoduchým a účelným ovládním ať již místním nebo vzdáleným. Jsou-li všechny funkce řízeny jako ucelená součást KNX systémové instalace v chytré budově, budou v provozu vždy podle aktuálních požadavků, a navíc ve vazbě na řízení dalších funkcí, což v důsledcích vede k optimalizaci spotřeby energie.

Úvod

Celá řada technických opatření směřovala a neustále směřuje k maximální účinnosti spotřebičů. To lze snadno dokumentovat v oblasti osvětlování přechodem od klasických žárovek až k současným LED světelným zdrojům. Jenže i přes stálé snižování spotřeby elektrické energie nebývá vždy dosahováno významných finančních úspor. Vždyť energetické společnosti neustále zvyšují ceny, což se skrývá i pod stálými poplatky za jmenovitou velikost hlavního jističe. Nakonec tedy stejně nezbyvá než se snažit o co nejeftivnější provoz všech elektrických ale i neelektrických spotřebičů. To znamená využívat energii co nejlépe – jen tehdy, tam a v takovém množství, kdy, kde a kolik je právě zapotřebí. A k tomu výrazně napomáhají především systémové elektrické instalace, v jejichž čele stojí jediný celosvětově normalizovaný systém KNX.

Bez systémových instalací si snad ani nelze představit komplexní řízení provozu energeticky úsporného domu, v němž musí dobře spolupracovat všechny použité funkce, od osvětlení, přes dokonalou vzduchotechniku, vytápění a chlazení, přes výborně fungující stínění a celou řadu dalších funkcí v objektu použitých pro komfort nebo pro zábavu, až ke sledování a řízení spotřeby energií dodávaných jak zvenčí, tak i z vlastní produkce.

1 Vazby mezi funkčními oblastmi přináší nejvyšší úspory.

Závislosti na přítomnosti osob se běžně využívají k ovládní osvětlení v prostorách s občasnou přítomností, ale také v kancelářích, učebnách apod. Využívají se také pro úspory tepelné energie k přepínání mezi komfortním a úsporným režimem topení (chlazení). Takto lze zabezpečit významnou přídatnou úsporu energií pro výrobu tepla, a to oproti jinak dokonale regulovaným soustavám, avšak určeným k nezávislému řízení, bez možnosti spolupráce s jinými systémy.

Venkovní žaluzie v komerčních a podobných objektech se montují pro zamezení oslnění osob uvnitř místností přímým slunečním světlem. Proto je důležité automatické natáčení lamel pro splnění tohoto požadavku v každém okamžiku. Současně ovšem je nezbytné, aby lamely byly natočeny tak, aby do vnitřního prostoru bylo odráženo co nejvíce přirozeného světla. Tak se sníží energetické nároky na vnitřní osvětlení, často řízeného na stálou osvětlenost.

Pro optimální řízení chodu žaluzií slouží žaluziové akční členy, jejichž činnost je plně ovládána specializovanými logickými řídicími moduly ve spolupráci s měřením aktuálních hodnot povětrnostních údajů. V logickém modulu jsou uložena všechna data týkající se zeměpisné polohy budovy, orientace fasád vůči světovým stranám, rozmístění jednotlivých oken (žaluzií) a také umístění možných stínících objektů. Pro operativní řízení provozu žaluzií řídicí modul dostává z povětrnostní stanice údaje o reálném čase, o intenzitě slunečního svitu, o venkovní teplotě či o dešti. Z těchto dat je vypočteno vzájemné postavení žaluzií a Slunce, a tedy i úhel dopadu slunečního záření, podle něhož se lamely natáčí přesně podle okamžité potřeby. Je-li však zatažená obloha nebo některá okna jsou zastíněna např. protilehlou budovou anebo Slunce již nesvítí na sledovanou fasádu, je zbytečné stínit, proto budou žaluzie svinuty a je tak umožněn maximální přístup přirozeného světla.



Obr. 1: Principiální zapojení pro samočinné řízení provozu žaluzií



Obr. 2: Komplex budov s automatizovaným provozem venkovních žaluzií

Vhodným natáčením lamel lze zajistit nemalé přídavné energetické úspory i při řízení vytápění nebo klimatizace. V zimním období se lamely natáčí tak, aby do vnitřního prostoru bylo odráženo maximum přirozeného tepelného záření, v letním období jsou lamely naopak natáčeny tak, aby přirozené tepelné záření bylo odráženo do venkovního prostoru. To znamená úsporu tepelné energie pro vytápění kolem 15 % a pro chlazení dokonce až 30 %.

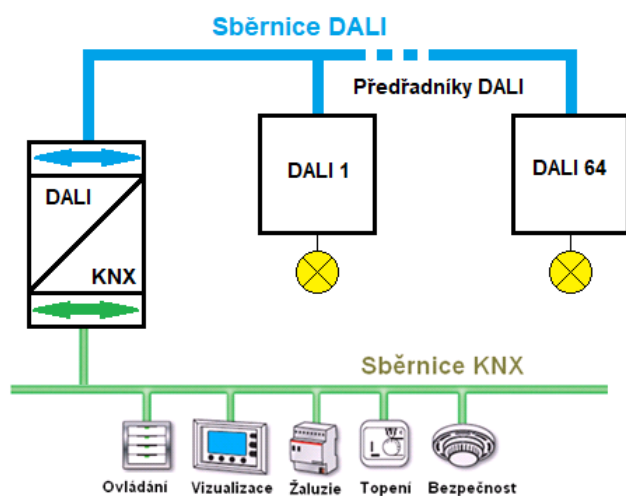
Další úspory přináší vazby na přítomnost osob ve sledovaném prostoru. Po opuštění místnosti je zbytečné vytápět nebo chladit na komfortní teplotu, přepíná se do úsporného režimu činnosti. Pro případy dlouhodobé nepřítomnosti lze začlenit i časové programy, následně je možné přepínat do režimů činnosti zajišťujících ještě nižší spotřebu energie. Na přídavných úsporách se podílí i nastavení žaluzií. Ve dne, v zimním období, v neobsazených místnostech budou žaluzie na osvětlených fasádách plně vytaženy, aby se nebránilo přístupu slunečního tepla, v letním období pak budou plně staženy pro minimalizaci vniku slunečního tepla a tím i spotřeby energie na chlazení.

Povětrnostní stanice ovšem podává také informace o venkovní teplotě. Takže při nočním poklesu teplot pod vhodně nastavenou mez budou žaluzie plně spuštěny, což vede k mírnému snížení tepelného vyzařování budovy a následně i ke snížení potřeby energie na vytápění.

Pro bezporuchovou činnost žaluzií musí být nastaveny i ochranné funkce. Při silném větru nad mez určenou dodavatelem stínících prostředků budou žaluzie plně svinuty a nemůže dojít k jejich mechanickému poškození. Podobně tomu bude i při namrzajícím dešti.

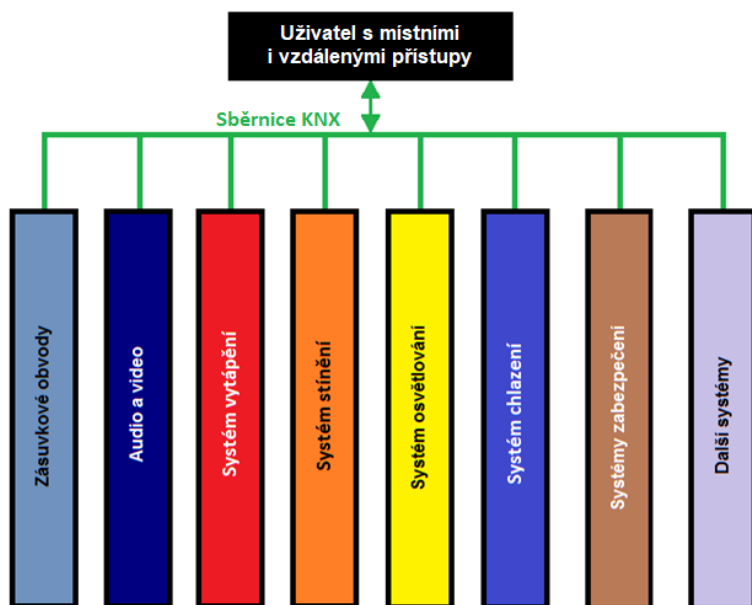
2 Spolupráce různých systémů v KNX instalaci

Hovoříme-li o KNX elektrické systémové instalaci, neznamená to, že všechny v ní použité prvky musí vzájemně komunikovat výhradně po některém z přenosových KNX médií. Naopak, zcela běžná je spolupráce různých systémů. Dnes si snad ani neumíme představit, že by byl jen poněkud rozsáhlejší osvětlovací systémy v budově pracovaly výhradně na KNX sběrnici. Na ní jsou umístěny zpravidla jen ovládací prvky (tlačítkové snímače, snímače pohybu či přítomnosti apod.), zatímco silové ovládání (akční členy – DALI předřadníky) probíhá po sběrnici DALI. Takovéto řešení je pro uživatele ekonomicky zajímavé, proto se ve stále větším měřítku využívá i v KNX bytových instalacích.



Obr. 3: Rozhraní KNX/DALI zjednodušuje ovládání osvětlení

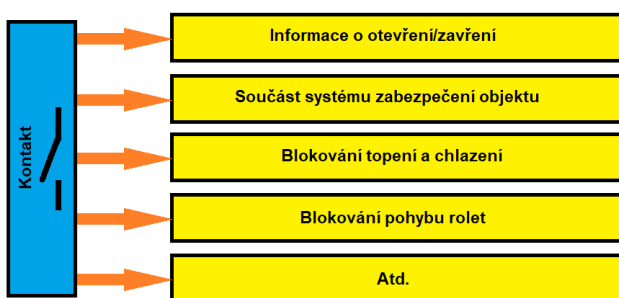
Celá část osvětlovací soustavy řízená jedním KNX/DALI rozhraním bude z topologického hlediska jediným prvkem na KNX sběrnici, ovšemže se zachováním všech možností vytváření vazeb na provoz žaluzií, na přítomnost a na veškeré další prvky společné systémové instalace. V rozsáhlých objektech se využívá řízení osvětlení při využití vyšších počtů DALI linií – pro každou z nich je do topologického uspořádání vloženo samostatné rozhraní KNX/DALI.



Obr. 4: Po sběrnici KNX spolupracuje jakkoli rozsáhlý soubor funkcí a funkčních oblastí

Podobně je po sběrnici KNX zajištěno individuální řízení vnitřního prostředí v jednotlivých místnostech (měření, teploty, kvality vnitřního vzduchu apod., řízení přístupu tepla a vzduchu). Prostřednictvím rozhraní spolupracujících s řídicími jednotkami vytápění, vzduchotechniky a klimatizace je pak zajišťován optimální přísun tepla (upraveného vzduchu) do jednotlivých místností. Obdobně probíhá spolupráce s dalšími funkčními oblastmi (obr. 4).

Velmi výhodné je i mnohonásobné použití údajů předávaných na sběrnici jednotlivými snímači.



Obr. 5: Okenní kontakt má celou řadu úkolů

Okenní kontakty mohou ale také nemusí být součástmi elektronického systému zabezpečení budovy (EZS). V každém případě je ale možné jejich současné využití i pro vazby na řízení dalších funkcí využívaných v objektu. Na obr. 5 je znázorněno několik takovýchto vazeb. Jeden kontakt takto může podávat po KNX sběrnici informaci o stavu okna (otevřeno/zavřeno) např. do centrální vizualizace, současně se podělí o tutéž informaci s EZS. Při otevření okna zajistí zablokování přívodu tepelné energie – prostorový termostat v dané místnosti obdrží

zprávu a následně přepne režim vytápění a chlazení do kritického režimu (mrazová/tepelná ochrana). Je-li okno zastíněno vnitřní roletou, jejímu spouštění a případnému poškození otevřeným oknem je zabráněno zablokováním pohybu příslušného motorického pohonu. Bude-li zapotřebí uskutečnit jakékoli další vazby na další činnosti, je to možné využitím společného telegramu s informací o stavu okna akčními členy řídicími činnosti těchto dalších funkcí.



Obr. 6: Údaje z povětrnostní stanice kromě úspor zajistí i vyšší bezpečnost

Výše bylo naznačeno využití údajů povětrnostní stanice předávaných na KNX sběrnici při optimálním řízení žaluzií. Ovšem její údaje lze využít i pro další účely (obr. 6).

3 Ovládací a řídicí prvky v KNX instalacích

Ovládací prvky pracují zpravidla na sběrnici KNX. Nejčastěji používanými z těchto ovládacích prvků jsou tlačítkové snímače, ale pro zajištění správné činnosti všech funkcí je nezbytná celá škála dalších typů snímačů. Obecně definovaným úkolem snímačů je odesílání informací na sběrnici k vykonávání stanovených příkazů, což zajišťují akční členy po jejich přijetí. Bez nároků na úplnost výčtu lze uvést obecné typy těchto přístrojů a jejich úkoly, přičemž každý ze snímačů může být jen jedním z uvedených typů, ale často se jedná o jejich kombinace (např. tlačítkový snímač kombinovaný s termostatem a snímačem pohybu):

- Tlačítkové snímače: především pro spínání a stmívání osvětlení, pro řízení provozu stínicích prostředků, pro ovládání různých spotřebičů, pro spouštění scén a centrálních funkcí atd.
- Snímače pohybu a přítomnosti: řízení osvětlení, spínání ventilace, spínání režimů vytápění a chlazení, spouštění scén, zabezpečení atd. – vše též s vazbou na intenzitu osvětlení.
- Snímače vnitřní teploty – termostaty: jsou zpravidla vybavené programovatelnými regulátory pro řízení topení, chlazení a ventilace.
- Snímače kvality vnitřního ovzduší: měření relativní vlhkosti vzduchu, obsahu CO₂ apod.
- Povětrnostní snímače: měření teploty, intenzity osvětlení, dešťových srážek, rychlosti a směru větru, atmosférického tlaku atd.

- GPS přijímače času: datum, čas, zeměpisná poloha apod. (často jako součást povětrnostních stanic).
- Snímače zabezpečovací: tříštění skla, okenní, dveřní a jiné speciální kontakty, únik vody, zplodiny hoření atd.
- Binární a analogové vstupy: pro připojení libovolných dalších snímačů.
- Elektroměry a další měřidla: vodoměry, plynoměry, měřiče spotřeby tepla apod.

Na sběrnici KNX jsou tedy k dispozici prakticky libovolná data předávaná těmito snímači. Veškeré údaje lze využívat pro řízení všech funkcí v budovách, jimiž jsou objekty vybaveny. Všechny provozní stavy nebo naměřené hodnoty je možné zobrazovat ve vizualizačních prostředcích. Měřené hodnoty lze využívat také pro sledování a řízení spotřeby ve vazbě na možnosti dodávek energií.

Využití snímačů různých fyzikálních veličin, často v kombinaci s jednoduchými logickými operacemi nebo s vazbou na reálný čas, dovolí v KNX instalacích vytvářet libovolně proměnné podmínky činnosti třeba i všech použitých funkcí.

4 Bezpečnost komunikace

Pokud byla KNX systémová instalace vytvořena podle všech zásad, s nimiž jsou seznamování projektanti i pracovníci montážních firem v průběhu základních certifikačních kursů, je zajištěn také dostatečně zabezpečený přenos dat po sběrnici. Při využití kódovaných přenosů zpráv systémem KNX Secure lze úplně předejít jakýmkoli hackerským útokům.

5 Jak budou vypadat KNX systémové instalace v budoucnosti?

S růstem zákonných požadavků na energetickou bilanci budov narůstá počet nových energeticky úsporných či pasivních budov. S tím souvisí i zvyšování požadavků na automatizaci řízení vnitřního prostředí. Kromě toho uživatelé stupňují své nároky na stále širší vzdálené přístupy k mnohým funkcím, jimiž jsou jejich objekty vybaveny. A navíc, potřeba začlenění do sítě společně řízených domů v chytrém městě se neobejde bez kvalitní systémové instalace s bezpečnou komunikací. To znamená spolupráci instalace s jakýmkoli dalšími činnostmi a funkcemi v rámci internetu věcí. A to vše umožňuje především celosvětově normalizovaná a také po celém světě rozšířená soustava KNX systémové instalace.

Literatura a odkazy

[1] www.knxcz.cz, www.knx.org

[2] Soubory norem ČSN EN 50090, ČSN ISO IEC 14543, ČSN ISO EN 22510

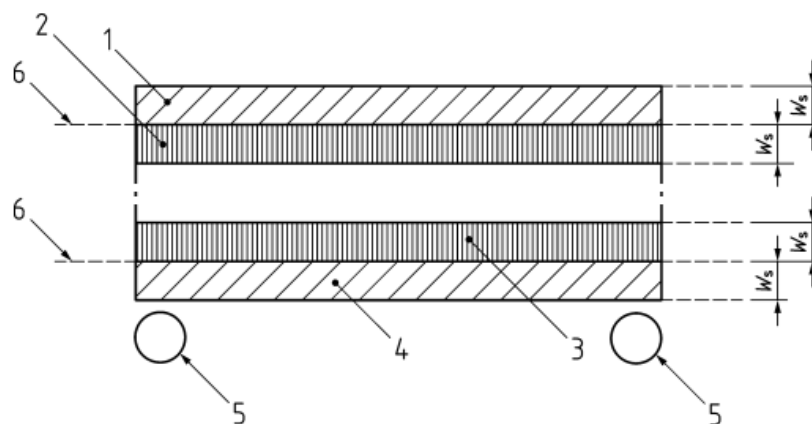
Jak přistoupit k navrhování osvětlovacích soustav VO z pohledu požadavků na osvětlení okolí

Tomáš Maixner, Ing., živnostník, dql@dql.cz, www.dql.cz

Abstrakt: Pro pozemní komunikace třídy skupiny M je předepsán koeficient osvětlení okolí. Ve třídách C to již není tak zjevné a ve třídách skupiny P zaveden není. Přitom není důvod, proč by nemělo být okolí všech komunikací přisvětleno. Informovanost řidiče o dění v okolí vozovky je nezbytná pro bezpečnou jízdu. Umožňuje předvídat počínání osob nebo zvířat v okolí vozovky.

1 Úvod

V technické normě [1] je uvedeno, že v případě komunikací třídy M je třeba vyhodnotit koeficient osvětlení okolí R_{EI} . Ten je definován jako podíl průměrné vodorovné osvětlenosti pruhu přiléhajícího k hraně jízdního pásu zvenku a průměrné vodorovné osvětlenosti pruhu přiléhajícího k hraně jízdního pásu zevnitř. Oba pruhy mají šířku jednoho jízdního pruhu hodnoceného jízdního pásu. Tento poměr se hodnotí pro obě hrany komunikace a jeho velikost je 0,35 pro třídu M1 a M2 a 0,30 pro ostatní komunikace skupiny M.



Obr.1 Koeficient osvětlení okolí (1, 4 = vnější pás; 2, 3 = vnitřní pás; 5 = sv. bod; 6 = hrana jízdního pásu; W_s = šířka jízdního pruhu)

V předešlém znění normy byla formulace jiná; posuzoval se činitel osvětlení okolí SR . Požadavek byl přísnější, když posuzované pásy byly šířky 5 m a hodnota SR byla jednotně 0,50.

2 K čemu to je?

Je dobré si připomenout ještě jeden termín ze světelné techniky. Tím je rychlost zrakového vjemu. Zní to poněkud neuvěřitelně, ale zrakový vjem nevzniká současně s nějakým podnětem. Ani nezaniká. Takže je možné, že dojde k nějaké změně, zvíře vběhne do vozovky, aniž by ji zrak vyhodnotil ve chvíli jejího vzniku. Dojde k tomu s určitým zpožděním. Toto zpoždění je rychlost vnímání a ta je závislá na jasu předmětů v zorném poli (adaptační jas). Rychlost je při nízkých jasech nízká a vzrůstá s vyšší jasu v zorném poli. V relativně

tmavém prostředí $0,15 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ je tato hodnota přibližně vteřina. Pro hodnotu kolem $1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ to je stále ještě půl vteřiny.

Jas $0,15 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ se jeví jako nereálný, vždyť nejnižší požadavek na průměrný jas vozovky je dvojnásobný (M6). To je však jen jas vozovky. Pokud se bude komunikace nacházet v prostředí s tmavším okolím, třeba v části bez okolní zástavby, tak výsledný průměrný jas bude možná i nižší než zmíněných $0,15 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Není tedy vyloučené, že rychlost zrakového vjemu bude zmíněná vteřina. I pro ukázněného řidiče jedoucí padesátikilometrovou rychlostí to znamená, že ujede téměř čtrnáct metrů, aniž by tušil, že se na vozovce objevila nějaká překážka. Ono i pro vyšší jasy to není právě málo. Připočtíme následující fázi rozhodování, reakci řidiče a stroje...

V souvislosti s rychlostí zrakového vjemu je dlužno podotknout, že noční jízda v neosvětlených místech je ruská ruleta. I nejlepší světlomety auta nedokážou vytvořit dostatečnou úroveň jasů, aby byla jízda bezpečná. Pokud někdo tvrdí, že auta mají světlomety a je tedy veřejné osvětlení zbytečný přepych, tak se velice hluboce mýlí.

Z uvedeného je zřejmé „k čemu to je“. Význam koeficientu osvětlení okolí informuje účastníky dopravního provozu o dění mimo vozovku. Řidič tak může v předstihu odhadnout, zda člověk v blízkosti krajnice nehodlá vstoupit do vozovky, zda mu nevbíhá do cesty pes nebo dítě...

3 Proč M ano, proč C ne?

Zařazení komunikace do skupiny C se používá ve dvou základních případech.

První skupinou jsou konfliktní oblasti. Jejich výčet je v normě [1]. Zatřídění se provede podle pravidel pro třídu C. Vyvstává otázka, proč by se v konfliktních oblastech nemělo dostatečně osvětlovat okolí vozovky. Není pro to sebemenší důvod. Odebrat řidiči informaci o dění v nejbližším okolí v místech kritické situace nesníží riziko nějakého střetu. Naopak.

Dlužno připomenout fakt, kterého si řada projektantů veřejného osvětlení není vědoma. Podle [1] se i v případě komunikací třídy skupiny C upřednostňuje jako hodnotící kritérium jas komunikace. Jaká hodnota se zvolí, to řeší tabulka 2 normy [1]. Podle ní se třída C3 převádí na třídu M2, M3 nebo M4. Rozhodující je velikost součinitele jasu. Pro nejběžnější vozovky s živičným povrchem je v rozmezí $0,05$ až $0,08 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$. Pro tento případ se navrhuje osvětlení konfliktní oblasti C3 podle třídy osvětlení M3. Zde je na místě považovat za závazná všechna kritéria této třídy. Tedy i osvětlení okolí.

Druhou skupinou jsou situace, kdy je komunikace zařazena do skupiny tříd M, ale není možné její jas stanovit výpočtem, resp. vyhodnotit měřením. To je příkladně na kratších nebo nerovných úsecích. Pak se nehodnotí komunikace podle jasu, ale podle osvětlenosti jako třída osvětlení skupiny C. Přetřídění se opět provede podle zmíněné tabulky. Je s podivem, že na rovné komunikaci se hodnotí osvětlení okolí (jde o třídu M), ale ne téže komunikaci se v zatáčce nehodnotí. Přitom právě v zatáčce je situace bezesporu méně přehledná. Právě zde by se měl klást vyšší důraz na bezpečnost. Tedy i na to, aby měl řidič přehled o dění v okolí komunikace.

Mám za to, že je třeba na komunikacích třídy skupiny C řešit osvětlení okolí ve všech případech.

4 Proč M i C ano, proč P ne?

Zbývá pozastavit se nad tím, proč není požadováno osvětlení okolí pro komunikace zařazené do třídy skupiny P.

Jde o komunikace „podřadné“, resp. s malými požadavky na osvětlení. Přesto se vyskytují v reálné světě, nejsou izolovány od svého okolí.

Osvětlení těchto komunikací se podceňuje. To proto, že se na nich pohybují vozidla pomalou rychlostí. Nebo by alespoň měla. Ale i tak jsou pro bezpečnou jízdu potřebné informace o dění mimo vozovku. Je třeba vzít v úvahu, že je mnohdy obtížnější situace vyhodnotit. Brání tomu například přemíra zaparkovaných aut, užší komunikace, tmavé okolí. Proto považují za nezbytné i zde navrhovat osvětlovací soustavy včetně osvětlení okolí.

Od požadavku na osvětlení okolí by snad bylo možné upustit snad jen tam, kde je rychlost velmi nízká. Dle normy je to rychlost odpovídající chůzi. Přesto i z pohledu pěšáka je informovanost o dění v nejbližším okolí důležitá. Jedním z důvodů je fakt, že v prostoru uzavřeném nepropustnou tmou ztrácí poutník pocit jistoty a bezpečí. Dalším důvodem je skutečnost, že chodec v osvětleném (osvětlenějším) prostoru může s určitým předstihem vyhodnotit situaci. Poznat, že se jej chystá někdo napadnout.

Mám za to, že právě i na komunikacích skupiny P je nezbytné navrhovat osvětlení tak, aby bylo osvětleno i okolí. Určitě u komunikací s výskytem automobilů. Vhodné by to bylo i u cest vyložené pěších.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN CEN/TR 13201-1: Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Výběr tříd osvětlení
- [2] ČSN EN 13201-2: Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky
- [3] ČSN EN 13201-3: Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet
- [4] ČSN P 36 0455: Osvětlení pozemních komunikací: Doplnující informace

Možnosti vyhodnocování rušivého světla z pohledu soudního znalce

Tomáš Maixner, Ing., živnostník, dql@dql.cz, www.dql.cz

Abstrakt: V textu uvádím přehled kritérií pro posouzení vlivu osvětlení na noční venkovní prostředí. Kritéria rozumná i nesmyslná. Žel, ta druhá se stále více prosazují. Pomíjím problematiku modré složky viditelného světla, to samo by vydalo na knihu.

1 Úvod

Jeden případ na úvod. Byl jsem požádán jistou dámou, abych ji podpořil v boji proti nadměrnému osvětlení jejího obydlí. Doložila svízelný stav i fotografiemi. Ač vím, že fotografie je zcela nevěrohodná, tak jsem uvěřil. Na ukázkou jedna ze zaslanych fotografií. Vlevo tak, jak mi byla zaslána. Vpravo upravena tak, jak situace vypadá v reálu. Přesněji řečeno, upravena je ta levá, pravá je navrácena do původního stavu.



Obr.1 Vlevo foto dle přání stěžovatelky, vpravo dle reality

Na místě jsem zjistil, že nejvyšší hodnota osvětlenosti na jejím obydlí je 0,21 luxu. To po započtení všech korekcí, připočtení kladné odchylky nejistoty měření a po přepočtu na časově počáteční stav. To znamená, že hodnota nemůže být v žádném případě ve skutečnosti vyšší. Vždy se rušivé účinky světla posuzují pro počáteční stav, kdy je situace nejvíce obtěžující. Uvedená hodnota by vyhověla i v environmentální zóně E1 v době mimo noční klid. Domek leží v zóně E2, kde v době nočního klidu je vyhovující osvětlenost téměř pětinasobná – 1 lx a mimo tuto dobu dokonce 5 lx.

Fotografii lze snadno upravit tak, aby ukazovala, co si upravovatel přeje. Proto ji nelze považovat za nějak průkaznou. Zejména ne, když nejsou známy okolnosti jejího vzniku, není známa citlivost, doba expozice, clona. Takových fotografií lze nalézt na webech ekologických aktivistů desítky.

Nelze spoléhat ani na oko, na „okometrické“ hodnocení. Ano, tento termín je používán, byť ho ve slovníku světelné techniky nenaleznete. Kdyby alespoň subjektivní hodnocení...

Oko je neskutečně přizpůsobivé. Není možné prohlásit, že je někde určitá hladina osvětlenosti. Stejně jasný (osvětlenost oko nevnímá) je noční stolek osvětlený nějakým svítidlem. Bez ohledu zde je večer nebo noc. Zvečera je oko adaptováno na relativně vysoké

jasu, takže nevyhodnotí stránku v knize jako oslňující (i když záleží na obsahu strany, ale to není záležitost vidění). Při nočním probuzení by byla jasnost oné stránky nesnesitelná. Když v noci procházím bytem, tak vrhám na stěnu stín vyvolaný světlem číslice 9 na dvířkách vinotéky. A to ve „světelně zašpiněné“ Praze. Nemyslím, že jsem schopen to rozlišit proto, že je vyzářované světlo „toxicky“ modré. Je to proto, že mám zrak adaptovaný na tmu.

Dosavadním textem jsem chtěl toliko zdůraznit, že vliv světla není možné hodnotit subjektivně, ale pouze s použitím přístrojů. To není „chytrý“ mobil, kterým nelze měřit ani orientačně. Táž aplikace, v tomtéž typu telefonu, ukazuje hodnoty lišící se v desítkách procent. Nelze použít ani přístroj zakoupený u Conrada, na Amazonu nebo u nějakého „seriózního“ asijského výrobce (nejen asijského). Je možné použít pouze kvalitní, kalibrované, přístroje. Což není kdejaký přístroj. Ale to bychom zašli někam jinam. Tento text není o pravidlech měření, ale o vyhodnocení naměřených hodnot.

Pomijím tedy způsob získání vstupních dat, budu se věnovat způsobu jejich vyhodnocení.

2 Kritéria posouzení

Požadavky na omezení rušivých účinků světla jsou uvedeny v řadě dokumentů. Je to národní technická norma ČSN P 36 0455 [1], v současné době v revizi (již čtvrtým rokem). Znamé TKP-15 [2] a evropská technická norma ČSN EN 12646-2 [3]. A pochopitelně v prapůvodních zdrojích, jako jsou dokumenty CIE [5], [6], [8] nebo nařízení komise ES [7]. Dokumenty CIE (Mezinárodní organizace pro osvětlování) jsou podkladem pro tvorbu technických norem.

Odlíšná kritéria jsou uvedena též v jiných materiálech. Ty však nepovažuji za dostatečně kvalifikovaně zpracované, aby bylo možné na jejich základě rozhodovat o vlivu světla. Žel, jsou obecně známé. Nevidím důvod dále šířit pochybnou slávu různých příruček, byť posvěcených nejvyššími místy. Podíleli se na nich aktivisté v těžkém střetu zájmů obchodním nebo bezohledně prosazující své hobby. Ze strany světelných techniků se na nich podíleli buď „expertí“ samozvaní, nebo loajální s vrchností.

Vycházet budu tedy z materiálu [1] doplněném v [2]. Zejména u [1] vycházím ze znění současného, nikoliv budoucího. Budoucí nemohu ovlivnit. Zpracování normy mi bylo odebráno (aniž bych o tom byl spraven) a nadále mám jen poradní hlas. Ten však sotva bude vyslyšen. Nejen můj. Technická normalizační komise je totiž pouze poradní sbor. A na jeho doporučení se v případě vyššího zájmu nedbá.

Jedním z kritérií je „horní účinnost svítidla“, což je podíl světelného toku vyzářeného nad svítidlem nad vodorovnou rovinu. V evropském nařízení [7] byl poprvé uveden požadavek na horní účinnost svítidla na základě rozumu, s ohleduplností k nočnímu prostředí. Jak dokazuje řada prací, není tzv. „plně cloněné“ svítidlo zárukou minimalizace rušivého světla. Pod tlakem aktivistů se neustále řeší množství světla, které zvyšuje závojový jas oblohy, místo toho, aby se vliv světla na životní prostředí řešil komplexně. Ono totiž není rušivé jen světlo, které uniká do horního poloprostoru, ale i to, které dopadá tam, kde není žádoucí – například mimo osvětlovanou komunikaci a její okolí (viz [4]). Nehledě na to, že světlo se odráží a tedy i k obloze. Čím víc je svítidlo cloněno, tím horší má vlastnosti, tím nižší činitel využití. Takže je nutné nainstalovat větší světelný výkon a do prostoru se dostává větší množství světla. To se odráží, takže v důsledku mohou být „plně cloněná“ svítidla příčinou vyššího jasů oblohy,

než k jakému by došlo při použití svítidel, která malou část emitují do horního poloprostoru přímo.

Avšak nelze posuzovat vliv osvětlovací soustavy pouze z pohledu rušivých účinků světla. Dopad „plně cloněných“ svítidel je i energetický. Tedy vyšší zátěž životního prostředí. To není jen vyšší produkce CO₂, ale obecně nadvýroba. Je nutné vyrobit větší počet svítidel a sloupů, větší počet betonových základů... nebo svítidel s vyšším příkonem na vyšších stožárech. A také vše dopravit. To vše zatěžuje životní prostředí a proto je nezbytné posoudit osvětlovací soustavy komplexně.

Je tedy žádoucí clonit svítidla s rozumem – tedy podle následující tabulky 1. Návrhová poloha je skutečná poloha svítidla v reálné osvětlovací soustavě – svítidlo nemusí být upevněno vodorovně; třeba proto, aby se zajistila na vozovce dostatečná rovnoměrnost osvětlení.

Třída osvětlení	Světelný tok zdroje Φ (klm)	ULOR (%)
M1 až M6	libovolný	3
C0 až C5 P1 až P6	$12 \leq \Phi$	5
	$8,5 \leq \Phi < 12$	10
	$3,3 \leq \Phi < 8,5$	15
	$\Phi < 3,3$	20

Tab.1 Maximální přípustná horní účinnost svítidla v návrhové poloze (ULOR)

V oblastech, kde je ve společenském zájmu důležité omezit množství světla emitovaného do nočního prostředí, je přípustná hodnota stále do 1 %. Mezi takové oblasti patří význačné přírodní rezervace, v nichž by světlo prokazatelně nepříznivě ovlivnilo život. Patří sem také astronomické observatoře národního a mezinárodního významu. To je u nás Ondřejov a případně Kletř.

Uvedené mezní hodnoty nejsou považovány za nepřekročitelné. V odůvodněných případech je to možné. Třeba tam kde se prokáže, že nedodržení hodnot uvedených v tabulce vede ke snížení zátěže nočního prostředí umělým světlem. Nebo kde je to žádoucí z urbanistického nebo architektonického hlediska.

Je nesmysl omezovat světelný tok do horního poloprostoru v případě kdy šíření světla zabrání městská zástavba. Bezohledné omezení světla do horního poloprostoru nepomáhá životnímu prostředí a degraduje noční prostor. Jak by to vypadalo v případě historického centra města je zřejmé z pravé části obrázku č. 2.

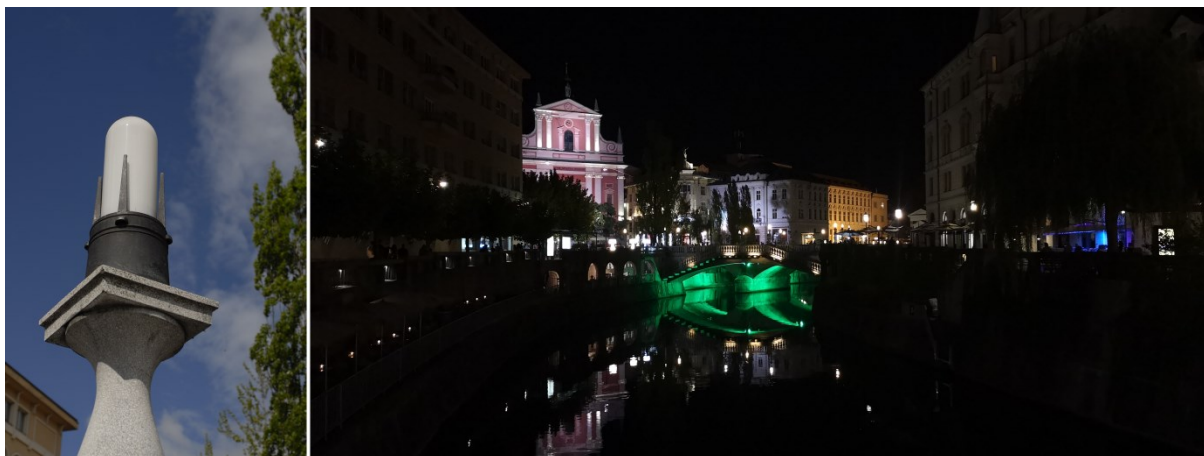
Ke kultuře naší doby nepatří jen hvězdy na obloze, ale i nasvětlení památek a osvětlení prostoru s důrazem na zrakovou i psychickou pohodu.

Případá mi naprosto zvrácená a neodpustitelná snaha zneužít současné pandemie k vlastním sobeckým zájmům. Tím myslím výzvy k zhasínání osvětlení památek s policejní hodinou. V době, kdy se hroučí mnohým životní jistoty, odebrat i to málo, co lidi může povzbudit. I když nemohou vycházet, z oken hledět mohou. Mám výhled na Prahu, naštěstí se nechalo zmanipulovat jen málo institucí.



Obr.2 Vlevo realita, vpravo pokus o znázornění stavu v případě omezení vyzařování světla do horního poloprostoru

Aktuální poznámka: Navštívil jsem slovinskou Lublaň. Zde již několik let platí nesmyslné nařízení tamní vlády [10]. O nekvalifikovanosti vládních našeptávačů svědčí například to, že jas památek se podle nařízení hodnotí ze vzdálenosti 50 m. Samozvaní „světelní experti“ netuší, že jas není závislý na vzdálenosti. A to pomíjím fakt, že požadavek na úroveň jasu památky je nižší, než pro průměrnou pozemní komunikaci (1 cd.m^{-2}). Je tam řada dalších nesmyslů, ale to by bylo na samostatný příspěvek. Bez omezení jsou přípustné světelné zdroje do 20 W za předpokladu, že průměrná osvětlenost komunikace je nejvýše 2 luxy (třída P6 – centrum Lublaně je však P2, tj. 10 lx). Vzhledem k tomu, že Lublaň používá estetická svítidla a nehodlá se jich zbavit, tak centrum města tone ve tmách. Nevím, zda není nějak nařízení aktualizováno, protože vzniklo v době předletové, takže 20 W by nebylo zas tak málo. Žel, stále jsou v centru použity kompaktní zářivky.



Obr.3 Lublaň, překrásná za dne a temná v noci

V [1] i [2] je též návod jak postupovat v případě citlivých lokalit. V nich je třeba posoudit více možných řešení, včetně onoho s “plně cloněnými” svítidly. Pak vybrat soustavu, která bude nejekonomičtější, nejméně energeticky náročná. Stanovení kritérií hodnocení přesahuje rozsah tohoto příspěvku.

Jen připomenu, že se všechny posuzované hodnoty vztahují k nejméně příznivé situaci. To znamená, že se naměřené hodnoty musejí přepočítat na počáteční stav ($MF = 1$), kdy jsou svítidla nová, čistá, stejně tak i světelné zdroje. Nezanedbatelné je i to, že se k měření používají přístroje s čidly přizpůsobenými fotopické spektrální citlivosti lidského oka. Přístroje

kalibrované na skotopické vidění jsou oblíbeným způsobem klamání zákazníků ze strany nesolidních dodavatelů.

Podle [1], [2] se posuzují ještě další parametry. V následující tabulce 2 jsou uvedeny přípustné limity rušivého světla zaručující minimalizaci potíží pro osoby, floru a faunu. Budu k ní mít výhrady.

Zóna životního prostředí	Osvětlenost na objektech E_K (lx)		Svítivost svítidla I_K (cd)		Podíl horního toku R_{UL} (%)	Průměrný jas L_K ($cd \cdot m^{-2}$)	
	mimo noční klid	v době nočního klidu	mimo noční klid	v době nočního klidu		fasád budov	informačních a reklamních znaků
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

Tab.2 Přípustné maximum rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách

Jednotlivé zóny životního prostředí (environmentální) jsou charakterizovány následovně:

- E1: oblasti obzvláště tmavé (národní parky nebo chráněná území)
- E2: oblasti s nízkým jasem (průmyslové nebo obytné venkovské oblasti)
- E3: oblasti se středním jasem (průmyslové nebo obytné oblasti na okrajích měst)
- E4: oblasti s vysokým jasem (centra měst a obchodní zóny)

V tabulce jsou uvedena jednotlivá kritéria pro dobu nočního klidu a mimo noční klid (kde to má smysl). V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, nesmí být vyšší hodnoty nikdy překročeny a přísnější (předepsané pro dobu nočního klidu) se mají upřednostnit.

V některých případech nelze jednoduše uvedená pravidla splnit pro dobu nočního klidu jinak, než vypnutím osvětlovací soustavy. Např. svítivost v zóně E1. Jak jsem již ukázal, některé požadavky jsou překonány. Je to především podíl horního toku, kdy v E1 je požadována jeho nulová hodnota (s dále zmíněnou výjimkou). Ale je to i svítivost.

3 Osvětlenost na objektech

Normou není definována pozice, pro kterou se tento parametr má vyhodnocovat, ale je zřejmé, že se jedná o osvětlenost oken. To proto, že pokud by se jednalo o osvětlenost vlastního průčelí, tak by postrádal smysl poslední požadavek na průměrný jas fasád budov. Šlo by o duplicitní požadavek, který by byl navzájem v rozporu. Ostatně nikoho z obyvatel domu nebude v běžných situacích rušit světlo na průčelí, ale světlo, které proniká přímo do příbytku. A to je závislé na osvětlenosti okna.

Pokud by byla maximální přípustná osvětlenost překročena, tak se musí hledat opatření, jak ji omezit na přijatelnou hodnotu. Například snížením světelného toku osvětlovací soustavy nebo úpravou umístění či směřování jednotlivých svítidel.

4 Svítivost svítidla

Rozumí se svítivost v potenciálně rušivém směru. Smyslem tohoto omezení je zabránit nadměrnému pronikání světla do citlivých míst. To může být například kopule hvězdárny, řídicí věž na letišti apod. V běžných případech není třeba ji posuzovat. Je však třeba podotknout, že se jedná o nesmyslný požadavek, protože svítivost a rušivý účinek světla spolu nekorespondují. V návrhu revize technické normy ČSN P 36 0455 je již vypuštěn (omlouvám se, že jsem ho nezrušil, dokud jsem mohl).

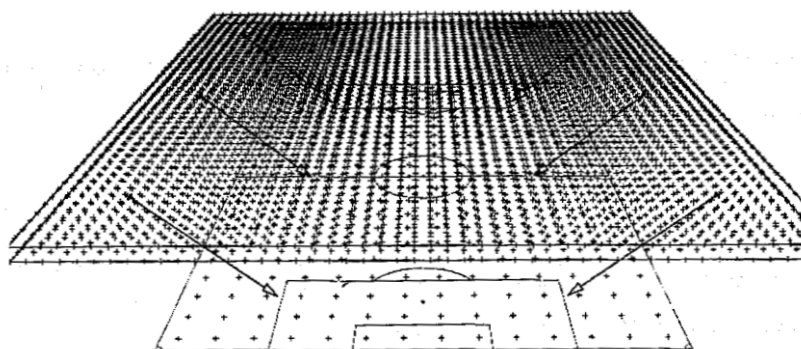
Má to logické opodstatnění – působení svítivosti na pozorovatele je závislé na vzdálenosti zdroje světla od něho. Zdroj o malé svítivosti v bezprostřední blízkosti vadí nesrovnatelně více, než velmi silný zdroj světla ve vzdálenosti veliké. Například zdroj o svítivosti 1 cd ze vzdálenosti 1 m, vyvolá v místě oka pozorovatele osvětlenost 1 lx. Ale velký zdroj, např. s 1 000× vyšší svítivostí a vzdáleností (1 000 cd a 1000 m), vyvolá v místě oka osvětlenost pouhou tisícinu luxu, která je prakticky nepozorovatelná. Ještě mnohem „škodlivější“ je Měsíc v úplňku. Jeho svítivost je zhruba 4×10^{16} cd. Nechci dopočítávat svítivost hvězd.

V poslední verzi doporučení CIE [5], ze kterého technické normy vycházejí, je toto kritérium nahrazeno stanovením přípustné svítivosti na vzdálenosti velikosti svítící plochy a vzdálenosti k pozorovateli. Je tak zavedeno jakési zjednodušené kritérium oslnění, které již smysl má. Opět jde o materiál, který nelze rozebrat podrobně zde, vyžaduje samostatné pojednání.

5 Podíl horního toku

Udává, jaký podíl světelného toku svítidel je vyzařován nad vodorovnou rovinu v pracovní poloze svítidel. Pro klasická svítidla je možné jeho velikost stanovit z fotometrických dat svítidla. Obávám se, že to nelze stanovit měřením, byť takové snahy v některých materiálech „expertů“ byly patrné.

Pro větší soustavu se svítidly umístěnými jinak, než v základní poloze (vztažná svítivost svisle k zemi), to je možné výpočtem. Postupuje se tak, že se zvolí srovnávací rovina nad svítidly (obvykle 1 m) a stanoví se její osvětlenost E (obr. 4).



Obr.4 Výpočet podílu horního toku

Potom je možné ze znalosti velikosti plochy srovnávací roviny S stanovit světelný tok Φ_H dopadající na tuto rovinu:

$$\Phi_H = E \cdot S \quad (\text{lm})$$

Výsledky jsou samozřejmě závislé na velikosti plochy. Výpočet podle popisu se stanoví pro nějakou základní velikost a pak se opakuje pro větší plochy tak dlouho, až se výsledky dvou následujících výpočtů liší maximálně o 5 %. Přimluvil bych se i za menší hodnotu.

Hodnota podílu horního toku RUL pro svítidla o úhrnném světelném toku Φ_S je

$$R_{UL} = \frac{\Phi_H}{\Phi_S} \cdot 100 \quad (\%)$$

Dlužno podotknout, že v [5] je uvedena i nulová hodnota, kterou jsem uvedl jako neprůkaznou z pohledu míry celkového světelného toku vyzářeného k obloze. Hodnota je však platná pro novou environmentální zónu E0. Ta je definována jako „Skutečně tmavé“ oblasti a jako příklad jsou UNESCO Starlight Reserveres nebo IDA oblasti temné oblohy. Žádná taková oblast v ČR neexistuje [8]. Sice je několik takových oblastí vyhlášených, avšak důvody jsou poněkud jiné, než ochrana temných oblastí. Protože, kdyby o to skutečně šlo, tak první by měla být oblast v Novohradských Horách, kde se nachází nejtmaší lokalita v republice. Není. Kdo by se táhnul takovou dálku?! To ji raději zřídili aktivisté v místech, kde je nějaký aktivní amatér. V ČR tedy neexistuje lokalita, kde by byla CIE doporučena nulová hodnota podílu horního světelného toku. I kdyby byla, tak bych doporučoval postupovat podle [1], resp. [2], tedy stanovit dopad na životní prostředí pro různé osvětlovací soustavy a vybrat tu nejhodnější.

6 Průměrný jas fasády

Je to jas fasády úmyslně osvětlované nebo svítící. Je předepsána pouze jedna hodnota, takže platí v době nočního klidu i mimo něj. Výpočtem se stanoví ze znalosti osvětlenosti povrchu průčelí E , přitom se předpokládá, že světlo odráží rovnoměrně rozptýlně (s činitelem odrazu ρ). Potom pro stanovení jasu L_B platí vztah:

$$L_B = \frac{E \cdot \rho}{\pi} \quad (\text{cd.m}^{-2})$$

V případě, že sama fasáda je zdrojem světla, tak se posuzuje jiným způsobem. Je to již značně složitější, protože záleží na směřování světla a místu pozorování. Pokud je známá fotometrická plocha svítivosti, tak je možné použít známý vztah platný pro svítidla:

$$L_B = \frac{I_\gamma}{S_\gamma} \quad (\text{cd.m}^{-2})$$

kde je I_γ svítivost ve směru k pozorovateli a S_γ průmět svítící plochy do tohoto směru.

Podobně se postupuje i v případě světelných reklamních obrazovek. Ty se však hodnotí jako informační znaky, kdy je přípustný jas vyšší než pro fasády budov.

7 Další vlivy

Rušivé vlivy je třeba vyhodnotit nejen z pohledu uživatelů v okolí osvětlovacích soustav, ale také z pohledu účastníků dopravy. Tam je několik možností. V případě obvyklých soustav veřejného osvětlení se hodnotí velikost oslnění, tedy prahový přírůstek. Ten se posuzuje i

v případě, že jsou v prostoru jiná, než svítidla osvětlující vlastní pozemní komunikaci. Stanovení této veličiny je poměrně problematické.

Podobně problematické je využití metody hodnocení oslnění metodou CIE-GR. Tam vstupuje do hry řada poměrně obtížně stanovitelných veličin. Mnohdy tato metoda dává nereálné výsledky. Pak se ukazuje jako možné posouzení dle ČSN EN 13201-2 [4] pomocí tříd oslnění D.0 až D.6 pro které platí tabulka 3.

Třída	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Hodnota součinitele oslnění	-	7000	5500	4000	2000	1000	500

Tab.3 Třídy oslnění

V tabulce jsou uvedeny třídy činitele oslnění D.0, D.1, D.2, D.3, D.4, D.5 a D.6 z nichž lze vybrat tu třídu, která umožní splnit přiměřené požadavky na omezení rušivého oslnění prostřednictvím součinitele oslnění *DG*.

Podle národního dodatku ČSN EN 13201-2/Z1 (již neplatný, ale nebyl nahrazen, tak z něho vycházím) se volí třída oslnění podle závěsné výšky svítidel.

Montážní výška svítidel H [m]	Třída oslnění	Poznámky
$H > 6$	D1	
$6 \geq H > 4,5$	D2	
$4,5 \geq H > 3$	D3	
$3 \geq H$	D4	velký jas okolí
	D5	střední jas okolí
	D6	malý jas okolí

Tab.4 Volba třídy oslnění

Například při hodnocení vlivu reklamního panelu se vychází z výšky spodní hrany. Pro vyhodnocení se použije třída oslnění D1, tedy nejvyšší přípustná hodnota součinitele oslnění je 7 000. Ten se stanoví podle vztahu

$$DG = I \cdot A^{-0,5} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-1})$$

kde *I* je svítivost směrem k pozorovateli a *A* je průmět velikosti svítící plochy pod úhlem 5° vzhledem k vodorovnému pohledu pozorovatele.

8 Závěrem

Posuzovat vliv nějakého osvětlení na noční prostředí lze na základě znalostí problematiky světelné techniky. Žel, v poslední době o tom začínají rozhodovat lidé, kteří se za experty vydávají, aniž by měli dostatečného vzdělání, mnohdy nevzdělání vůbec. Často to jsou osoby v silném střetu zájmů, výrobci svítidel, majitelé podivných patentů. Ještě horší je to, že zmíněné podporují i motivovaní světelní technici. Ti jsou o to více nebezpeční, protože ví, jak s aparátem světelné techniky pracovat. Kdy něco zamlčet, kdy říct polovinu pravdy, kdy něco zveličít. U těchto osob je velmi smutné, že jsou si vědomi, že ohrožují bezpečnost obecně, nejen v dopravě, že škodí světelné technice. Co hůř, často škodí i životnímu prostředí. Ale, za peníze v Praze dům. A nejen v Praze.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN P 36 0455: Osvětlení pozemních komunikací – Doplňující informace: červen 2017
- [2] TKP-15 Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací - kapitola 15 osvětlení pozemních komunikací: Min. dopravy 2015
- [3] ČSN EN 12464-2 (36 0450) Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory
- [4] ČSN EN 13201-2:2016 (36 0455) Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky
- [5] CIE 150:2017 Technical Report - Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2nd Edition
- [6] CIE 154:2003 The Maintenance of Outdoor Lighting Systems, IE 154:2003, ISBN 978 3 901906 24 4
- [7] Nařízení Komise (ES) č. 245/2009 ze dne 18. března 2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign zářivek bez integrovaného předřadníku, vysoce intenzivních výbojek a předřadníků a svítidel, jež mohou sloužit k provozu těchto zářivek a výbojek, a kterým se zrušuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/55/ES.
- [8] CIE 126/1997 – Guidelines for minimizing sky glow, CIE 1997.
- [9] International Dark Sky Reserves
<https://www.darksky.org/our-work/conservation/idsp/reserves/>
- [10] Úřední list Slovinské republiky č. 81/2007, Nařízení vlády č. 4262 Nařízení o mezních hodnotách světelného znečištění životního prostředí

Úskalí tzv. „Smart“ osvětlovacích soustav

Tomáš Maixner, Ing., živnostník, dql@dql.cz, www.dql.cz

Abstrakt: V textu se pozastavuji nad některými „smart“ vlastnostmi regulace osvětlovacích soustav venkovního, resp. veřejného, osvětlení. Nad jejich smyslem z pohledu člověka nebo pokladny obecního úřadu.

1 Úvod

Netajím se s tím, že mám k „chytrému“ osvětlení výhrady. A nejen k osvětlení. Už proto, že nevidím nic chytrého třeba na tom, že se rozsvítí světla, když stisknu virtuální vypínač v mobilní aplikaci.

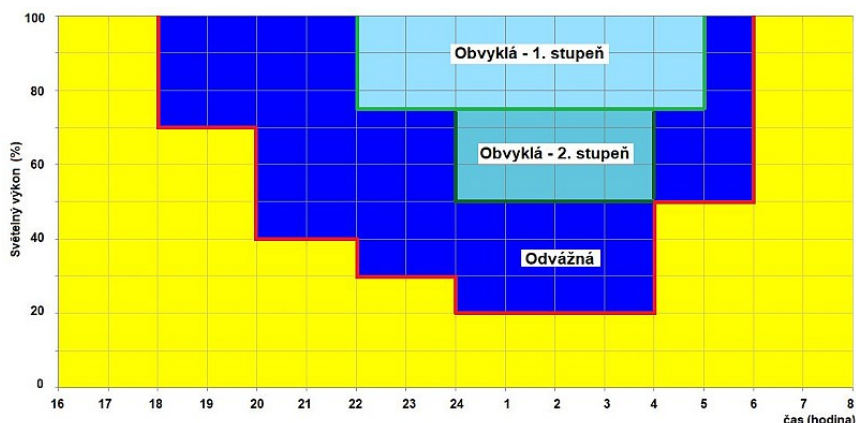
„Smart“ zařízení nejsou smart. Pouze jsou schopná na základě nějakého vnějšího podnětu vykonat to, co jim bylo naprogramováno. Chovají se tupě. Stejně jako lidstvo, které v poslední době nahrazuje myšlení rutinou. Nacvičené chování se vydává za myšlení.

Na druhou stranu nepopírám, že se v budoucnosti budou věci obdařené umělou inteligencí chovat chytrě. Či spíše promyšleně.

2 „Chytré“ osvětlení

„Chytré“ prý může být i veřejné osvětlení. Není smyslem tohoto pojednání rozebírat, co vše se zahrnuje do jeho „chytrých“ vlastností. To jsem probíral například na konferenci v Plzni [1]. Budu se věnovat jednomu aspektu - regulaci úrovně osvětlení. Regulaci, kterou v současné době proklamují snad všichni výrobci.

Obvyklá je představa, že se po desáté večerní sníží hladina osvětlení, o půlnoci ještě více, aby se k ránu ve dvou krocích vrátila k normálu. Bez ohledu na to, jaký je provoz. Někteří výrobci nabízejí svítidla, která mají takovou regulaci pevně nastavenou. Ještě „odvážnější“ nabízejí dokonce vícestupňovou regulaci (obr. 1).



Obr.1 Stupně „regulace“ veřejného osvětlení

Důsledkem „důvtipného“ řízení veřejného osvětlení jsou pochopitelně energetické úspory. V případě „odvážné“ regulace prodáváci tvrdí, že může dojít ke snížení roční spotřeby až o 50 %. K tomu se ještě vrátím.

Zmíněná úspora energie také představuje snížení zátěže nočního prostředí umělým světlem. To jsou ekologické přínosy. Snížení produkce světla a omezení výroby elektrické energie, což znamená snížení znečištění ovzduší. Je otázkou, zda to je dostatečné pro obhajobu takového počínání.

Není však od věci úroveň osvětlení za jistých okolností naopak navýšit. V případě nějaké změny, která to vyžaduje. Změnu průjezdné trasy do vedlejší ulice, práce na ulici, nehoda apod.

3 „Chytré“ stupně osvětlení

Snížit osvětlení je možné jen tehdy, pokud k tomu nastane vážný důvod. Je pár možností. Například pokud po nějaké komunikaci projedou za dne stovky aut za hodinu a v noci jen pár zbloudilých, pak je možné, že bude přípustné a oprávněné snížit třídu osvětlení. Pokud to dovolí i ostatní parametry určující úroveň osvětlení. Snížit osvětlení o dvě třídy je již prakticky vyloučené.

Změna jedné třídy osvětlení odpovídá asi čtvrtinové změně hladiny osvětlení. Například pro třídu osvětlení M3 je požadovaný udržovaný jas $1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$, pro třídu M4 to je $0,75 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Poloviční pokles odpovídá dvěma třídám – pro M5 je předepsán udržovaný jas $0,5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$.

Osvětlovací soustavy by mohly být regulovány na tři čtvrtiny, výjimečně na polovinu. Úspory by tedy byly značně menší, než je uváděno v reklamních sloganech prodavačů světla.

Snížit hladinu osvětlení není vhodné ani tam, kde je vysoké riziko kriminality, nebo v místech s vyšším podílem nehodovosti v nočních hodinách.

Pokud přece jen zvítězí touha snižovat úroveň osvětlení, tak by se to mělo provádět tak, aby v případě průjezdu vozidla, nebo průchodu chodce, došlo k navýšení splňujícímu požadavky norem. To však není jednoduché. To je opět téma na samostatný příspěvek.

4 „Chytré“ osvětlení a obecní pokladna

V závěru se vrátím k oné míře úspor. Pokud se provede řízení osvětlení korektně, tak se neušetří proklamovaných 50 %. Ušetří se mnohem méně. Kolik, to lze stanovit pomocí jednoduchých početních úkonů viz [2].

Průměrný příkon P_R regulované soustavy bude

$$P_R = \frac{P_N \cdot T_N + P_{R1} \cdot T_{R1} + P_{R2} \cdot T_{R2}}{T_N + T_{R1} + T_{R2}} \quad (\text{Wh})$$

kde P_N , P_{R1} , P_{R2} je příkon neregulované, regulované v prvním stupni, regulované ve druhém stupni (kW)

a T_N , T_{R1} , T_{R2} je doba provozu neregulované, regulované v prvním stupni, regulované ve druhém stupni (hodin/rok).

Předpokládám, že poměr příkonů $P_N : P_{R1} : P_{R2}$ je $1 : 0,75 : 0,50$.

Doba provozu osvětlovacích soustav je zhruba 4 100 hodin za rok. Poměrně zajímavá je doba, kdy je možné soustavy regulovat. Je to většina dobu provozu veřejného osvětlení, přibližně 2 400 hodin. Z toho doba regulace na nejnižší stupeň (0,50) bude od 0 do 4 hodin, tedy 1460 hodin. Doba provozu veřejného osvětlení s plným příkonem je 1 700 hodin.

Pro takovou situaci je průměrný příkon soustavy

$$P_R = \frac{1.1700 + 0,75.940 + 0,5.1460}{4100} = 0,76.P_N$$

Kdeže je úspora 50 %?

Uvedená situace však nastane poměrně vzácně. Korektně regulovaná soustava bude v nočních hodinách provozována pouze s ponížením o jeden stupeň. Potom bude průměrný příkon:

$$P_R = \frac{1.1700 + 0,75.2400 + 0,5.0}{4100} = 0,85.P_N$$

Úspora pouhých 15 %.

Ovšem...

Ani o jeden stupeň není možné ponížít všechny ulice ve městě. Pro jednoduchost předpokládám, že průměrný příkon regulovaných svítidel bude shodný s průměrným příkonem všech svítidel v obci. Pokud počet svítidel soustavy bude N_N a bude regulováno o jeden stupeň N_{R1} a o dva N_{R2} tak bude spotřeba bez regulace

$$Q_N = P_N \cdot T_N$$

s regulací prvního stupně

$$Q_{R1} = \frac{(N_N - N_{R1}) + 0,75.N_{R1}}{N_N} \cdot P_N \cdot T_{R1}$$

analogicky pro druhý stupeň

$$Q_{R2} = \frac{(N_N - N_{R2}) + 0,5.N_{R2}}{N_N} \cdot P_N \cdot T_{R2}$$

Průměrný příkon korektně regulované soustavy bude

$$P_R = \frac{Q_N + Q_{R1} + Q_{R2}}{T_N + T_{R1} + T_{R2}}$$

Pro případ, kdy bude podíl regulovaných svítidel na první stupeň tři desetiny a na druhý polovina, tak by byly úspory

$$Q_N = P_N \cdot 1700$$

s regulací prvního stupně

$$Q_{R1} = \frac{(1 - 0,3) + 0,75 \cdot 0,3}{1} \cdot P_N \cdot 940 = 853 \cdot P_N$$

analogicky pro druhý stupeň

$$Q_{R2} = \frac{(1 - 0,5) + 0,5 \cdot 0,5}{1} \cdot P_N \cdot 1460 = 1095 \cdot P_N$$

Průměrný příkon korektně regulované soustavy bude

$$P_R = \frac{1700 + 853 + 1095}{4100} P_N = 0,89 \cdot P_N$$

Úspory slabých 11 %.

Realita je však ještě horší. Nedávno jsem posuzoval návrh standardů veřejného osvětlení jednoho okresního města. Řešitel dostal v rámci generelu za úkol zatřídit komunikace nejen pro netlumený provoz, ale i pro dobu pozdní a ještě pozdnější. Ukázalo se, že v celém městě je možné počítat s přetříděním o jeden stupeň jen v pětině ulic (dokonce méně). O dva stupně nikde. Když budu předpokládat, že v regulovaných ulicích je v průměru stejný základní příkon, tak „úspory“ rázem klesnou na tři procenta (3 %).

Nelze se nezeptat – má to smysl?

Sáhnout do obecní pokladny a zaplatit vyšší cenu za regulovatelnou soustavu a v důsledku získat zpět 3 % nákladů za elektrickou energii. Obávám se, že jde o nenávratnou investici.

Pro úplnost - Je možné, že úspory budou vyšší, ale o nižší. Ovšem v typických soustavách to nebude příliš. Nastane to tehdy, když poměr příkonu regulovaných a neregulovaných svítidel nebude shodný.

Ještě jednou pro úplnost – soustavy třídy osvětlení M6, C6 a P6 nelze regulovat na nižší stupeň. Snad jen zcela výjimečně, kdy by bylo možné převést konkrétní komunikaci ze skupiny M nebo C do skupiny P.

Literatura a odkazy

- [1] Maixner, T.: Dynamické veřejného osvětlení; Světlo 2019, Plzeň
- [2] Maixner, T.: Regulace veřejného osvětlení a bezpečnost; Kurs osvětlovací techniky XXXIV, Dlouhé Stráně 2018
- [3] ČSN 36 P 0455 Osvětlení pozemních komunikací – Doplnující informace
- [4] TKP-15 – Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, Kapitola 15 – Osvětlení pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy ČR 2015

Problematika řízení venkovních osvětlovacích soustav pomocí protokolu DALI

Ing. Tomáš Mlčák, Ph.D., Ing. Roman Hrbáč, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, FEI
tomas.mlcak@vsb.cz, roman.hrbac@vsb.cz, www.vsb.cz

Článek také popisuje problematiku řízení venkovních osvětlovacích soustav v elektrických stanicích přenosové soustavy ČEPS, a.s. Je zde popsána problematika řízení osvětlovacích soustav pomocí standardu DALI. Jsou zde rozvedeny jednotlivé možnosti komunikace se svítidly. Provoz osvětlovací soustavy elektrických stanic přenosové soustavy je monitorován řídicím systémem s PLC, a to umožňuje provádět řízení a diagnostiku jednotlivých druhů osvětlení. Hlavními důvody pro řízení osvětlovacích soustav jsou úspora energie, náležitá viditelnost kamerového, omezení světelného znečištění.

1 Úvod

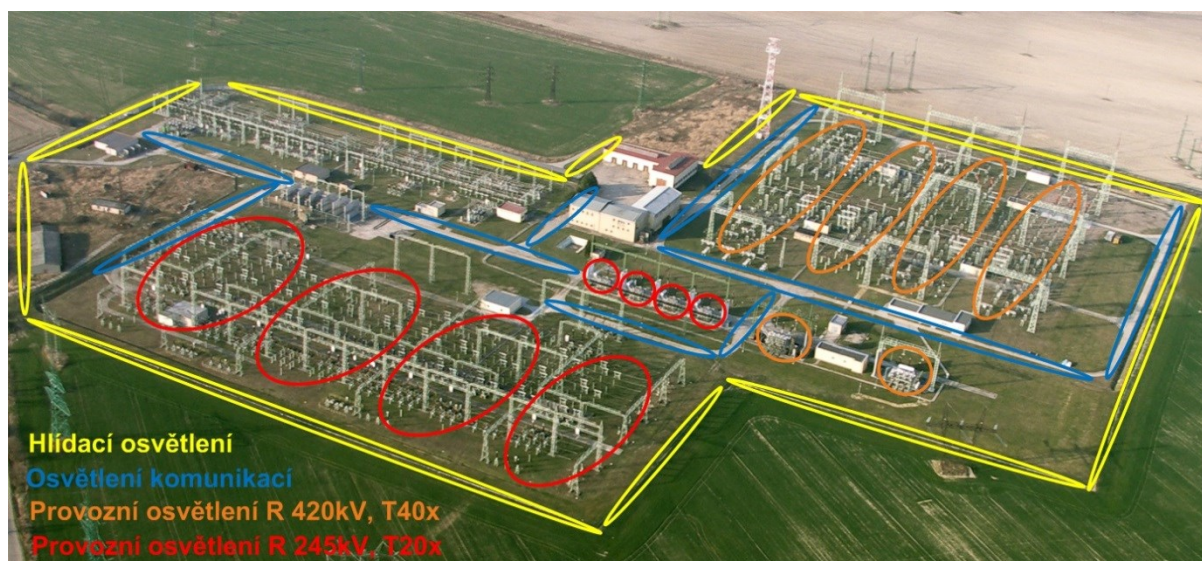
Problematikou řízení venkovních osvětlovacích soustav se zabýváme především v elektrických stanicích přenosové soustavy. V rámci standardizace v ČEPS, a.s. jsou zpracovány technické normy, které upřesňují požadavky na provedení jednotlivých druhů osvětlení. Jedná se především o normu TN 59, která popisuje zásady instalace osvětlovacích soustav, jejich ovládání s ohledem na zabezpečení elektrické stanice a požadavky na vyhotovení projektové dokumentace [1]. S ohledem na požadavky řízení osvětlení bylo navrženo využití svítidel s DALI (Digital Addressable Lighting Interface) předřadníkem. Následně si popíšeme základní principy DALI standardu. Důvodem ovládání (stmívání) osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení je zejména úspora elektrické energie (doba provozu je cca 4100 h/rok), s regulací souvisí i příznivý vliv na životnost svítidel a světelných zdrojů během provozu (vyšší míra stmívání u nových osvětlovacích soustav). Následně jsou to požadavky na omezení světelného znečištění a neposlední řadě přizpůsobení osvětlovací soustavy požadavkům kamerového systému TSFO (maximalizace světelného toku při zhoršených rozptylových podmínkách a jeho minimalizace při kvalitní viditelnosti a jasném pozadí při sněhové pokrývce).

Provoz osvětlovací soustavy elektrických stanic je monitorován řídicím systémem PLC, a to umožňuje provádět diagnostiku jednotlivých druhů osvětlení. Cílem využití řídicího systému PLC je nejen zajištění spolehlivého provozu a ovládání venkovního osvětlení, ale také monitoring a diagnostika osvětlovacích soustav se vzdáleným dohledem na osvětlení elektrické stanice přenosové soustavy. Tímto způsobem bude dosaženo nejen lepšího dohledu a větší bezpečnosti, ale také efektivnější údržby [2].

2 Řízení intenzity světelného toku svítidel na požadovanou úroveň

Je zde řešena problematika řízení osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení (hranice elektrické stanice) na normou požadovanou horizontální osvětlenost z pohledu bezpečnosti osob či na minimální kamerovou osvětlenost požadovanou kamerovým systémem TSFO z pohledu rozpoznatelnosti potenciálního narušení elektrické stanice. Bylo vyvinuto, zkonstruováno a otestováno technické řešení, které je vhodné pro daný systém PLC. Popis

jednotlivých druhů venkovního osvětlení v osvětlovací soustavě elektrické stanice přenosové soustavy je znázorněna na obr. 1.



Obr.1 Popis jednotlivých druhů venkovního osvětlení v elektrické stanici přenosové soustavy

Řízení osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení v sobě zahrnuje dvě základní problematiky. Je nutné korektní měření osvětleností (horizontální, kamerové) ve vyhodnocovaném prostoru a tyto přenést do PLC. Následuje proces vyhodnocení naměřených signálů a signálů z TSFO, který vyústí ve správnou regulaci svítidel osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení. Takto řízená osvětlovací soustava je osazena stmívatelnými svítidly s komunikačním rozhraním DALI. Také z důvodu nejvyšších provozních hodin svícení je tato problematika zaměřena především na hlídací osvětlení, případně osvětlení komunikací.

3 Hardwarové řešení pro ovládání intenzity světelného toku svítidel

Na tuto část se podíváme z pohledu samotného hardwarového řešení rozhraní DALI a následně si popíšeme naše řešení pro řízení osvětlovací soustavy hlídacího osvětlení a osvětlení komunikací.

3.1 Parametry rozhraní DALI

Rozhraní DALI je definované v souboru norem ČSN EN 62386, kdy jednotlivé části popisují základní obecné a zvláštní požadavky [3][3]. Jedná se o otevřené rozhraní. Komunikuje po sběrnici se dvěma vodiči, které bývají obvykle nazývány DA+/DA-, +DALI/-DALI. Sběrnice může být vedena v rámci běžného instalačního kabelu se silovými vodiči.

Délka komunikační sběrnice	Průřez kabelu
do 100 m	0,5 mm ²
100 – 150 m	0,75 mm ²
150 – 300 m	1,5 mm ²

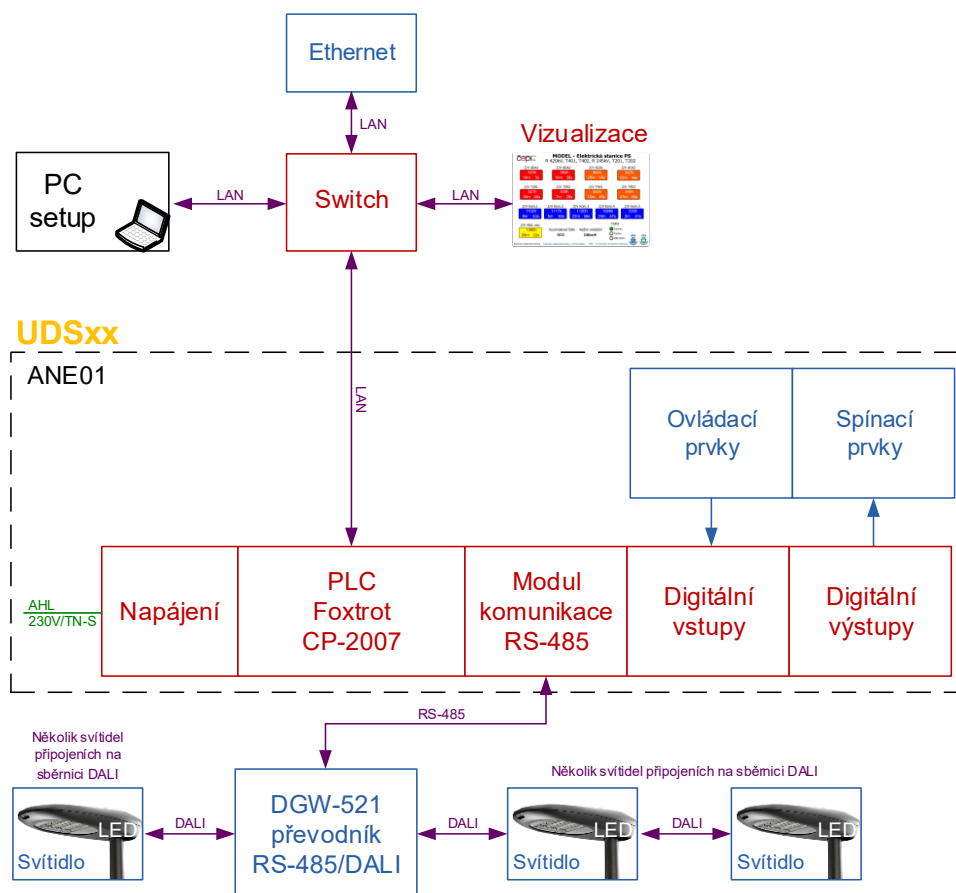
Tab.1 Průřezy vodičů pro danou délku sběrnice

Napěťové úrovně komunikačního signálu mohou být v rozmezí -6,5 V až 22,5 V, kdy typická hodnota pro logickou 0 je 0 V v rozmezí -6,5 V až 6,5 V a typická úroveň pro logickou 1 je 16 V v rozmezí 9,5 V až 22,5 V. V **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** jsou uvedeny pro jednotlivé vzdálenosti průřezy vodičů. Obecně norma udává pro rozhraní DALI maximální délku kabelu pro komunikační sběrnici 300 m. Dovoleno maximální úbytek napětí je 2 V. Maximální proud sběrnici 250 mA. Maximální klidový odběr jednoho prvku 2 mA. Přenosová rychlost je 1200 b/s +/- 10 %.

Jelikož se v normě nedoporučuje používat větší vzdálenosti než je uvedených 300 m je nutné při požadavcích na větší vzdálenosti použít kombinaci s jiným typem komunikace, které je popsáno v následující kapitole.

3.2 Hardwarová koncepce instalace

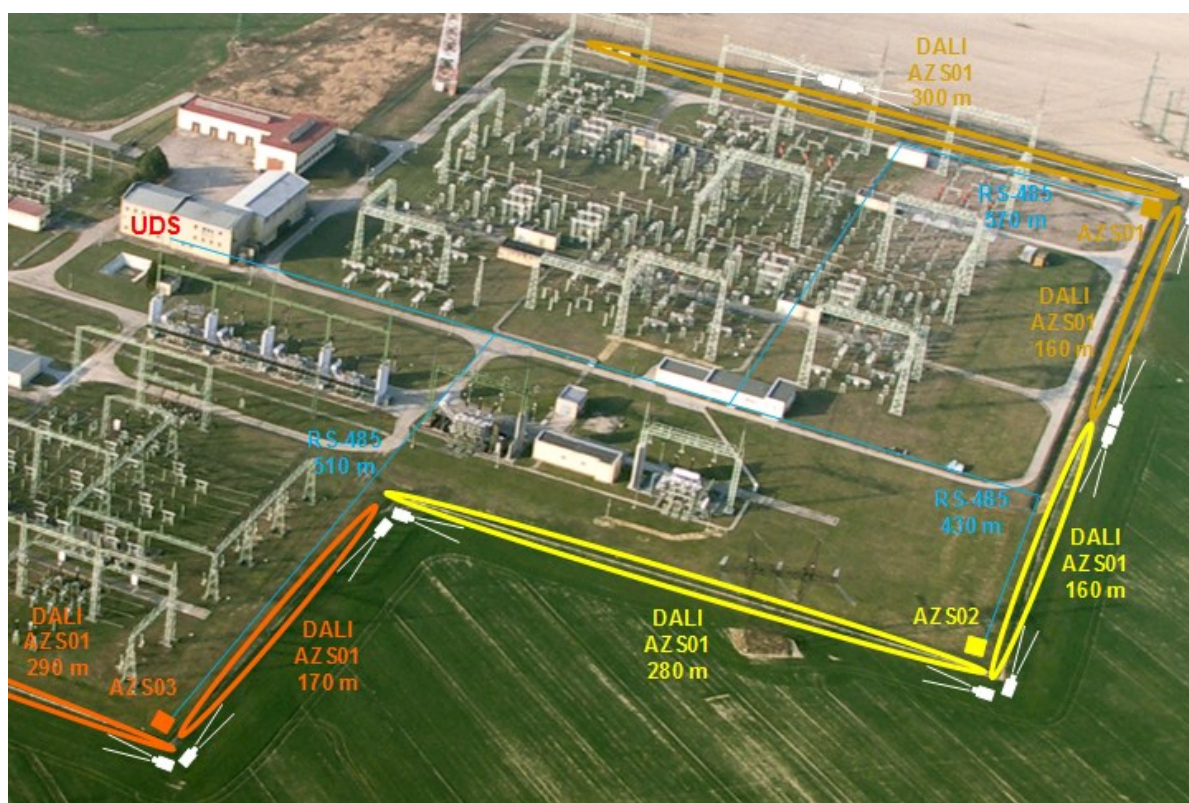
Jak je vidět na Obr.1 ve venkovních instalacích jsou často svítidla rozmístěna ve větších vzdálenostech, než je dovolená vzdálenost pro sběrnici komunikace DALI. Proto v našem návrhu kombinujeme DALI komunikaci se sériovou komunikací RS-485. Tato komunikace standardně využívá tři vodiče vedené samostatným stíněným kabelem a maximální vzdálenost komunikace je 1200 m. Koncepce s PLC automatem pro použití v elektrické stanici přenosové soustavy je uvedena na Obr.2. Pro převod komunikačního rozhraní se používá převodník DGW-521 [4][4], který mimo jiné splňuje i náročné požadavky na teplotu okolí do -25 °C. Tento převodník se běžně umísťuje v rozváděčích, které jsou umístěny ve venkovním prostoru rozvodny přímo u svítidel, proto jsou vyžadovány vyšší nároky na jeho robustnost. I když tyto rozváděče AZSxx jsou navrhovány tak, že mají vlastní vyhřívání z důvodu omezení kondenzace. Celý princip konceptu instalace je znázorněn na Obr.3.



Obr.2 Blokové schéma celého řídicího systému s jednotkou PLC

Z důvodu zajištění robustnosti celé instalace v elektrické stanici přenosové soustavy, kde se vlivem povahy zařízení vyskytují silná elektromagnetická pole bylo rozhodnuto, že sběrnice vedení DALI v tomto prostředí bude vedeno samostatným stíněným kabelem. Takto provedená instalace zajišťuje dostatečnou spolehlivost vzhledem k elektromagnetickému prostředí rozvodny, kde se často setkáváme s ovlivněním elektrické instalace i zařízení při různých provozních činnostech v elektrické stanici přenosové soustavy, např. při provozní manipulaci spínání nebo vypínání výkonových prvků.

Tato instalace s říditelnými svítilny pomocí DALI je momentálně instalována ve dvou elektrických stanicích přenosové soustavy. Instalace jsou v ostrém provozu provozovány již dva roky a doposud nebyly zaznamenány žádné situace, které by vedly k nevykonání požadovaných funkcí. Je plánováno provedení měření přímo na komunikačních sběrnicích DALI v prostorách rozvodny, abychom si ověřili, jaké intenzity a frekvence rušivých signálů se na sběrnicích v tomto prostředí mohou vyskytovat.



Obr.3 Ukázka hardwarové koncepce instalace pro ovládání svítidel

4 Základní popis standardu DALI

Na DALI sběrnici může být připojeno nejvýše 64 zařízení, která jsou typu slave, což znamená, že jsou pouze posluchači příkazů, ale samy žádné příkazy na sběrnici nevydávají (např. předřadníky zářivek či LED pásků nebo relé). Jejich adresa má označení A0 až A63. Každé z těchto zařízení může náležet do jedné či více skupin, kterých je 16 a značí se G0 až G15. Skupiny slouží pro usnadnění povelování většího počtu zařízení, které jsou zpravidla stejného typu (např. množina LED svítidel, které mají svítit vždy stejně). Dále může každé

zařízení náležet do jedné či více scén, kterých je také 16 a značí se S0 až S15. Pokud je zařízení v nějaké scéně účastno, tak se k této scéně dále váže úroveň, která je v rozsahu 0 až 254 (0 až 100%). Na tuto úroveň (zpravidla svícení) zařízení přejde, objeví-li se na sběrnici příkaz pro vyvolání scény, do níž zařízení patří. Na DALI sběrnici se posílají příkazy dané normou DALI, přičemž jejich adresáty jsou buď konkrétní zařízení (s adresami A0 až A63) nebo skupiny (G0 až G15) nebo je příkaz určen všem zařízením (značí se Bcast) [5].
Shrnutí základních možností DALI:

- 64 zařízení typu slave – Address A0 až A63,
- 15 skupin – Gruppe G0 až G15,
- 15 scén – Scene S0 až S15.

Ovládací prvky (master) vysílají pakety dlouhé celkem 19 bitů (1 start, 8 adresa, 8 data, 2 stop) a ovládaná zařízení mohou odpovídat paketem délky 11 bitů (1 start, 8 data, 2 stop). Bity se posílají v pořadí od nejvyššího k nejnižšímu.

Vysílají pakety (Forward Frame) se skládá z 19 bitů:

- 1 start bit / 1 adresový byte – 1 bit individuální adresa nebo skupina, 6 adresových bitů, 1 výběrový bit / 1 datový byte – 8 datových bitů / 2 ukončovací bity.

Pakety pro odpověď (Backward Frame) se skládá z 11 bitů:

- 1 start bit / 1 datový byte / 2 stop bity.

Možnosti nastavení svítidla (Setting DALI):

- Minimální úroveň (Minimum level) – fyzicky povolená minimální úroveň – 100%,
- Maximální úroveň (Maximum level) - minimální úroveň – 100%,
- Úroveň v případě výpadku sběrnice (System Failure Level) – 0 – 100%,
- Úroveň při zapnutí napájení (Power On Level) – 1 – 100%,
- Čas rozsvícení/zhasnutí (Fade time) – < 0,7 – 90,5 s (0 – 15),
- Krok zvýšení jasu / snížení jasu (Fade rate) – 2,8 – 358 kroků za sekundu (0 – 15),
- Hodnota scény – 0 – 15, úroveň jasu v rozsahu 0 až 100%,
- Hodnota skupiny – 0 – 15.

Tyto nastavení lze provádět pomocí různých softwarů od různých výrobců, jednou z možností je masterCONFIGURATOR [6].

Stavové slovo – informace o svítidle na základě dotazu (General status):

- Status předřadníku (Ready) – 0 předřadník komunikuje správně, 1 - předřadník nekomunikuje,

- Porucha svítidla (Lamp failure) – udává, zda světelný zdroj funguje správně, možné závady: zkrat v obvodu, přerušený obvod, snížení nebo zvýšení zatížení,
- Svítidlo zapnuto a svítí (Lamp on),
- Porušení limitu (Limit violation) – označuje, že svítidlo nebylo možné přepnout na hodnotu, protože tato hodnota byla mimo definovaný rozsah (minimální úroveň a maximální úroveň),
- Postupné zhasínání/rozsvícení (Fade time active) – udává, zda momentálně probíhá ve svítidle změna z jedné řídicí hodnoty na jinou,
- Předřadník resetován (Reset values) – udává, zda byl předřadník DALI resetován na výchozí nastavení,
- Chybí adresa předřadníku (Address missing) - udává, zda že není předřadník DALI neadresován,
- Proběhlo zapnutí svítidla (Power On Level) – udává, zda předřadník DALI provedl zapnutí světelného zdroje.

Příkazy pro svítidlo:

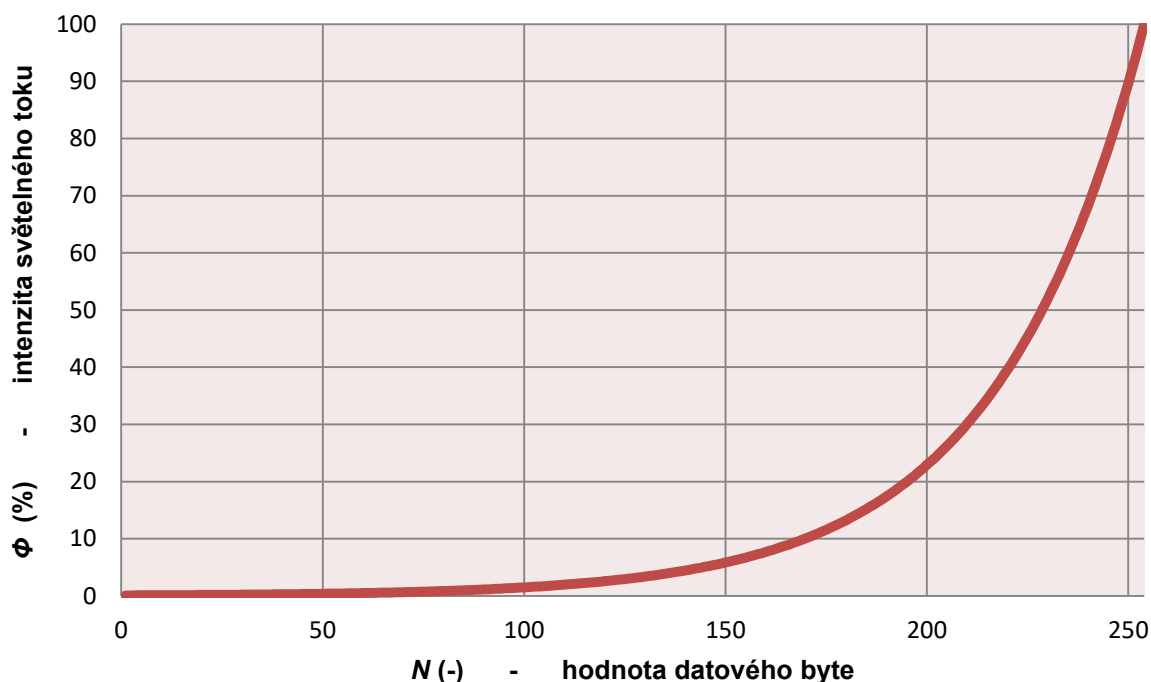
- Vypnout svítidlo – OFF, byte příkazu 00,
- Nastavit na maximální úroveň (Up) – zvyšuje jas s využitím rychlosti náběhu (Fade rate), nedokáže svítidlo zapnout, pokud je OFF, byte příkazu 01,
- Nastavit na minimální úroveň (Down) – snižuje jas s využitím rychlosti poklesu (Fade rate), nedokáže svítidlo vypnout, byte příkazu 02,
- O krok nahoru (StepUp) – zvýšení jasu o jeden krok, pokud bylo dosaženo maximální úrovně, tak nereaguje, nedokáže svítidlo zapnout, pokud je OFF, byte příkazu 03,
- O krok dolů (StepDown) - snížení jasu o jeden krok, pokud bylo dosaženo minimální úrovně, tak nereaguje, nedokáže svítidlo vypnout, byte příkazu 04,
- Rozsvítit na maximální úroveň (RecallMaxLevel) – okamžitý přechod na uloženou maximální úroveň, může vyvolat zapnutí do stavu ON, byte příkazu 05,
- Snížit na minimální úroveň (RecallMinLevel) – okamžitý přechod na uloženou minimální úroveň, může vyvolat zapnutí do stavu ON, byte příkazu 06,
- O krok dolů s vypnutím (StepDownAndOff) – snížení jasu o jeden krok, pokud se tím dostane pod minimální úroveň, vypne světlo do stavu OFF, byte příkazu 07,
- O krok nahoru se zapnutím (OnAndStepUp) – zvýšení jasu o jeden krok, pokud je světlo vypnuté, bude zapnuto a přejde na minimální úroveň, byte příkazu 08,
- Nastavit aktuální svítivost podle scény X (GoToScene) – nastaví jas podle zvolené uložené úrovně jasu scény, není-li pod daným číslem scény žádná uložena, jas se nezmění, byte příkazu 1X.

Jak už bylo řečeno intenzitu světelného toku světelného zdroje ovládá datový byte, který může nabývat hodnot 0 – 254 (0 – 100%). Zde je třeba zmínit, že křivka světelného toku je logaritmická, což vychází ze skutečnosti, že lidské oko chápe rozdíl jasů logaritmicky. Křivka světelného toku se vypočítá dle vzorce (1):

$$\Phi (\%) = 10^{\frac{N-1}{253} - 1} \quad (1)$$

kde N – hodnota 0 – 254.

Křivka světelného toku pro ovládání svítivosti svítidla na standardu DALI je uvedena na Obr.4. Většina svítidel má nastavenou minimální úroveň na hodnotu $N = 170$, což odpovídá 10% světelného toku zdroje světla.



Obr.4 Křivka světelného toku pro ovládání svítivosti svítidla na standardu DALI

Dnes existuje i vylepšená verze rozhraní DALI 2, která má certifikaci na další funkce týkající se jak rozšířeného ovládání, tak monitoringu, např. integrace požárních a nouzových světelných systémů, redukce zatížení svítidel při špičkách, výběr křivky stmívání, informace tepelné ochraně převodníku a tepelné ochraně světelného zdroje, apod. [7].

5 Závěr

Standard DALI nahrazuje často dříve používané analogové stmívací rozhraní 1–10 V. Díky snadným úpravám řízení osvětlení pouze změnou v řídicím systému přináší rozhraní DALI maximální přizpůsobivost. Ovládání svítidel lze beze změn v zapojení snadno přiřazovat nebo seskupovat, pro různé potřeby řízení, i po instalaci. Jak jsme si ukázali lze řízení pomocí protokolu DALI navíc prostřednictvím sběrníkových systémů naplno integrovat do nadřazeného řídicího systému a začlenit do celkové automatizace celé technologie. Nevýhodu poměrně krátké vzdálenosti komunikační sběrnice DALI jsme vyřešili přidáním

dalšího komunikačního rozhraní RS-485, se kterým lze provádět sériovou komunikaci až na vzdálenost 1,2 km.

Pro zajištění dostatečné ochrany zařízení (zdrojů, PLC, převodníků, svítidel apod.) jsou ve svítidlech i v napájecích rozváděčích instalovány přepětové a to jak na silové napájecí obvody tak na obvody komunikací DALI a RS-485. Tyto opatření jsou prováděny pro zajištění odolnosti proti přepětí zejména podle ČSN EN 61000-4-5 ed.3, ale také zajištění kompletní odolnosti pro průmyslové prostředí podle ČSN EN 61000-6-2 ed.4. Dále je provedeno opatření proti působení vlivů elektromagnetického pole, které vzniká zejména při manipulacích na napěťových hladinách velmi vysokého a vysokého napětí, vyhovujících normám ČSN EN 61000-4-9 ed.2 a ČSN EN 61000-4-10 ed.2.

Základním požadavkem je zajištění bezpečnosti v elektrických stanicích přenosové soustavy ČEPS, a.s. Z těchto požadavků vyplývá zajištění kvalitního a spolehlivého osvětlení celé elektrické stanice přenosové soustavy s maximální účinností, regulovatelností a včasnou detekcí poruch. Hlídací osvětlení slouží především k zajištění požadovaných bezpečnostních parametrů během možného vniknutí pachatelů trestných činů a zajištění optimální viditelnosti bezpečnostních kamer během jakýchkoliv světelných podmínek. Tato venkovní osvětlovací soustava hlídacího osvětlení je také navrhovaná v souladu s požadavky na zajištění nejvyšší efektivity a maximálního snížení světelného znečištění [8].

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SP2021/84 - Výzkum v oblasti zemních proudových polí, asynchronních motorů v provozních podmínkách, zpětné vlivy regulovaných pohonů, tvarová optimalizace elektrických strojů.

Literatura a odkazy

- [1] I. Ullman, "The New Outdoor Lighting Implementation in Electric Substations ČEPS, a.s." Proceedings of the 14th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2013, pp. 548-552, Ostrava 2013.
- [2] I. Ullman, J. Otýpka, T. Mlčák, "New Development in Control System ČEPS, a.s. Electrical Substation Outdoor Lighting;" EPE 2014: Electric Power Engineering 2014: 15th International Scientific Conference; Brno, pp. 649-655, 2014.
- [3] Rozhraní DALI, wikipedie, [hypertextový odkaz](#)
- [4] DGW-521, manuál, [hypertextový odkaz](#)
- [5] DALIconfig, uživatelský manuál, [hypertextový odkaz](#)
- [6] masterCONFIGURATOR, manuál, [hypertextový odkaz](#)
- [7] DALI-2, DiiA, [hypertextový odkaz](#)
- [8] Becak, P., Wlosokova, J., Picha, J., Novak, T. Sokansky, K. „Modeling of luminous flux radiation to the upper hemisphere from real model of town“, EPE 20189, DOI: 10.1109/EPE.2019.8778190

Problém simulácie osvetlenia blízkych objektov pomocou lineárnych svietidiel

Marek Mokráň, Ing., Dionýz Gašparovský, prof., Ing., PhD., Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave, marek.mokran@stuba.sk

Abstrakt: Pri navrhovaní svetelných sústav v počítačovom softvéri je jedným z hlavných vstupných parametrov krivka svietivosti svietidla. Tieto krivky sa merajú v svetelno-technickom laboratóriu pomocou goniofotometrov s ďalekým alebo blízkym polom. Meranie je potrebné vykonať v súlade s normou STN EN 13032. Podľa tejto normy je potrebné pri meraní na goniofotometri s ďalekým polom umiestniť fotometrickú hlavicu luxmetra najmenej na vzdialenosť rovnajúcu sa aspoň 5 - násobku najdlhšieho rozmeru svietiacej časti svietidla. V prípade 1,5 m dlhého svietidla to predstavuje 7,5 m. Poloha svietidla nad porovnávacou rovinou v skutočnom osvetľovacom systéme je často oveľa menšia. Tiež sa môže stať, že svietidlo je umiestnené len niekoľko centimetrov od steny. V závislosti od odrazivosti povrchov stien môže takýto prípad výrazne ovplyvniť výpočet parametrov osvetlenia. Projektant by mal tieto skutočnosti zohľadniť a optimálne navrhnúť predimenzovanie svetelnej sústavy. Systém osvetlenia podlieha overovaciemu meraniu, ktoré musí spĺňať požiadavky normy STN EN 12464-1 pre vnútorné pracoviská alebo STN EN 12464-2 pre vonkajšie pracoviská. Ak nie sú splnené požiadavky týchto noriem, zmena systému osvetlenia môže byť nákladná. Tento článok porovnáva simulované parametre osvetlenia viacerých výpočtových softvérov s meranými parametrami osvetľovacej sústavy.

1 Úvod

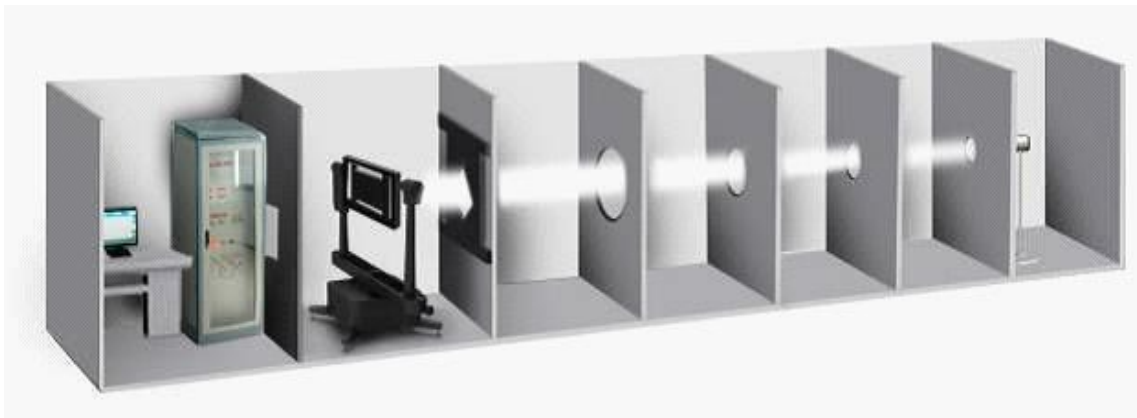
Úroveň osvetlenia potrebná na vykonanie konkrétnej úlohy závisí od vizuálnej schopnosti osoby, ktorá danú úlohu vykonáva. Táto úroveň sa líši od jednotlivca k jednotlivcovi a je ovplyvnená vekom a zdravotným stavom očí. STN EN 12464-1 poskytuje podrobné pokyny na stanovenie úrovni osvetlenia pre konkrétne úlohy. Úroveň osvetlenia špecifikovaná v tejto norme je udržiavaná úroveň osvetlenia E_m , čo je úroveň, ktorá zohľadňuje faktor údržby, aby sa zabezpečilo, že pomocou osvetľovacieho systému intenzita osvetlenia neklesne pod túto úroveň. Tým sa dostávame k veľmi dôležitej otázke, pokiaľ ide o výpočty osvetlenia. Oko je tolerantné (prispôsobuje sa) relatívne veľkým rozdielom a 10 - 20% rozdiel v osvetlení nemusí byť výrazne cítiť. Je teda presnosť výpočtu dôležitá? Existujú dva hlavné body, prečo je presnosť výpočtu dôležitá. Prvá je, že z kumulatívnych chýb sa rýchlo stanú vážne chyby. Prijateľná chyba v každej fáze sa môže stať celkovo neprijateľnou chybou. Druhým bodom je, že za inštaláciu osvetlenia musí niekto zaplatiť. Ak sú výpočty nesprávne, tak je možné byť potrebných o 20% viac svietidiel a o 20% viac elektrickej energie, zvýšia sa tak náklady na uvedenie do prevádzky aj na prevádzku. Ešte dôležitejšie je porovnanie konkurenčných tendrov na osvetlenie, kde môže byť lacnejšia ponuka lacnejšia, pretože svetelný systém poskytne menej svetla, aj keď sa tvrdí, že poskytuje rovnakú úroveň osvetlenia. Pri nedostatku presných výpočtov nie je možné vykonať uspokojivý úsudok.

2 Princíp merania kriviek svietivosti

Meranie kriviek svietivosti svetelných zdrojov a svietidiel sa vykonáva pomocou goniofotometra a zvyčajne sa vyjadruje v jednotkách [cd / 1 000 lm]. Goniofotometre sú

špeciálne laboratórne prístroje alebo zariadenia vyrábané väčšinou individuálne. Základné rozdelenie goniofotometrov je podľa fyzikálneho princípu použitého pri meraní:

- goniofotometre s ďalekým poľom – využívajú princíp inverzného štvorcového zákona, kde sa intenzita osvetlenia meria v určitej fotometrickej vzdialenosti a následne sa prevedie na svietivosť. Fotometrická vzdialenosť musí byť viac ako 5 - násobok svetelnej časti svietidla alebo pri určitých špecifických svietidlách až 15 - násobok. Náčrt goniofotometra so vzdialeným poľom je znázornený na obrázku. 1.
- goniofotometre s blízkym poľom - využívajúce integráciu jasu z definovaného snímaného priestorového uhla. Meranie jasu sa vykonáva analyzátorom jasu bez ohľadu na minimálnu fotometrickú vzdialenosť. Goniofotometer blízkeho poľa je znázornený na obrázku. 2 [1].



Obr.1 Goniofotometer s otočným svietidlom a pevným fotometrom



Obr.2 Goniofotometer s blízkym poľom

Z obrázku 1 je zrejmé, že vzdialenosť pri meraní kriviek svietivosti pomocou goniofotometra so vzdialeným poľom je veľká a pri umiestnení tohto svietidla do miestnosti sa môže stať, že

svietidlo osvetlí objekty, ktoré sú vo vzdialenosti menšej ako 5 – násobok svietiacej časti svietidla.

Uhly, v ktorých je potrebné zmerať svietivosti, závisia od typu svietidla. V prípade symetrických svietidiel je možné zmerať svietivosti iba v určitých uhloch a aplikovať symetriu. V niektorých prípadoch môže dôjsť k tomu, že symetriu LIDC nie je možné určiť pred meraním. Použitie symetrie ušetrí veľa času. Uhlové intervaly pre vnútorné svietidlá sú v STN EN 13032 - 2 definované nasledovne [2] [3]:

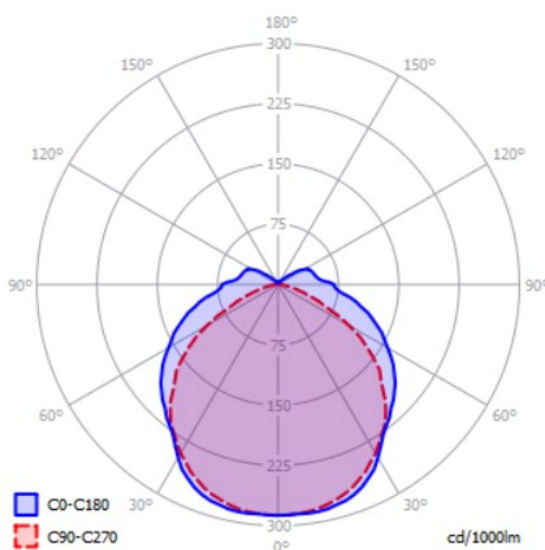
Typ krivky svietivosti	C - roviny
Symetrická	Jedna C - rovina
Symetrická podľa C0 - 180 a C90 - 270	Každých 15° d 0° do 90°
Symetrická podľa C0 - 180 a alebo C90 - 270	Každých 15° od 0° do 180° alebo od 90° do 270°
Asymetrická	Každých 15° od 0° do 360°

Tab.1 Uhlový interval kriviek svietivosti interiérových svietidiel pre roviny C

Typ svietidla	Smerovanie svetelného toku do dolného polpriestoru	Uhly γ
Priame	>0,9	Každých 5° od 0° do 90°
Priame - Nepriame	0,1 - 0,9	Každých 5° od 0° do 180°
Nepriame	< 0,1	Každých 5° od 90° do 180°

Tab.2 Uhlový interval kriviek svietivosti interiérových svietidiel pre uhly γ

Na výskumné účely sme svietidlo zmerali s krokom γ 2,5° bez použitia symetrie. Tento postup sme zvolili, aby sme minimalizovali chyby, ktoré by nastali pri aplikácii symetrie. Použili sme nižší uhlový krok, pretože softvér používa interpoláciu I-tabuľky v uhloch, v ktorých nemá zmerané hodnoty svietivosti. Týmto krokom sme spresnili interpoláciu I-tabuľky. Nameraná krivka svietivosti je znázornená v polárnych súradniciach na obr. 3. Aby sme mohli vložiť krivku svietivosti do skúmaného výpočtového softvéru, vytvorili sme fotometrický súbor LDT [4].



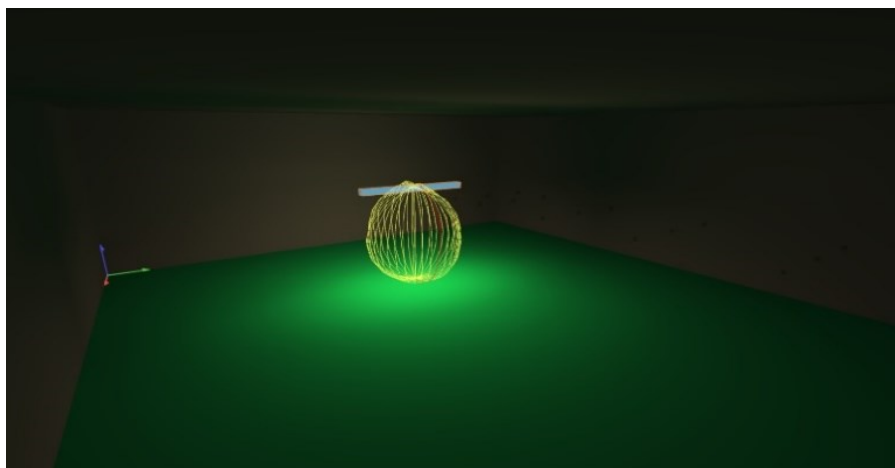
Obr.3 Zmeraná krivka svietivosti svietidla

3 Meranie a simulácia intenzity osvetlenia

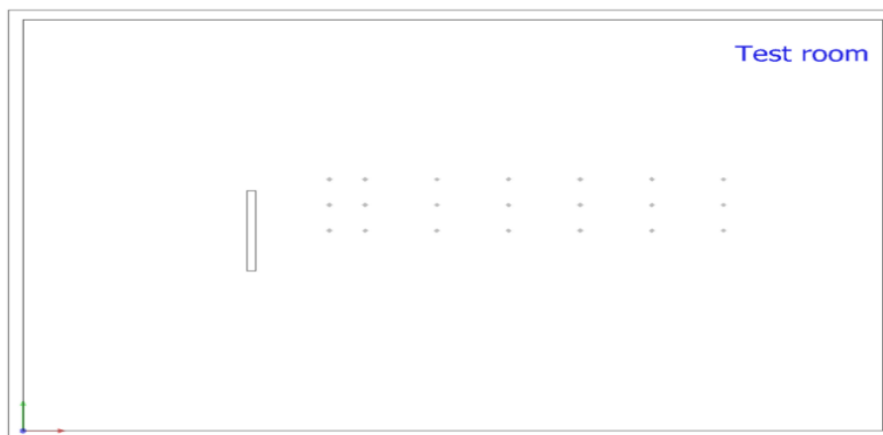
Na poukázanie účinku goniofotometrie vzdialeného poľa na presnosť softvéru na návrh osvetlenia sme vybrali 2 najpoužívanejšie softvéry, ktorých presnosť sme najskôr overili podľa dokumentu CIE 171: 2006. CIE 171: 2006 popisuje postup na overenie softvéru pre rôzne svetelné scény. Vykonali sme softwarové overenie pre tmavú miestnosť, pretože naše simulácie a merania boli vykonávané vo fotometrickom laboratóriu. Fotometrické laboratórium je špeciálne usporiadané tak, aby sa zabránilo neúčinne rozptýlenému svetlu. Z výsledkov testov sme usúdili, že testovaný softvér spĺňa požiadavky dokumentu CIE 171: 2006 a predpokladáme, že budú relevantné ďalšie simulované fotometrické parametre v našom výskume. Prvý softvér používa algoritmus fotónových máp a druhý softvér používa algoritmus rádiosity. [5].

Cieľom merania bolo zistiť, aký bude rozdiel medzi nameranou a simulovanou intenzitou osvetlenia, ak bude svietidlo osvetľovať stenu v malej vzdialenosti. Svietidlo malo rozmer svietiacej časti 1550 mm. Podľa už uvedených požiadaviek musí byť vzdialenosť od fotometrického stredu svietidla k fotometrickej hlavici luxmetra pri meraní kriviek svietivosti najmenej 7,75 m. Zmerali sme vertikálnu intenzitu osvetlenia na stene vo vzdialenosti 1,1 až 6,6 m od fotometrického stredu svietidla. Minimálna vzdialenosť 1,1 m bola zvolená z dôvodu obmedzenia smerovej chyby luxmetra. Umiestnenie svietidla 1 m od steny je bežné. Tento prípad môže byť kritický, ak projektant nepozná odrazivosť povrchov stien, umiestnenie nábytku prekrývajúceho stenu alebo ak je stena presklená. Navyše niektoré výpočtové algoritmy použité v softvéri nemusia byť presné pri výpočte fotometrických parametrov v scénach s priepustnými materiálmi.

Aby bolo možné umiestniť meracie body na požadované vzdialenosti, bolo svietidlo umiestnené na goniofotometri. Týmto postupom sme zabránili nechceným odrazom od stropu a stien miestnosti laboratória. Zmerali sme vertikálnu intenzitu osvetlenia v bodoch, ktoré sa nachádzali vo výške 1,6 m. Táto výška je zhodná s výškou fotometrického stredu svietidla. Body merania boli vo fotometrickej osi svietidla C0 a taktiež 0,5 m a 1 m posunuté od tejto osi. Vizualizácia miestnosti a rozloženie bodov je znázornená na obrázkoch 4 a 5.



Obr.4 Vizualizácia modelovanej miestnosti



Obr.5 Umiestnenie meracích bodov (pohľad z hora)

Simulácia bola vykonaná v rovnakých bodoch. Aby sa vlastnosti simulovanej miestnosti priblížili realite, zmerali sa jej rozmery a odrazivosť povrchov. Výsledky meraní a simulácií sú uvedené v tabuľkách 3, 4 a 5.

Pozícia bodu			Parameter				
x [m]	y [m]	z [m]	E_m [lx]	E_{s1} [lx]	ΔE_1 [%]	E_{s2} [lx]	ΔE_2 [%]
1,1	0,0	1,6	121	173	30,1	139	13,0
1,6	0,0	1,6	64	96	33,5	77	17,2
2,6	0,0	1,6	27	42	35,4	34	20,2
3,6	0,0	1,6	16	23	32,6	19	17,3
4,6	0,0	1,6	11	15	24,7	12	9,1
5,6	0,0	1,6	8	10	17,9	7,9	-1,6
6,6	0,0	1,6	6	7	14,6	5,68	-7

Tab.3 Výsledky meraní a simulácií v bodoch pozdĺžne s osou C0

Pozícia bodu			Parameter				
x [m]	y [m]	z [m]	E_m [lx]	E_{s1} [lx]	ΔE_1 [%]	E_{s2} [lx]	ΔE_2 [%]
1,1	0,5	1,6	110	146	24,4	117	5,7
1,6	0,5	1,6	59	85	30,3	68	12,9
2,6	0,5	1,6	26	39	34,4	32	19,4
3,6	0,5	1,6	15	22	31,5	18	15,1
4,6	0,5	1,6	12	14	18,4	11	-6,0
5,6	0,5	1,6	8	10	17,8	7,77	-2,2
6,6	0,5	1,6	6	7	13,3	5,61	-7,6

Tab.4 Výsledky meraní a simulácií v bodoch 0,5m od osi C0

Pozícia bodu			Parameter				
x [m]	y [m]	z [m]	E_m [lx]	E_{s1} [lx]	ΔE_1 [%]	E_{s2} [lx]	ΔE_2 [%]
1,1	1,0	1,6	61	82	25,5	66	7,1
1,6	1,0	1,6	39	59	34,6	47	17,6
2,6	1,0	1,6	22	33	32,9	26	14,8
3,6	1,0	1,6	14	20	32,3	16	14,5
4,6	1,0	1,6	10	13	25,1	11	9,4
5,6	1,0	1,6	8	9	17,5	7,41	-3,4
6,6	1,0	1,6	6	7	15,5	5,42	-5,4

Tab.5 Výsledky meraní a simulácií v bodoch 0,5m od osi C0

4 Záver

Predmetom výskumu bolo zistiť rozdiel meranej a simulovanej intenzity osvetlenia v prípade ak pri simulácii sú použité krivky svietivosti svietidla zmerané na goniofotometri s ďalekým polom a toto svietidlo osvetľuje blízky objekt. Meranie bolo vykonané vo fotometrickom laboratóriu, aby sa zabránilo nežiaducim vonkajším vplyvom, ako sú odrazy od iných predmetov, vplyv teplotného gradientu, kolísanie napätia atď. V testom prešiel aj softvér pre návrh osvetlenia. Rozdiel medzi nameraným a simulovaným osvetlením je v niektorých bodoch viac ako 30%. Simulovaná intenzita osvetlenia je navyše vo väčšine prípadov väčšia ako nameraná. Táto skutočnosť môže spôsobiť, že namerané fotometrické parametre nebudú spĺňať požiadavky normy a svetelný systém nebude schválený. Rozdiel medzi nameraným a vypočítaným vertikálnym osvetlením klesá so vzdialenosťou. Pri umiestňovaní lineárnych svietidiel v blízkosti stien by mal projektant osvetlenia vziať do úvahy, že výsledok simulácie môže byť výrazne skreslený. Softvér číslo 2 dosiahol lepšie výsledky pri simulácii vertikálneho osvetlenia v blízkosti lineárneho svietidla.

Literatúra a odkazy

- [1] <http://www.everfine.net/en/productsinfo.php?cid=8&id=42>
- [2] STN EN 13031 – 2. Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 2: Prezentácia údajov pre vnútorné a vonkajšie pracoviská
- [3] STN 13032 – 4 + A1. Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 4: LED zdroje, moduly a svietidlá
- [4] STN EN 13032 – 1 + A1. Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 1: Meranie a formulár súborov
- [5] CIE 171:2006. Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs. ISBN 978 3 901906 47 3

Test na posúdenie presnosti výpočtového softvéru osvetlenia pri projektovaní miestností s rozsiahlymi bočnými osvetľovacími otvormi

Marek Mokrání, Ing., Roman Dubnička Mgr., PhD., Dionýz Gašparovský, prof., Ing., PhD., Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave, marek.mokran@stuba.sk

Abstrakt: V súčasnej architektúre budov zohráva významnú rolu presklenie budov. Cez osvetľovacie otvory uniká veľké množstvo umelého svetla von z budovy hlavne v prípade presklených chodieb alebo kancelárií, ktoré môžu mať viacero stien presklených. Presnosť výpočtu fotometrických parametrov má veľký význam pretože kumulatívne chyby sa rýchlo stávajú závažnými chybami. Prijateľná chyba pri jednotlivých vstupných parametroch môže viesť k celkovo neprijateľnej chybe. Ďalšou motiváciou k väčšej presnosti výpočtov parametrov osvetľovacej sústavy sú nároky investora na efektívnu prevádzku osvetľovacej sústavy a energetická hospodárnosť budov. V neposlednom rade môže presnosť výpočtu a použitý softvér ovplyvniť konkurenčné tendre na osvetlenie. Pri absencii čo najpresnejších výpočtov nie je možné urobiť uspokojivý úsudok. Vo výpočte parametrov osvetľovacej sústavy môže nastať viacero chýb súvisiacich práve s presklením miestnosti. Prvým je že presklenie projektant neuvažuje a teda zjednoduší výpočet. Druhá chyba môže byť spôsobená algoritmom výpočtu ktorý nie je úplne presný pri výpočte prestupu svetla cez objekty.

1 Úvod

Softvér na navrhovanie osvetlenia používa algoritmy globálneho osvetlenia na simuláciu šírenia svetla a jeho interakcie v geometrických scénach. Globálne osvetlenie zahŕňa procesy vyžarovania svetla, odrazu, tieňovania a nakoniec absorpcie v prostredí. Je to simulácia fyzikálnych procesov na základe rovníc prenosu žiarenia. Tento proces je možné popísať pomocou geometrickej optiky. Model geometrickej optiky je najjednoduchším a najpoužívanejším modelom na simuláciu svetla v počítačovej grafike. Cieľom algoritmu globálneho osvetlenia je vypočítať rovnomerné rozloženie svetelnej energie v svetelnej scéne. Existuje mnoho typov a kombinácií algoritmov, ktoré vypočítavajú globálne osvetlenie. Medzi najbežnejšie algoritmy môžeme považovať [1]:

- Raytracing
- Radiosity
- Light-tracing
- Photon maps

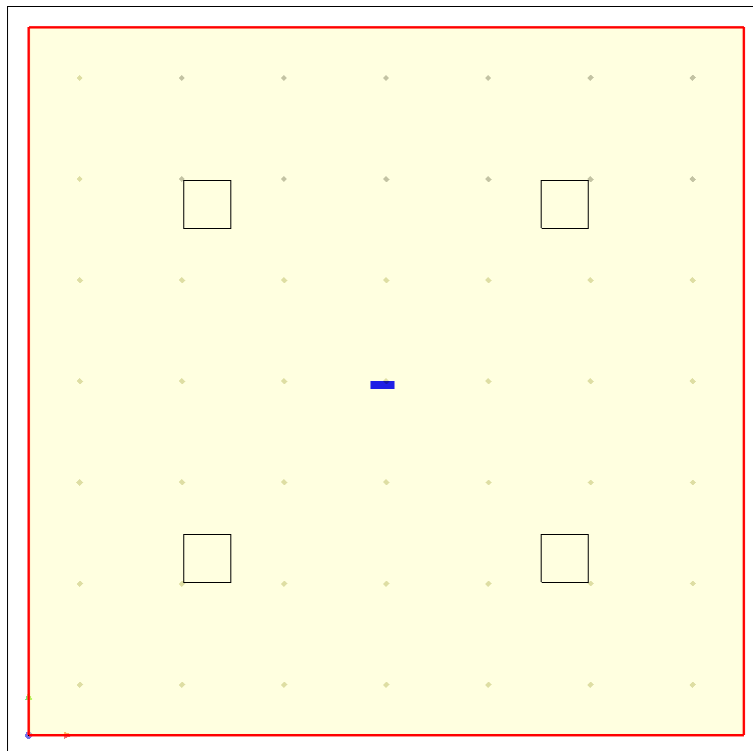
2 Overenie výpočtových softvérov

V súčasnosti je postup overenia softvéru osvetlenia uvedený v dokumente CIE 171: 2006. Scenáre uvažované pri overovaní presnosti výpočtu vnútorného osvetlenia sú [2]:

- CFL, šedá stena,
- Opálové svietidlo, šedá stena;
- Reflektorové svietidlo, šedá stena;
- CFL, čierna stena;
- Opálové svietidlo, čierna stena;

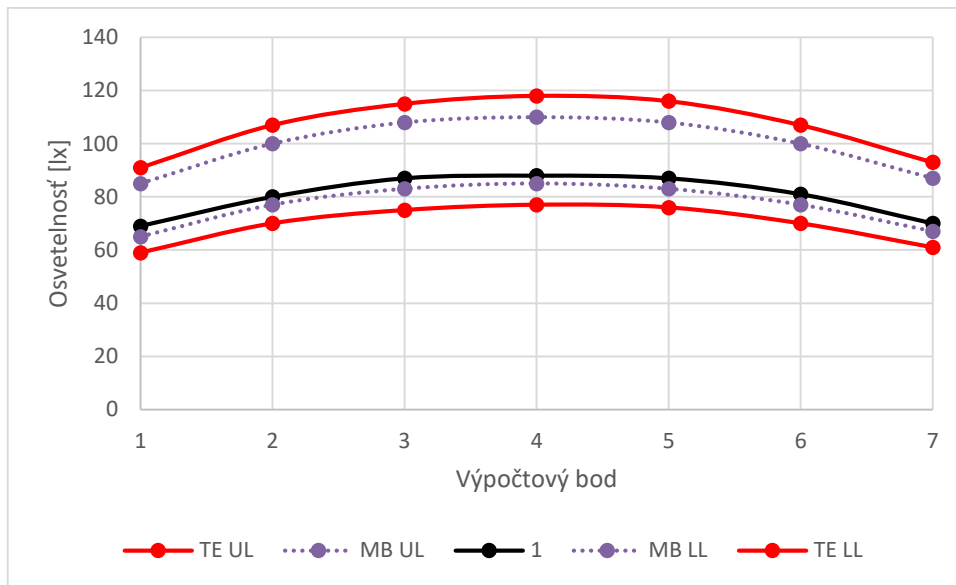
- Reflektorové svetidlo, čierna stena;

Každý scenár obsahuje údaje o plochách, svetidlách a umiestnenie bodov výpočtu. Problém týchto scenárov je, že žiadna testovaná miestnosť neobsahuje bočné osvetľovacie otvory. Obrázok ukazuje miestnosť, v ktorej sa test presnosti softvéru vykonáva spolu s meracími bodmi. Meracie body sú usporiadané v radoch 1 až 7 a poloha výpočtového poľa je presne definovaná. Zasklené oblasti môžu spôsobiť chyby vo výpočte svetelných systémov a môžu nastať prípady, keď fotometrické parametre osvetľovacej sústavy nebudú spĺňať požiadavky normy. Postup overenia výpočtového softvéru neuvažuje osvetľovacie otvory ani žiadne objekty v priestore.

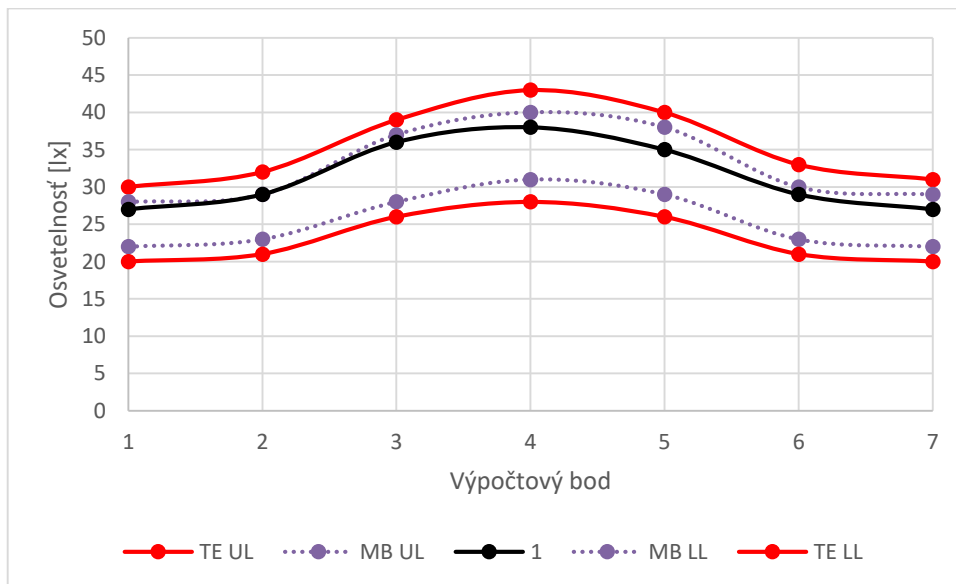


Obr.1 Rozloženie meracích bodov a svetidiel

Podľa dokumentu CIE 171:2006 sme vykonali overenie pre 1 softvér využívajúci algoritmus radiosity. Obrázky 2 a 3 zobrazujú príklad výsledkov testu pre tmavú a svetlú miestnosť. Z grafov je možné vyčítať, že softvér je v rámci horných a dolných limitov. Okrem testu v jednotlivých bodoch bol vykonaný aj test priemerného osvetlenia, kde sa presnosť opäť nachádzala medzi hornou a dolnou hranicou. Z výsledkov testov môžeme usúdiť, že testovaný softvér spĺňa požiadavky dokumentu CIE 171: 2006 [2].



Obr.2 Výsledok simulácie pre scénu so svetlou stenou



Obr.1 Výsledok simulácie pre scénu s tmavou stenou

Svietidlo / typ miestnosti	Horný limit	\bar{E}_m	Dolný limit
CFL svetlá miestnosť	112,00	91,00	88,00
CFL tmavá miestnosť	37,50	36,00	29,50
Opal svetlá miestnosť	67,50	54,00	53,10
Opal tmavá miestnosť	51,10	43,00	40,10
SSR svetlá miestnosť	254,20	238,00	199,80
SSR tmavá miestnosť	228,50	218,00	179,50

Obr.2 Výsledok simulácie \bar{E}_m pre všetky scény

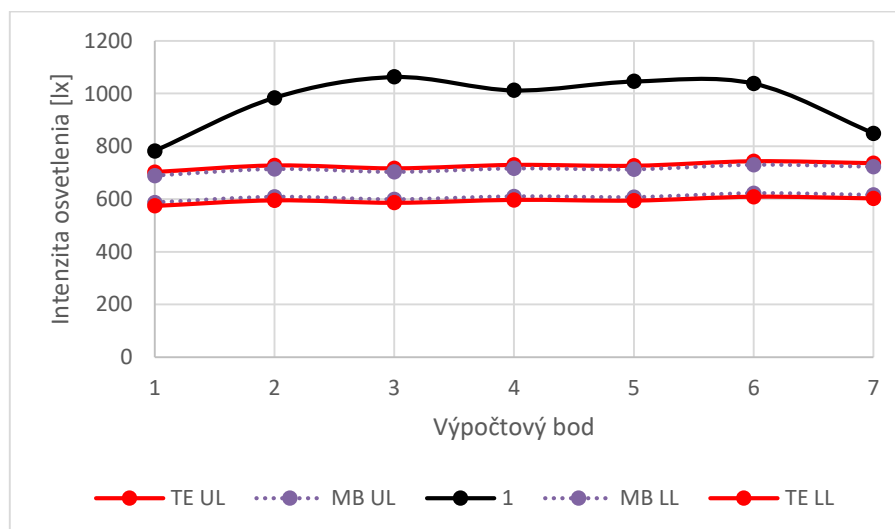
3 Overenie softvéru v miestnosti s bočnými osvetľovacími otvormi

Uvažovaným priestorom, pre ktorý bolo porovnanie simulácie osvetlenia s meraním bola kancelária v administratívnej budove s osvetľovacími otvormi na jednej stene. Parametre osvetľovacej sústavy, ktoré boli predmetom porovnania, bola intenzita osvetlenia v bodoch a celková intenzita osvetlenia. V tejto simulácii boli jednotlivé krivky svietivosti svietidiel zmerané v svetelno-technickom laboratóriu pomocou goniofotometra. Svietidlá boli následne nainštalované do priestoru kancelárie. Pri inštalácii svietidiel sa v súlade s návrhom osvetlenia zvažovala poloha a orientácia C-rovín každého svietidla. Pri výpočte osvetlenia boli definované všetky typy povrchov a osvetľovacie otvory v súlade s ich rozložením v priestore. Pre každý povrch bola definovaná odrazivosť resp. priepustnosť nameraná pred implementáciou osvetľovacieho systému.

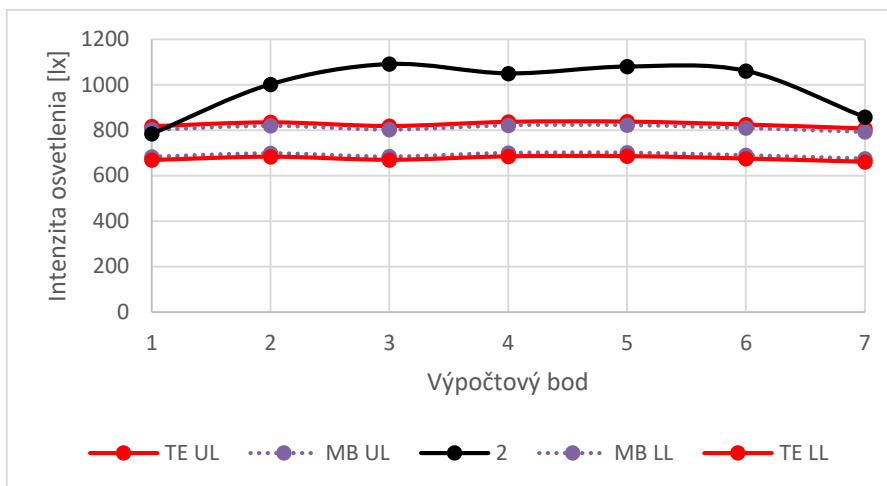


Obr.3 Vizualizácia miestnosti

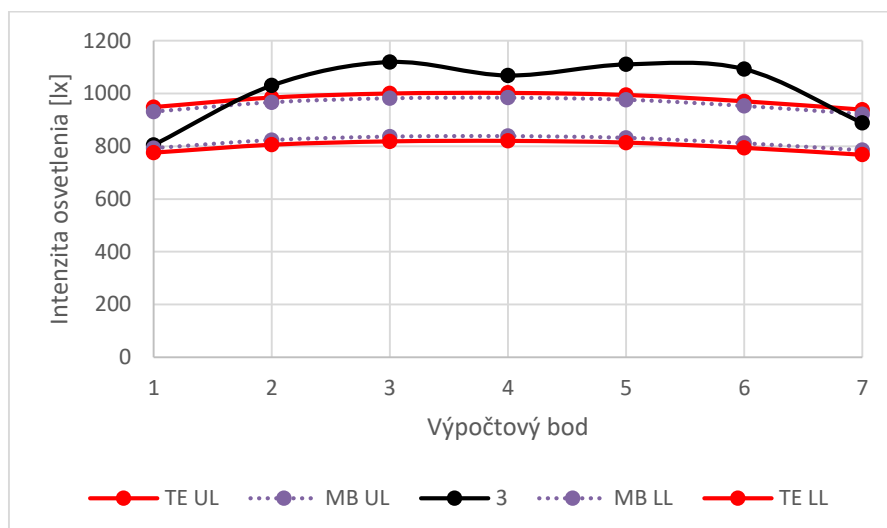
Na obrázkoch 4 až 10 vidíme výsledky porovnávacieho merania. Je zrejmé, že v okne výpočtový softvér nadhodnocuje vypočítanú osvetlenosť v jednotlivých bodoch. Toto nadhodnotenie klesá smerom od osvetľovacích otvorov a v riadku 7 sú vypočítané parametre v limitoch (okrem bodu 1 a 7).



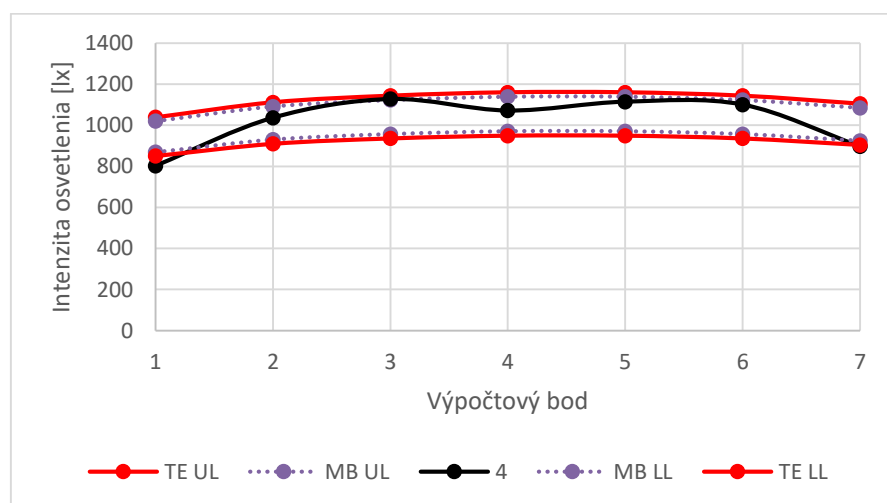
Obr.4 Výpočtové body v prvom riadku



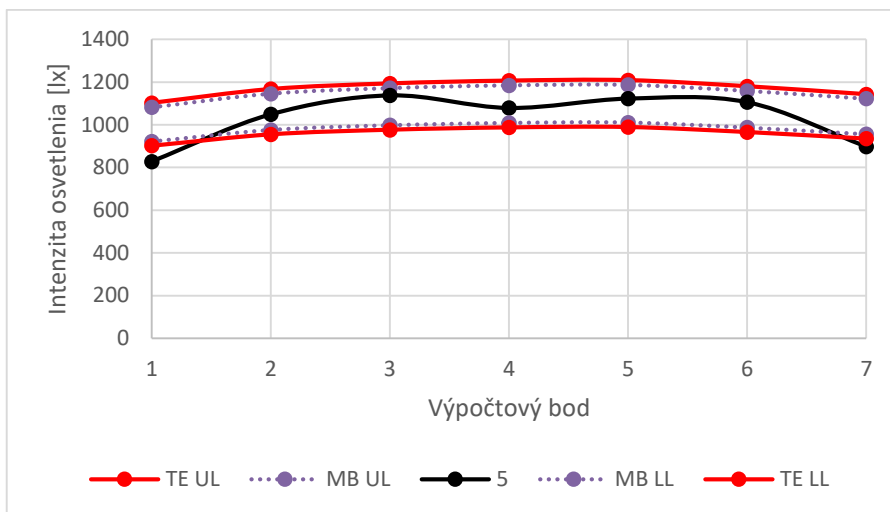
Obr.5 Výpočtové body v druhom riadku



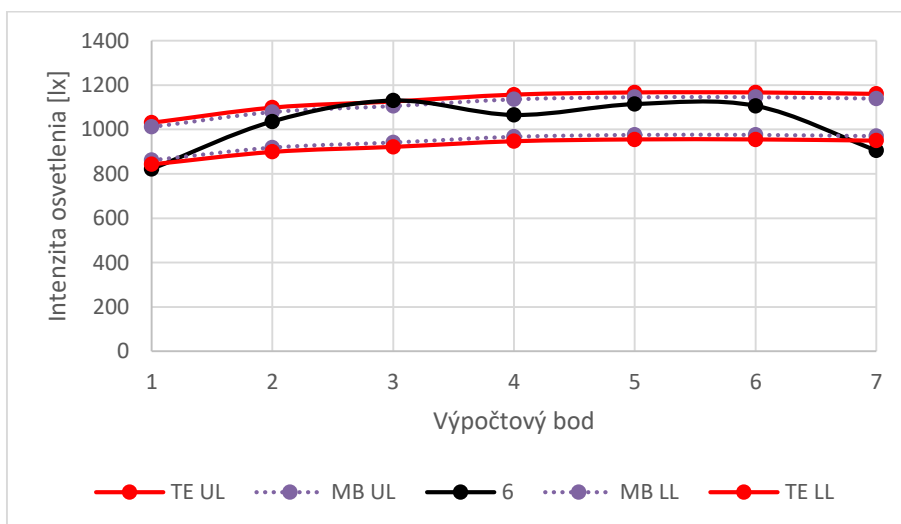
Obr.6 Výpočtové body v treťom riadku



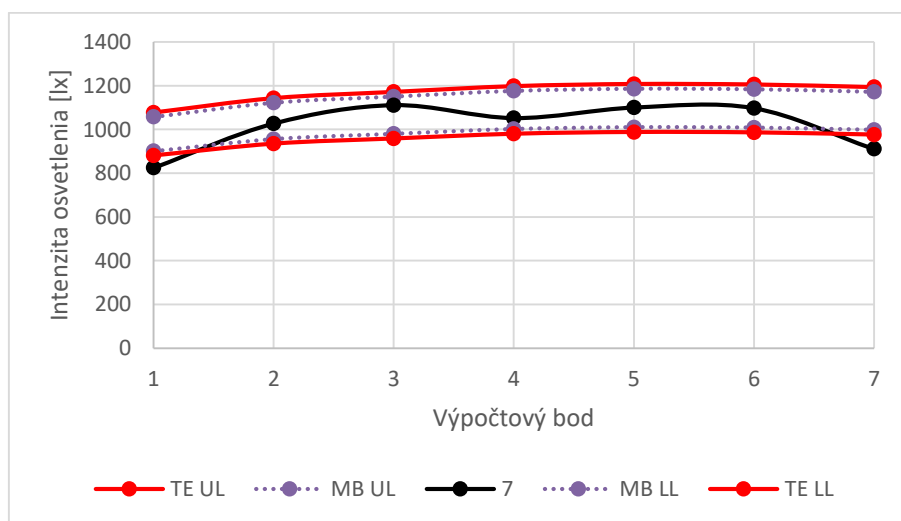
Obr.7 Výpočtové body v štvrtom riadku



Obr.8 Výpočtové body v piatom riadku



Obr.9 Výpočtové body v šiestom riadku



Obr.10 Výpočtové body v siedmom riadku

Svietidlo / typ miestnosti	Horný limit	\bar{E}_m	Dolný limit
LED / skúmaná miestnosť	1017	965	832

Tab.1 Priemerná intenzita osvetlenia skúmanej miestnosti

4 Záver

Zo získaných výsledkov je zrejmé, že simulácia fotometrických parametrov v miestnostiach s väčšími oknami môže byť problematická a výsledky do určitej miery skreslené. K skresleniu vypočítaného osvetlenia dochádza hlavne v mieste blízko okna a klesá ďalej od okna. Niektoré simulačné softvéry umožňujú modelovať okná s vonkajšími žalúziiovými systémami čo by mohlo pomôcť k zníženiu skreslenia výsledkov. Celková priemerná osvetlenosť sa nachádza v limitoch. Na základe týchto výsledkov navrhujeme projektantom vnútorných osvetľovacích systémov, aby svoj používaný softvér overili pomocou scenára s oknami.

Literatura a odkazy

- [1] Dutré P. - Bala K. - Bekaert P. 2006. Advanced global illumination. 2 edition. A K Peters, Ltd. 2006. 362 p. ISBN 13: 978-1-56881-307-3.
- [2] CIE 171:2006. Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs. ISBN 978 3 901906 47 3

Nejistoty měření rušivého světla pomocí jasového analyzátoru LDA - LumiDISP

Ing. Martin Motyčka, Ph.D., VUT v Brně, motyckam@vut.cz

Ing. Jan Škoda, Ph.D., VUT v Brně, skoda@vut.cz

doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D., VUT v Brně, baxant@vut.cz

Ing. Filip Novák, VUT v Brně, xnovak1x@vut.cz

Ústav elektroenergetiky, FEKT, VUT v Brně

Abstrakt: Tento článek popisuje nejistoty měření rušivého světla pomocí jasového analyzátoru LDA – LumiDISP, který dokáže měřit rozložení jasů ve scéně. Nejistota měření jasu tohoto přístroje je závislá nejenom na použitém objektivu, ale také na nastavení expozice – clonovém čísle, času závěrky a hodnotě ISO. V neposlední řadě je nejistota měření jasu ve scéně také závislá na pozici - vzdálenosti od středu snímku. V tomto článku se čtenář seznámí se základy stanovení nejistot měření jasového analyzátoru LDA a reálné aplikaci těchto nejistot měření na jasové mapy s velice nízkými hodnotami jasů noční oblohy, ze kterých lze hodnotit úroveň rušivého světla v dané lokalitě.

1 Úvod

Problematika rušivého osvětlení je velice aktuální a nyní již existují měřicí nástroje, které lze využít pro měření a vyhodnocení rušivého osvětlení. Zdrojem rušivého osvětlení je zejména závojevý jas oblohy, oslnivé světlo, světelný přesah a podíl horního světla ULR [1]. V tomto článku bude popsán způsob měření zejména závojevého jasu oblohy, který souvisí i s dalšími zdroji rušivého osvětlení. Závojevý jas vzniká rozptylem světla z umělého osvětlení v atmosféře od aerosolových částic. Do velké míry ovlivňuje úroveň závojevého jasu také spektrální složení zdrojů umělého osvětlení. Světlo s vysokou hodnotou náhradní teploty chromatičnosti má ve svém spektrálním složení velký podíl modré složky, přičemž toho záření se v atmosféře rozptyluje mnohem více než záření s delší vlnovou délkou [1]. Pro měření a hodnocení závojevého jasu lze využívat jasové kamery – přístroje schopné měření rozložení jasu ve scéně. Zorné pole jasové kamery udává velikost senzoru a ohnisková vzdálenost objektivu, přičemž pro měření závojevého jasu jsou vhodné objektivy s krátkou ohniskovou vzdáleností (<30 mm) a pro snímání celé oblohy lze využít objektivu typu rybí oko, který snímá s vhodným senzorem celý poloprostor. Bohužel objektivy typu rybí oko mají zpravidla horší rozlišitelnost a vyšší nejistoty měření a to zejména z důvodu korekce velkého vlivu vinětace objektivu na okrajích snímku.

2 Teorie nejistot měření

Nejistota měření obecně udává interval hodnot, ve kterém se nachází skutečná hodnota s určitou pravděpodobností. Existuje více typů stanovení nejistoty měření. Nejistota typu A se stanovuje statistickými metodami při kolísání naměřených hodnot, které nelze jednoduše predikovat či odstranit. Velikost této nejistoty do značné míry závisí na počtu měření. Pro použití klasické analýzy rozptylu je třeba více než 20 naměřených hodnot. Při výpočtu nejistoty typu A se uvažuje normálního rozložení pravděpodobnosti. Z toho vyplývá, že přibližně jen 68,3 % naměřených hodnot spadá do intervalu ohraničeného touto nejistotou [2].

Následující vztah je pro výpočet nejistoty typu A jako směrodatné odchylky výběrového průměru.

$$u_A = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot 100 \% \quad (1)$$

kde n je rozsah výběru - počet naměřených hodnot

x_i je i -tá naměřená hodnota

\bar{x} je aritmetický průměr naměřených hodnot

Nejistota typu B zahrnuje systematické chyby systému, které nelze korigovat a dále zahrnují chyby měření přístrojů a případně metodiky výpočtu výsledné veličiny. Nejistoty nebo chyby měření měřících přístrojů lze dohledat v kalibračních protokolech, případně ve specifikacích přístroje. Příručka pro stanovení nejistot měření GUM definuje tzv. standardní nejistotu, která má normální pravděpodobnostní rozložení a lze ji vypočítat postupem jako nejistotu typu A i B [2]. Pokud výrobce uvádí maximální chybu přístroje, lze vypočítat standardní nejistotu měření přístroje tímto vztahem:

$$u_i = \frac{\delta_i}{z_i} \quad (2)$$

kde δ_i je chyba přístroje (pravděpodobnostní rozložení chyby měření)

z_i je konverzní koeficient přepočtu na standardní nejistotu

U měřících přístrojů se uvažuje pro maximální chybu měření nejčastěji rovnoměrné rozložení pravděpodobnosti a konverzní koeficient $z = \sqrt{3}$. Tato konstanta převádí hodnotu související s pravděpodobnostním rozložením chyby přístroje na standardní nejistotu. Nerozšířená standardní nejistoty (vypočítané jako typ A i B) definuje tedy interval, ve kterém se nachází náhodně změřená hodnota s pravděpodobností 68 %.

Pro vyjádření kombinované nejistoty se používá Gaussův zákon šíření nejistot. Pokud jsou dílčí nejistoty na sobě nezávislé, sčítají se dílčí nejistoty kvadraticky. V případě, kdy dílčí nejistoty jsou na sobě závislé (korelované), použijeme tzv. kovarianční zákon šíření nejistot [2].

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2 + 2 \cdot \sum_{i=1, k < i}^n u_i \cdot u_k \cdot r_{j,k}} \quad (3)$$

kde $r_{j,k}$ představuje korelační koeficient - míru závislosti dvou nejistot v intervalu $\langle -1, +1 \rangle$

Tato kombinovaná nejistota stále udává interval, ve kterém se nachází skutečná hodnota pouze s pravděpodobností přibližně 68 % (normální rozdělení). Proto se zavádí tzv. rozšířená nejistota měření, které pokrývá interval s 95,4 % pravděpodobností výskytu skutečné hodnoty [1].

$$U = k \cdot u_c \quad (4)$$

kde koeficient rozšíření je roven $k = 2$.

3 Nejistoty měření LDA

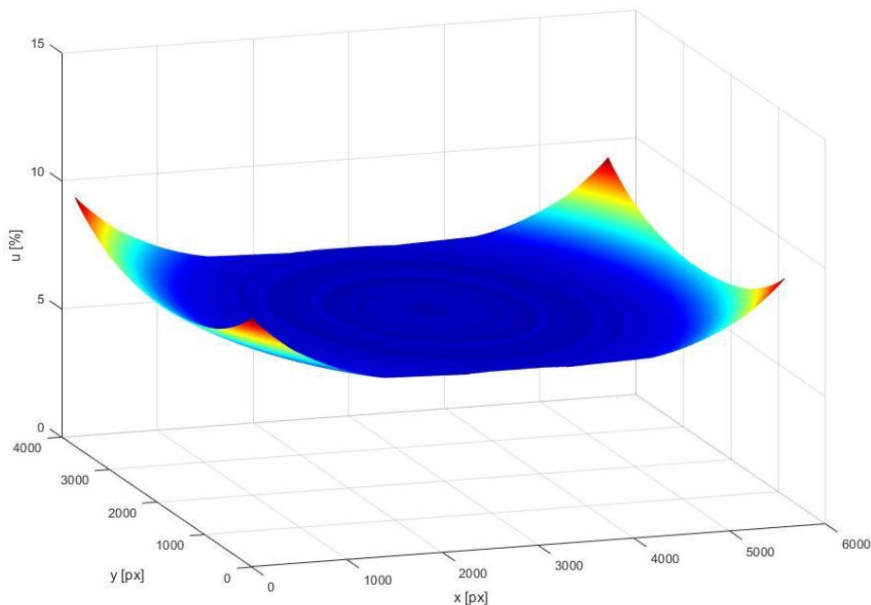
Jasový analyzátor LDA – LumiDISP je postaven na DSLR kameře Nikon a prochází důkladnou softwarovou a hardwarovou kalibrací, aby byl schopen měřit rozložení jasu ve scéně s přijatelnou nejistotou měření pro všechny režimy snímání. Přístroj byl vyvinut v laboratoři světelné techniky na Ústavu elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně. Přístroj lze zařadit do kategorie jasových kamer, jejichž parametry stanovuje technický dokument CIE 244:2021 [3]. Jasový analyzátor je testován a kalibrován v souladu s tímto dokumentem. V celém setu se nachází tři objektivy: Sigma 135 mm f/1,8 pro měření jasů pozemních komunikací a vzdálených zdrojů rušivého světla, Tokina 50 mm f/1,4 pro obecné použití a Sigma FishEye 4,5 mm f/2,8 pro měření indexu oslnění UGR a rušivého světla. V následujícím obrázku č. 1 je zobrazen kufr s jasovým analyzátozem LDA.



Obr.1 Jasový analyzátor LDA

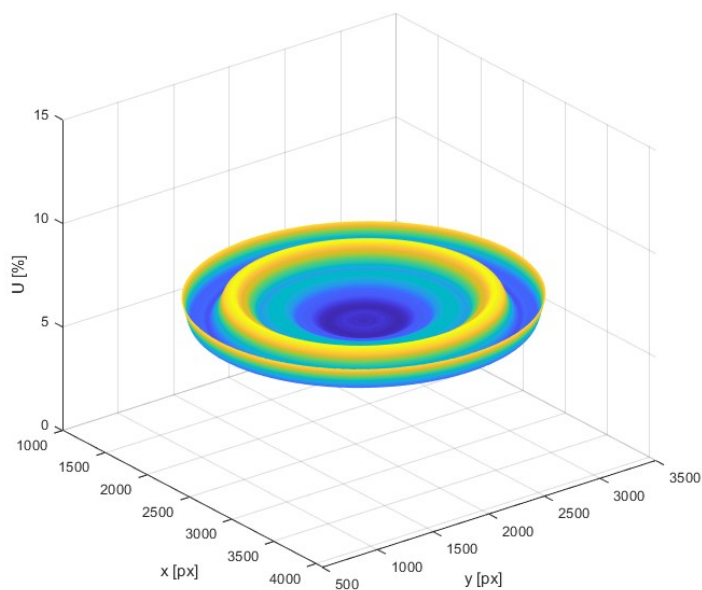
Každá konfigurace má unikátní hodnotu rozšířené nejistoty měření jasu, která vychází pro nejhorší nalezený případ nastavení fotoaparátu (clonové číslo, čas závěrky). Nejistota měření jasu je také proměnlivá napříč pořízeným snímkem, kdy se nejistota zvyšuje zejména v okrajích snímku z důvodu korekce vinětace objektivu. Mezi hlavní standardní nejistoty patří nejistota citlivostní kalibrace, nejistota korekce vinětace a clonových čísel a také nejistota opakovatelnosti časové závěrky a nastavení clonového čísla. V neposlední řadě je nejistota měření závislá na měřených světelných zdrojích, kdy pro určité spektrální složení odpovídá příslušná spektrální chyba měření světelného zdroje odlišného od světla typu A, na který je přístroj kalibrován. Dále se nejistota měření může navýšit v situaci míhajícího světelného zdroje, kdy krátké doby expozice mohou způsobit další chybu měření. Do jisté míry je tedy i nejistota měření jasu v určitých podmínkách závislá na zkušenostech metrologa přizpůsobit nastavení fotoaparátu a expozice pro danou scénu. Kombinovaná a rozšířená nejistota je vypočítána pro všechny režimy snímání a pro jednotlivé pixely pomocí vztahů 3 a 4.

Pro snímání vzdálenějších objektů a zdrojů rušivého světla je vhodný objektiv Sigma 135 mm, který poskytuje dostatečné detaily pro jas a kontrastních poměrů ve scéně. Z hlediska nejistot měření dosahuje tato konfigurace rozšířené nejistoty měření jasů $U = 6,8 \%$ v okolí středu snímku (do 1000 px) a $U = 9,0 \%$ pro horizontální okraje snímku (hranice 3000 px od středu).



Obr.2 Nejistota měření LDA s objektivem Sigma 135 mm

Za účelem měření závoje jasů oblohy lze využít objektivu Sigma FishEye 4,5 mm, který má zorné pole celého poloprostoru a tím umožňuje měření nejenom oblohy, ale také horizontu při umístění objektivu směrem k zenitu. Rozšířená nejistota měření jasů je nejnižší pro střed snímku $U = 6,6 \%$ a je nejvyšší zejména na okrajích snímků $U = 9,2 \%$. Za hranicí 1400 px (88°) lze považovat naměřené hodnoty spíše za orientační, protože zde nejistota měření již přesahuje hodnotu 10 %.



Obr.3 Nejistota měření LDA s objektivem Sigma FishEye 4,5 mm

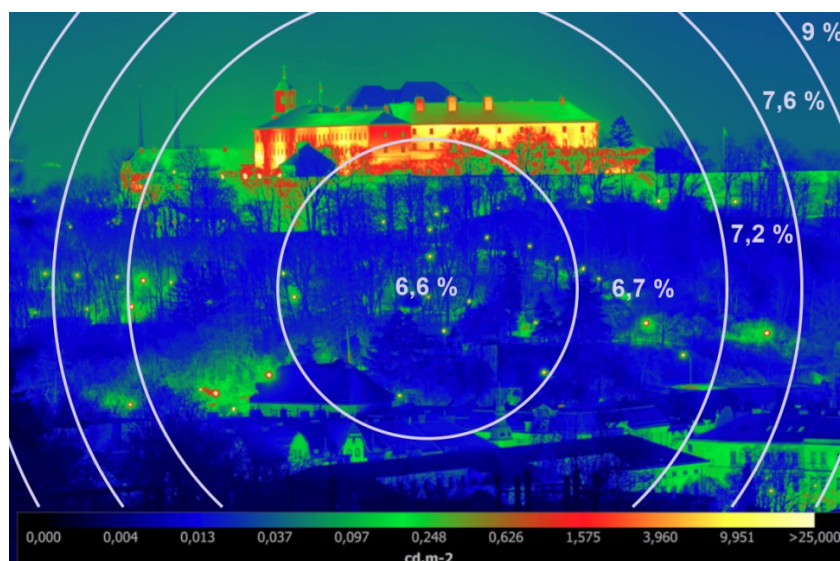
4 Měření rušivého světla v Brně

Pomocí jasového analyzátoru LDA – LumiDISP bylo realizováno měření závoje jasů a zdrojů rušivého světla v městě v Brně z pátku na sobotu 9. 4. -10. 4. 2021, kdy bylo veřejné osvětlení zhasnuté na několik hodin. Této příležitosti bylo využito pro snímání jasových podmínek před a po zhasnutí Brna. Bylo zhasnuto více jak 40 tisíc světelných míst. Bohužel osvětlovací soustavy soukromých objektů zůstaly v provozu. Měření probíhalo na Kraví hoře z důvodu vyvýšeného terénu a dobrého rozhledu na město. Pro měření byly využity dva jasové analyzátoři. První jasový analyzátor byl osazen objektivem Sigma FishEye a byl nasměrován k zenitu, aby v zorném poli byla celá obloha i s horizontem. Druhý jasový analyzátor měl objektiv Sigma 135 mm pro měření vzdálených objektů (památky, zdroje rušivého světla). V tomto článku jsou uvedeny jasové mapy pouze rozsvíceného Brna těsně před zhasnutím. V obrázku č. 4 je fotografie měřicího stanoviště na Kraví hoře.



Obr.4 Měřicí stanoviště pro měření rušivého světla

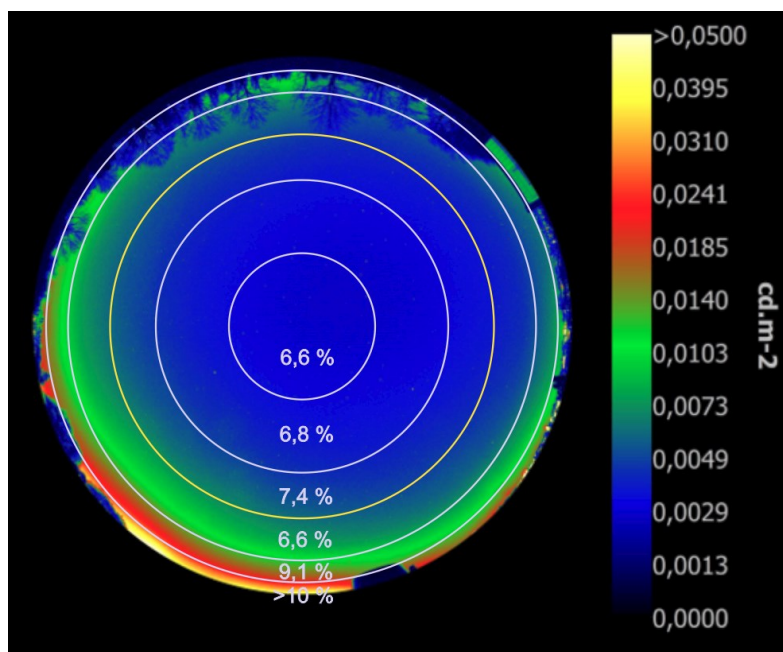
Kombinace objektivu Sigma 135 mm s APS-C senzorem poskytuje dostatečný detail i pro vzdálenější objekty jako je hrad Špilberk. Pokud aplikujeme rozložení rozšířené nejistoty měření jasů na snímek, dostaneme průměrné hodnoty nejistot měření pro určité pásy. Nejistota měření je závislá na vzdálenosti od středu snímku a je symetrická. Tyto pásy společně s nejistotou měření jsou zobrazeny v obrázku č. 5.



Obr.5 Měření rušivého světla v Brně – pohled na hrad Špilberk

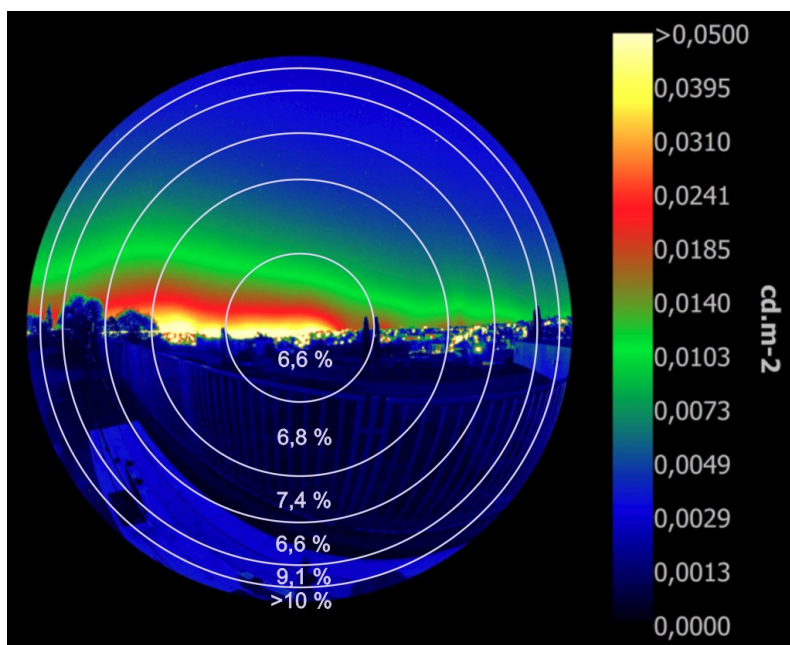
Vykreslení pásů nejistot měření poskytuje okamžitý odhad nejistoty měření pro určité objekty ve scéně. V případě objektivu Sigma 135 mm nejistota měření nabývá vyšších hodnot v rozích snímků. Z hlediska co nejmenší nejistoty měření je tedy vhodné umístit měřené objekty na střed snímku a jeho okolí. Z obrázku č. 5 vyplývá, že nejistota měření jasu fasády hradu Špilberk je přibližně $U = 6,7 \%$. Pro přesnější vyhodnocení nejistoty pro určitou oblast v jasové mapě je nezbytné vyčíslit nejistotu jako vážený průměr nejistoty měření podle jasu v této oblasti. Nejistoty měření jasu jsou platné i pro barevné fasády díky dobrému spektrálnímu přizpůsobení jasového analyzátoru na křivku $V(\lambda)$. Parametr f_1' jasového analyzátoru LDA je zpravidla menší než 3 % (2021). V případě měření velkého dynamického rozsahu jasu je vhodné využít integrované HDR funkce snímání v programu LumiDISP, která skládá výslednou jasovou mapu z několika snímků o různém vybuzení. Pomocí HDR funkce jsou hodnoty jasů získány vždy z optimálně vybuzených pixelů a jejich nejistota měření je tedy přibližně stejná.

U objektivu Sigma FishEye je rozložení nejistoty měření rozdílné proti objektivu Sigma 135 mm. V obrázku č. 6 je zobrazen jasový snímek závoje v noci v Brně při pohledu z Kraví hory. V jasové mapě jsou opět vyznačeny pásy nejistot měření. Nejistota je zde nejmenší pro střed snímku a pro pás v rozmezí 1050 až 1280 px od středu snímku. V těchto oblastech dosahuje rozšířená nejistota měření jasu $U = 6,6 \%$. Nejistota dále narůstá zejména u okraje snímku, kde je již nejistota vyšší než 10 %. Bohužel právě v této oblasti jsou umístěny zdroje rušivého světla, které jsou zdrojem závoje. Z hlediska měření závoje bude nejistota měření závislá na vymezené oblasti pro zpracování průměrného jasu. Pro tuto oblast je možné vypočítat nejistotu měření opět jako vážený průměr na základě rozložení jasu ve vybrané oblasti. Při vymezení oblasti výpočtu závoje žlutou kružnicí v obr. 6 dosahuje hodnota závoje jasu $L = (0,0039 \pm 6,9 \%) \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Nicméně uvedená nejistota je platná pouze pro ISO 100. Nejistota měření narůstá s parametrem ISO kvůli šumu na snímači. Proto je tedy vhodnější při měření velice tmavé oblohy nastavit dlouhé časy expozice místo navyšování parametru ISO.



Obr.6 Měření rušivého světla směrem k zenitu

Pro měření rozložení jasů podél horizontu je doporučeno pořídit druhý snímek tímto objektivem, který se nasměruje směrem k horizontu. Tímto způsobem bude nejistota měření co nejnižší v této oblasti. V obrázku č. 7 je zobrazena jasová mapa, kde je horizont umístěn na středu snímku, tedy v oblasti s co nejnižší nejistotou měření. V tomto případě je nezbytné využít HDR funkce snímání, aby dynamický rozsah měření byl dostatečný pro měření vysokých jasů svítidel, ale také tmavých míst jako je obloha.



Obr.7 Měření rušivého světla na horizontu

5 Zhodnocení nejistot měření rušivého osvětlení

Jasový analyzátor LDA – LumiDISP je vhodný přístroj pro měření rušivého světla a to zejména pomocí objektivu Sigma FishEye, kdy zorné pole odpovídá celému poloprostoru a tudíž umožňuje měření závoje jasů noční oblohy pomocí jednoho snímku. Pro měření zdrojů rušivého světla lze tento objektiv také využít, ale je doporučeno při měření zdrojů rušivého světla využít objektiv s delším ohniskem pro získání detailnějších snímků. Nejistota měření jasového analyzátoru je závislá zejména na použitém objektivu a pozici ve snímku. Rozšířená nejistota měření jasů jasového analyzátoru LDA se pohybuje v rozmezí $U = 6,6 \div 9,1 \%$. Spektrální chyba přístroje dosahuje malých hodnot pro většinu světelných zdrojů veřejného osvětlení. Nejistota měření nabývá nejvyšších hodnot zejména při okrajích/rozích snímku a tudíž je vhodné během měření neumísťovat měřené objekty do těchto míst. Při měření velmi dynamické scény je vhodné využít funkce HDR, která kombinuje výslednou jasovou mapu z více snímků o různém vybuzení a tím zajistí stejnou nejistotu měření pro celý rozsah naměřených jasů. Nejistoty měření jasového analyzátoru LDA jsou vyčísleny pro ISO 100. Při měření velice nízkých hodnot jasů lze navýšit parametr ISO, ale navýší se tím i rozšířená nejistota měření z důvodu vyššího šumu na snímači.

6 Poděkování

Autoři článku děkují Centru výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE), ve kterém vznikla tato publikace a za finanční podporu projektu specifického výzkumu na VUT (specifický projekt č. FEKT-S-20-6449).

Literatura a odkazy

- [1] K. Sokanský. Světelná technika. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [2] BIPM. JCGM 100:2008: Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement.
- [3] CIE 244:2021: Characterization of Imaging Luminance Measurement Devices (ILMDs). CIE Technical Report. International Commission on Illumination CIE. 2021.

Osvětlení vnitřních pracovních prostorů ve vazbě na změny vybavení místností a jejich využití

Ing. Petr Niesig, Elkovo Čepelík s.r.o., petr.niesig@elkovo-cepelik.cz, www.elkovo-cepelik.cz

Abstrakt: Zamyšlení nad tím, že kvalitně osvětlit daný prostor není pouhé vybrání vhodných svítidel, nýbrž je potřeba provést komplexní návrh.

Místo úvodu

Práci prosím berte jako impulz k zamyšlení se nad postupem při návrhu osvětlení pracovního prostoru a prostoru pro vzdělávání. A také jako připomenutí většinou známých, ale často přehlížených skutečností daných fyzikálními zákony.

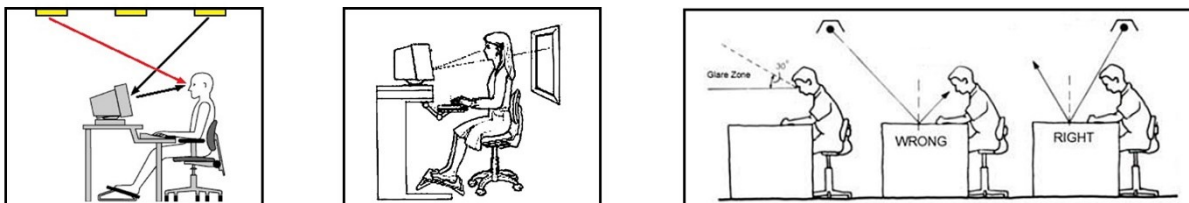
Modelové zadání: Provedte rekonstrukci osvětlení daného prostoru.

Získání potřebných informací

Před zahájením projekčních prací je pro vytvoření kvalitního návrhu nezbytné zjistit níže uvedené skutečnosti.

Možné důvody pro provedení rekonstrukce osvětlovací soustavy:

- Špatný technický stav svítidel
- Nehospodárny provoz (velká spotřeba el. energie)
- Změna užívání prostoru
- Nízká hladina osvětlení, popřípadě dalších parametrů (rovnoměrnost, index barevného podání, velké oslnění, nevhodná náhradní teplota chromatičnosti...)
- Nevhodné rozmístění pracovišť nebo svítidel



Obr.1 Možné chyby v umístění svítidel či pracovišť

Podklady pro novou osvětlovací soustavu:

- Rozměry (včetně výšky) a barevné řešení prostoru (odraznosti)
- Vnitřní vybavení (rozmístění pracovních míst v kanceláři – rozhodnout se, zda bude stálé anebo zda je potřeba mít možnost změny), regály v obchodu či skladu, preferovaný druh a úroveň sportu v tělocvičně, osvětlení tabule ve škole x umístění dataprojektoru... A zda rozmístění pracovišť ponechat či pozměnit?
- Obecný popis činnosti pokud není zřejmý z názvu prostoru (velikost montovaných součástí pro zařazení v normě a stanovení požadavků na osvětlení, oslnění, Ra...)

- Specifika, která by mohla mít vliv na návrh osvětlovací soustavy např. potřeba stínů, omezení oslnění, Tc, Ra, UV, oslnění odrazem, kamery, Flicker, stmívání z důvodů funkce prostoru – radiodiagnostická vyšetření
- Čistota prostoru (potřeba mytí včetně svítidel, hodně prachu, zápalný prach – truhlárna...)
- Teplota, vlhkost, jiná chemie (chlor, rozpouštědla...)
- Zakázané materiály (např. silikon - automotive, sklo, které se může roztříštit – potravinářský prostor, otírání svítidel – operační sál...)
- Možnosti údržby (velké technologie pod svítidly, podlaha v tělocvičně, na kterou nejde postavit lešení, velké hospodářské ztráty při výpadku osvětlení, nároky na životnost, možnost snadné opravy – výměny)
- Požadavky na stmívání – úspora energie, popř. technologické důvody
- CLO (Constant Light Output)
- Přítomnostní (pohybová čidla) kanceláře, uličky v regálovém skladu
- Denní osvětlení/proslunění – změna požadavků (nutnost kontroly pro nový návrh např. při rekonstrukci školy – po výměně oken menší činitel denní osvětlenosti, možná nutnost sdruženého osvětlení, nebo při změně užívání původně nebyl prostor s trvalým pobytem a nově bude)

Normové požadavky

Na normy (nezávazné) nás odkazují nařízení a vyhlášky (závazné)

- Nařízení vlády 361/2007 Sb. (pro pracovní prostory)
- Vyhláška č. 410/2005 Sb. (pro výchovu a vzdělávání)

ČSN EN 12464-1: **2021?** - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Upozorňuji, že za nedlouho vejde v platnost nová, upravená norma.

Pozn. k dostupnosti technických norem:

V září 2020 schválila Sněmovna novelu zákona o technických požadavcích na výrobky, která veřejnosti zajistila bezplatný přístup k závazným technickým normám.

Od 1. ledna 2021 jsou k dispozici závazné technické normy zdarma!

Najdete je po registraci zde: <https://sponzorpristup.agentura-cas.cz>

Návrh osvětlení

- Výběr svítidel
- Výpočet osvětlení a dalších požadovaných parametrů

Kdo to udělá (návrh)?

- Já sám
- Projektant elektro
- Elektromontážní firma
- Výrobce svítidel
- Světelný technik/ Architekt

Otázka jednoduchá, zato odpověď složitější. Mnohdy nabízí „návrh“ zdarma různí prodejci, jenže kvalita takového návrhu může dost kolísat. Projektant elektro zase nemusí být plně zdatný v návrhu osvětlení, potíž je, že není, jak to zjistit.

Kontrola po realizaci

Po realizaci může být provedena kontrola. Většinou probíhá měřením osvětlenosti vybraných místností v síti kontrolních bodů s následným vyhodnocením průměrné osvětlenosti a rovnoměrnosti. Zde bych apeloval na prověření firmy, která nám měření nabízí, bohužel je často nabízí i firmy, které si koupí luxmetr v hobby marketu a nyní s ním nabízejí měření.

Závěr

Cílem příspěvku bylo připomenout, že vyhovující osvětlení pracovních míst není závislé pouze na svítidlech, ale i na rozmístění a natočení jednotlivých pracovišť. Jako největší problém osobně spatřuji nedostatek technických podkladů a následného oslnění buďto přímo od svítidel, ale často i odrazem, nebo světlem od oken.

Budiž tma: Měření rušivého světla v Brně

Filip Novák, Ing., Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně, xnovak1x@vutbr.cz;
Petr Baxant, Ph.D, doc. Ing., Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně, baxant@vut.cz

Příspěvek se zabývá popisem měření jasu noční oblohy v městské aglomeraci s důrazem na určení změny hodnot těchto jasů při vypnutí veřejného a architektonického osvětlení v Brně a některých okolních částech spadajících pod správu Technických sítí Brno, a.s. Informace zde uvedené jsou jedním z pohledů na vliv lidské činnosti na okolní prostředí a ukázkou možného řešení kvantifikace dopadů zavádění technologií, které přímo nebo nepřímo ovlivňují životní prostředí nejen pro člověka, ale život jako celek.

1 Úvod

Rušivé osvětlení, (případně nepříliš přesně světelné znečištění) je obecně vzato negativní působení umělého osvětlení ve venkovním prostředí. Pro nestrannější označení také existuje teprve relativně nedávno zavedený pojem ALAN neboli *artificial light at night*, který vhodně vystihuje podstatu tohoto jevu.

Problematika ALANu má mnoho úrovní, z nichž alespoň ty základní si zde pokusíme nastínit. První rovina je ekonomická, neboť světlo, způsobující rušivé osvětlení musíme nejprve vyrobit. Světelný tok vyzářený přímo ze svítidel do horního poloprostoru (označovaný ULR) nám nikterak nepomáhá k osvětlení relevantní plochy, naopak snižuje světelnou účinnost svítidla a zvyšuje energetické požadavky osvětlovací soustavy, což je pochopitelně negativní jak z ekonomického, tak ekologického hlediska.

Druhým a závažnějším pohledem na problém je vliv rušivého osvětlení na životní prostředí. V synantropních společenstvích by se našlo patrně jen velmi málo druhů živočichů a rostlin, na které by umělé světlo v noci nemělo žádný vliv. V noci aktivní hmyz je umělými světelnými zdroji přitahován, což může vést k jeho vysílení vlivem zbytečného plýtvání energií, případně se stává kořistí predátorů, pro které je v takové situaci snadným terčem [11]. Například ryby obvykle umělé světlo odpuzuje a snižuje jim hladinu melatoninu v organismu [8], u obojživelníků dochází k poruchám chování i vývoje nedospělých jedinců [9]. Zpěvným druhům ptáků zase ALAN ovlivňuje sexuální chování, neboť stírá rozdíly mezi geneticky kvalitními a zdegenerovanými samci – obvykle začínají nejdříve před úsvitem zpívat ti nejsilnější jedinci, venkovní umělé osvětlení pak tento systém výběru partnera zcela nabourává [12]. U rostlin pak může rušivé světlo způsobovat nepříznivé růstové změny [10].

V neposlední řadě má ALAN i negativní účinky na lidský organismus. Zásadním způsobem ovlivňuje produkci melatoninu v epifyze, který má vliv na kvalitu spánku a tím pádem na regenerační procesy v těle lidí i ostatních savců. Také zvyšuje hladinu stresového hormonu kortizolu, což v kombinaci s výše uvedeným může způsobovat sezónní depresi a přispívat ke vzniku obezity a cukrovky. Rušivé světlo v noční době má také patrně vliv na incidenci některých druhů rakoviny, zejména prostaty a prsu, jak zmiňují například [6] a [7].

Z výše uvedeného je patrné, že vliv rušivého osvětlení v nočním prostředí je jednoznačně negativní, a to v mnoha ohledech. Nabízí se otázka, jaký podíl v umělém jasu noční oblohy mají příspěvky soustav VO, a právě toto byla jedna z motivací pro provedení experiment – tedy zhasnutí brněnského veřejného osvětlení včetně osvětlení architektonického a následné měření jasu noční oblohy jasovým analyzátořem.

Měření jasů oblohy bylo zvoleno proto, že se to v danou chvíli jevílo jako nejobektivnější parametr globálního posouzení vlivu, nikoliv proto, že by to byl parametr nejdůležitější.

V souběhu s popsaným měřením jasů oblohy probíhalo také letecké snímkování Brna a jeho okolí, jehož výsledkem byla fotomapa, zahrnující všechny nezhasnuté venkovní světelné zdroje. Odkaz na tuto mapu je uveden v seznamu odkazů a literatury [1]. Snímkování zajistily Technické sítě Brno, a.s. (TSB) prostřednictvím společnosti Topgis s.r.o.

2 Provedené měření

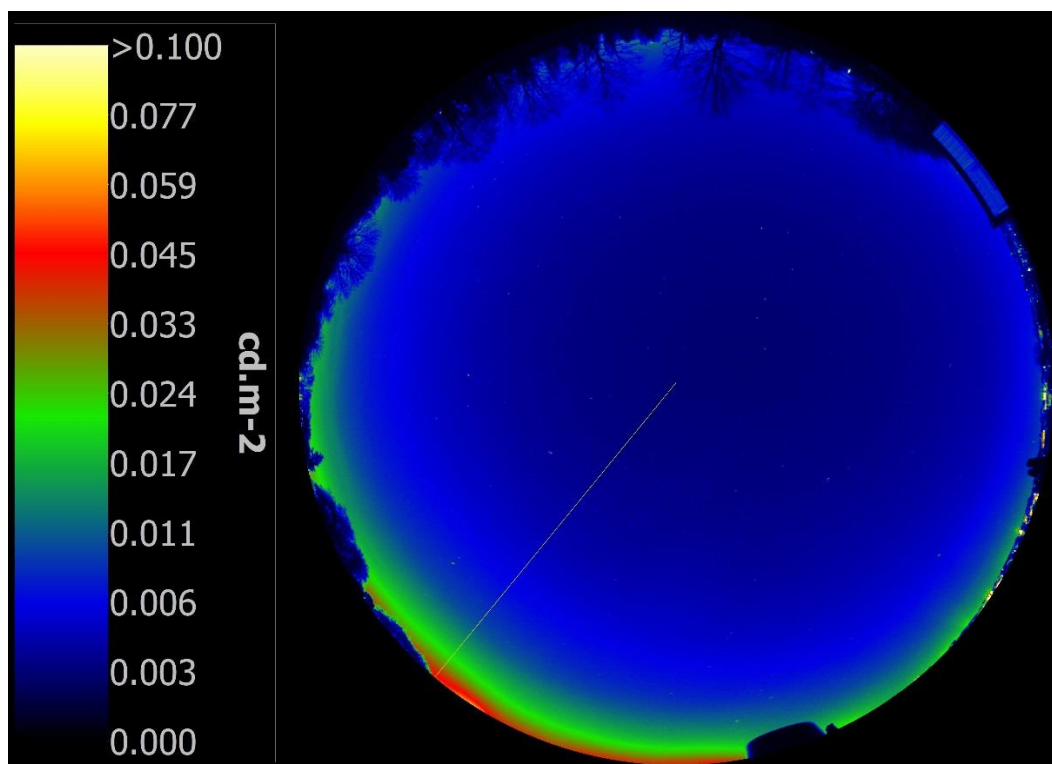
Myšlenka zhasnout svítidla VO v Brně a následně provést příslušná měření se zrodila koncem roku 2020 a jejím počátečním iniciátorem byl doc. Baxant z Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně. V koordinaci Magistrátem města Brna, ředitelem TSB Ing. Roučkem a společností TopGis s ohledem na vývoj počasí pro letecké snímkování byl termín této akce stanoven na noc ze soboty 10. dubna 2021 na neděli. Z důvodu aktuální nepříznivé předpovědi počasí na tuto noc byla celá akce přeložena o den dříve, tedy na noc z pátku 9. dubna na sobotu (oblačnost by znemožnila především fotografické letecké snímkování).

Jako místo pro pozemní měření jasů nočního nebe byla určena odstavňá parkovací plocha nad koupalištěm Kraví hora na GPS souřadnicích 49.2012858N, 16.5873644E a to především z důvodu vhodné polohy relativně v centru města, dostatečného výhledu především jižním a západním směrem a absenci blízkých světelných zdrojů, jež by ovlivňovaly měření. Místo se nachází v blízkosti Hvězdárny a planetária Brno a v této lokalitě je celkově noční osvětlení již poměrně dobře řešené bez reklam a zbytečných zdrojů a dále se zlepšuje.

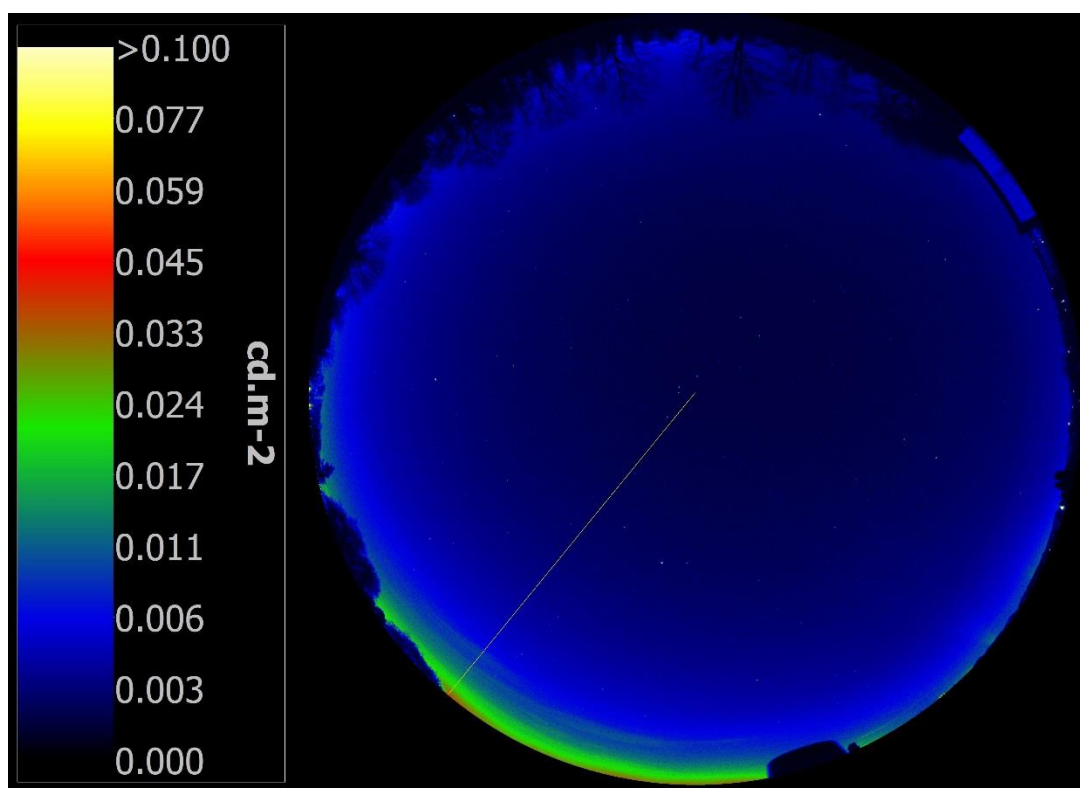
Zde popsané snímkování noční oblohy bylo provedeno měřicím systémem jasového analyzátoru LDA – LumiDISP, postaveném na bázi APS-C zrcadlovky Nikon D7500, vybavené objektivy Sigma 4.5 mm F2.8 EX DC HSM Circular Fisheye („rybí oko“ s ohniskovou vzdáleností 4,5 mm) a Sigma 135 mm F1.8 DG HSM (portrétní teleobjektiv s ohniskovou vzdáleností 135 mm). Letecké snímkování pro fotomapu bylo v gesci TSB a firmy Topgis s použitím jejich příslušné technologie.

Samotné zhasnutí bylo naplánováno na 0:30 dne 10.4., rozsvícení pak na 3:30. Toto časové okno bylo ovlivněno především nutným intervalem pro detailní letecké nasnímkování celého katastrálního území Brna. Klimatické podmínky byly nakonec pro měření příhodné, jasno a přibližně 3 °C nad nulou.

2.1 Naměřené hodnoty



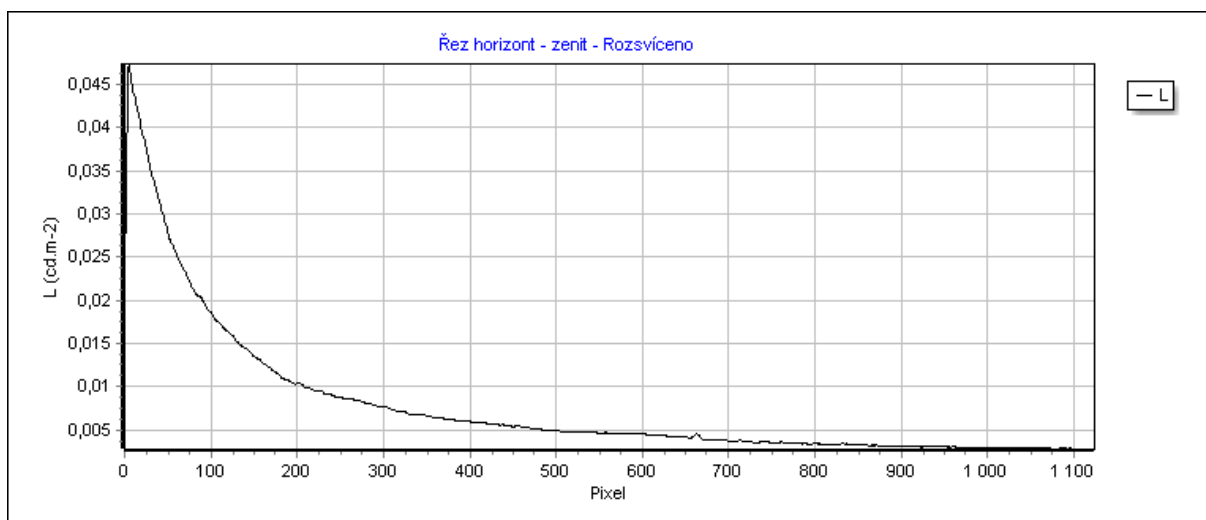
Obr.1 Jasová mapa při pohledu do zenitu – stav před zhasnutím.



Obr.2 Jasová mapa při pohledu do zenitu – stav po zhasnutí.

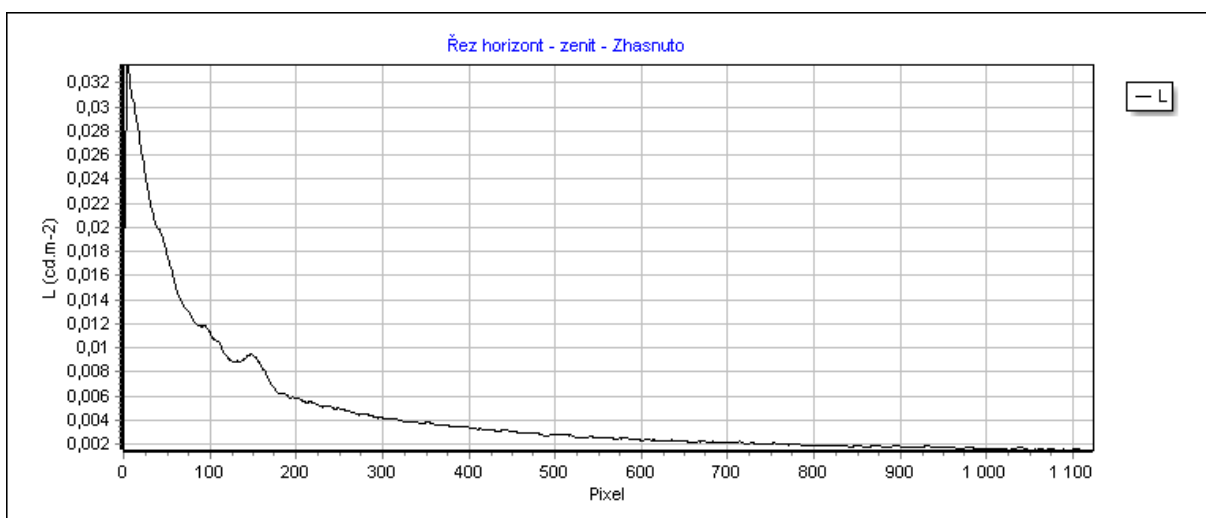
Tyto dva snímky byly pořízeny s panoramatickým objektivem typu „rybí oko“ a vznikly HDR kompozicí s expozičními časy od 30 s do 1/8000 s. Již ze samotných jasových map je patrné, že došlo k významnému poklesu jasu celé oblohy (barevná paleta je pro oba obrázky pochopitelně nastavena stejně). Pokud kolem zenitu vytyčíme kruh, který je definován zorným úhlem 120° (respektive 60° od zenitu) a všechny jasy v něm obsažené zprůměrujeme, dojdeme v prvním případě k hodnotě 3,81 mcd.m⁻², ve druhém případě pak jde o hodnotu 2,16 mcd.m⁻². To představuje procentuální pokles hodnoty závojevého jasu oblohy o 43,3 %.

Byl taktéž proveden řez (vyznačený ve snímcích tenkou žlutou čarou) od nejintenzivnějšího zdroje rušivého osvětlení v levé dolní části snímku do zenitu a na tomto řezu byl opět sledován jas. Jako detektor (pozorovatel) pro všechny provedené řezy sloužil kruh o poloměru 6 pixelů.



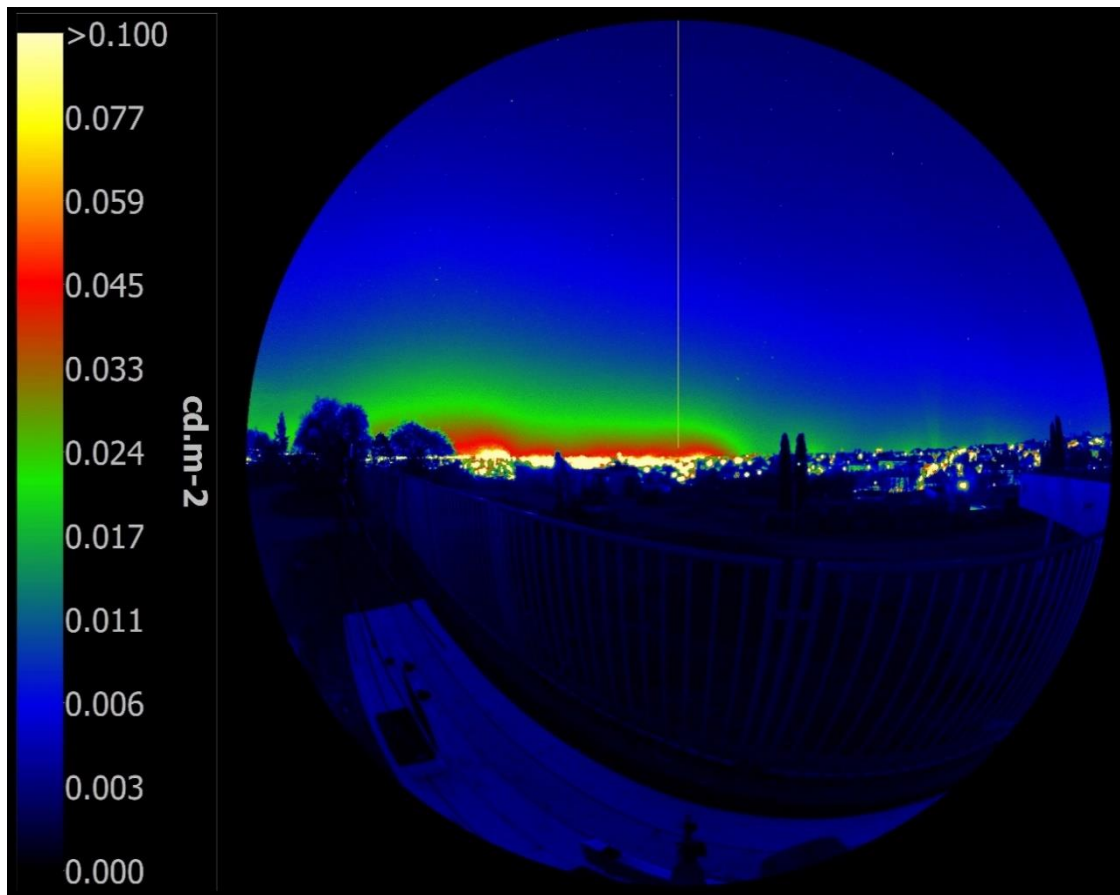
Obr.3 Průběh jasu od obzoru do zenitu – stav před zhasnutím.

Identické vyhodnocení bylo provedeno i pro stav po zhasnutí VO.

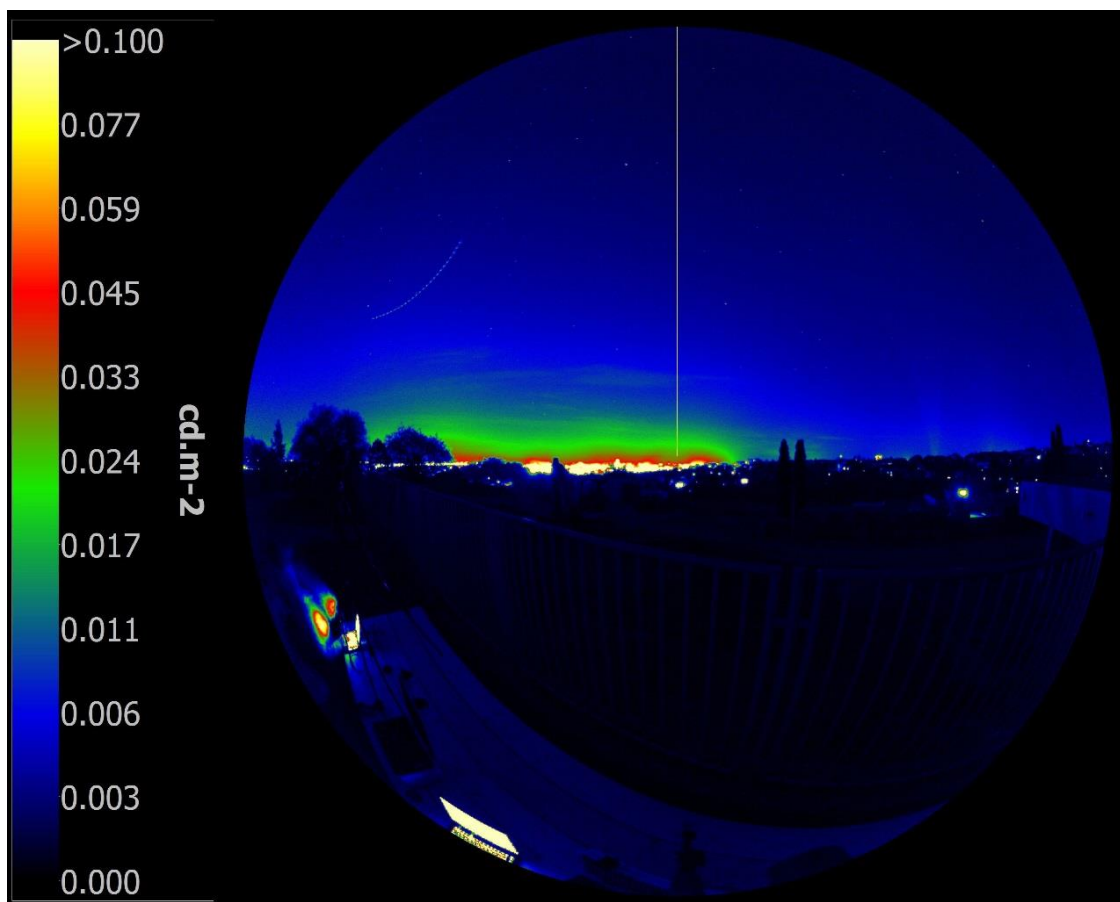


Obr.4 Průběh jasu od obzoru do zenitu – stav po zhasnutí.

Z těchto grafů je taktéž patrný nezanedbatelný úbytek jak maximálních, tak i průměrných hodnot jasu nočního nebe – v průměru o 30 až 50 %.

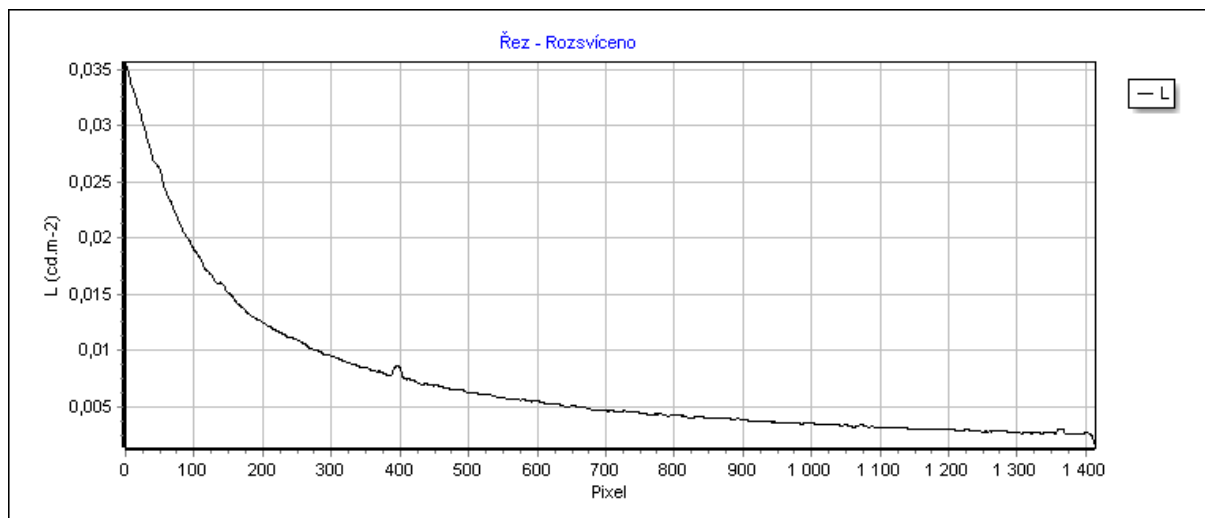


Obr.5 Jasová mapa při pohledu na jižní obzor – stav před zhasnutím.

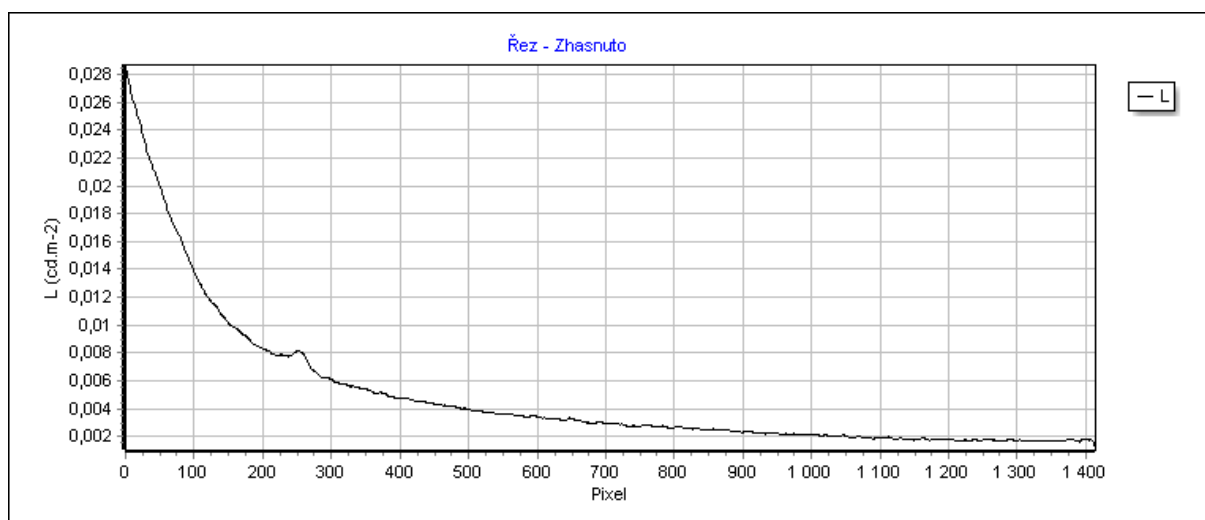


Obr.6 Jasová mapa při pohledu na jižní obzor – stav po zhasnutí.

I zde je hned patrný pokles jasů oblohy v celém rozsahu snímku, byť velké množství světelných zdrojů na obzoru již nepatří pod správu TS Brno, a tedy tyto zdroje do experimentu nebyly zahrnuty a tedy zhasnuty. Pokud by došlo k vypnutí i těchto osvětlovacích soustav, následovalo by pochopitelně k ještě dramatičtějšímu poklesu jasů. Středem snímku byl opět veden řez, na jehož průběhu byl vyšetřen jas oblohy.



Obr.7 Průběh jasů na zkoumaném řezu – stav před zhasnutím.



Obr.8 Průběh jasů na zkoumaném řezu – stav po zhasnutí.

Pokles naměřených hodnot jasů se zde taktéž vyskytuje, ovšem především z důvodů většího počtu nevypnutých soustav VO na horizontu není tolik markantní, jako v prvním případě – jde přibližně o 15 až 35 %.

Závěr

Provedený experiment a následné měření potvrdily očekávané, tedy že soustavy veřejného osvětlení komunikací, parků, památek a dalších významně ale ne převážně přispívají k závojevému jasu oblohy v městské aglomeraci a jejím okolí. Zhasnutím více než 43 tisíc světelných bodů VO bylo docíleno snížení jasu oblohy na necelou polovinu jeho původní hodnoty.

Příspěvek venkovních osvětlovacích soustav k závojevému jasu oblohy je ovlivněn jednak geometrií svítidla a jeho výkonem, jeho umístěním a směřováním, ale také spektrem vyzařovaného světla. Světelné zdroje s vyšší náhradní teplotou chromatičnosti přispívají k závojevému jasu oblohy mnohem více nežli světelné zdroje s nižší T_c . Luginbuhl et al. v [5] uvádí, že světelný zdroj s $T_c = 5100$ K přispěje k umělému jasu oblohy přibližně 7x více než LPS výbojka o shodném světelném toku ve srovnatelném svítidle. Z toho vyplývá potřeba do budoucna při osvětlování venkovních prostor nejen používat svítidla s vhodnou geometrií a směřováním světelného toku, ale taktéž světelné zdroje s co nejnižší náhradní teplotou chromatičnosti, například využívající LED typu PC amber. Tento vesměs fyzikální důvod je méně závažným argumentem použití spektra s delšími vlnovými délkami. Tím závažnějším důvodem je citlivost živých organismů na krátké vlnové délky především v oblasti modré barvy. Je to pochopitelné, neboť veškeré životní formy se vyvinuly v prostředí, kde modrá barva rozptýleného oblohového světla poskytovala a stále poskytuje informaci o denním době a seřizuje tak biologické hodiny organismů. Kompromisní volbou pro venkovní aplikace jsou taktéž tzv. biodynamické světelné zdroje, které přizpůsobují světelný tok a spektrum světla večerní, ranní a noční době. Optimálním doplňkem takové soustavy by pak bylo i přímé snímání lidské přítomnosti v relevantní oblasti, tedy zda je vůbec pro koho svítit.

Této akci nahrávala taky nepříznivá doba, ve které se experiment uskutečnil, totiž fakt, že platil zákaz nočního vycházení od 21. hodiny večerní do páté hodiny ranní. Nabízí se tak myšlenka, zda je skutečně potřebné zvlášť v takové situaci svítit více než 40 tisíci světelnými zdroji do ulic s naprosto minimálním provozem a téměř nulovým výskytem chodců – a to jsou čísla pouze pro Brno. Negativní dopady rušivého osvětlení jsou nezpochybnitelné a s nimi jde ruku v ruce taktéž energetická náročnost takového plošného svícení bez ohledu na jeho skutečnou potřebu. Inteligentní osvětlovací soustavy se snímáním reálného provozu, a tedy i potřeby svítit, by tento problém bezpochyby pomohly eliminovat, ovšem jejich nástup je zatím jen pozvolný a o masivnějším rozšíření, nejlépe v kombinaci s biodynamickým osvětlením zatím nemůže být ani řeč.

Literatura a odkazy:

- [1] Noc v Brně – mapa zhasnutého Brna [online]. Dostupné z: <https://brno.cz/nocni-brno>
- [2] BAXANT, Petr. Tma jako v Brně. Violka [online]. Dostupné z: <https://violka.info/tma-v-brne/>
- [3] FLORIÁNOVA, Hana. Tma jak Brno. Ve městě zhasly tisíce lamp, vědci z VUT zkoumali zdroje světelného znečištění. Český rozhlas Brno [online]. Dostupné z: <https://brno.rozhlas.cz/tma-jak-brno-ve-meste-zhasly-tisice-lamp-vedci-z-vut-zkoumali-zdroje-svetelneho-8466354>
- [4] KREMR, Tomáš. Jak vypadalo zhasnuté Brno? Podívejte se na unikátní mapu, kterou zveřejnilo Brno. Český rozhlas Brno [online]. Dostupné z: <https://brno.rozhlas.cz/jak-vypadalo-zhasnute-brno-podivejte-se-na-unikatni-mapu-kerou-zverejnilo-brno-8500485>
- [5] LUGINBUHL, Christian B., Paul A. BOLEY a Donald R. DAVIS. The impact of light source spectral power distribution on sky glow. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* [online]. 2014, 139, 21-26. ISSN 00224073. Dostupné z: doi:10.1016/j.jqsrt.2013.12.004
- [6] Zelinski EL, Deibel SH, McDonald RJ. *The trouble with circadian clock dysfunction: multiple deleterious effects on the brain and body*. *Neurosci Biobehav Rev*. 2014 Mar; 40:80-101. doi: 10.1016/j.neubiorev.2014.01.007. Epub 2014 Jan 24. PMID: 24468109.
- [7] Stevens, R. G., Brainard, G. C., Blask, D. E., Lockley, S. W., & Motta, M. E. (2014). *Breast cancer and circadian disruption from electric lighting in the modern world*. *CA: a cancer journal for clinicians*, 64(3), 207–218. <https://doi.org/10.3322/caac.21218>
- [8] Anika Brüning, Franz Hölker, Steffen Franke, Torsten Preuer, Werner Kloas, Spotlight on fish: *Light pollution affects circadian rhythms of European perch but does not cause stress*, *Science of The Total Environment*, Volume 511, 2015, Pages 516-522, ISSN 00489697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.094>
- [9] WISE, S. *Studying the ecological impacts of light pollution on wildlife: amphibians as models*. *Journal of Thermal Biology*. 2007, č. 6, 107-116.
- [10] Singhal, Rajesh & Kumar, Mahesh & Bose, Bandana. (2018). *Ecophysiological Responses of Artificial Night Light Pollution in Plants*. *Russian Journal of Plant Physiology*. 66. 10.1134/S1021443719020134.
- [11] DALEY, Jason. *The Devastating Role of Light Pollution in the 'Insect Apocalypse'* [online]. Dostupné z: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/light-pollution-contributes-insect-apocalypse-180973642/>
- [12] DA SILVA, Arnaud, Mihai VALCU a Bart KEMPENAERS. Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 2015, 370(1667). ISSN 0962-8436. Dostupné z: doi:10.1098/rstb.2014.0126

Výsledky dlouhodobého měření denního osvětlení

Marcel Pelech, Ing., A.W.A.L. s.r.o., marcel.pelech@awal.cz, www.awal.cz

Abstrakt: Od roku 2018 do roku 2020 bylo prováděno experimentální měření osvětlenosti místností na modelu místností s různou orientací vůči světovým stranám v běžných klimatických podmínkách pod reálnou oblohou. Měření probíhalo jak v uvedených místnostech modelu, tak na nezastíněné horizontální rovině. Důvodem tohoto měření bylo zavedení nových kritérií dle CSN EN 17037 [1] pro vyhodnocování denního osvětlení. Měření bylo prováděno pro orientační ověření těchto kritérií v podmínkách ČR.

1 Model pro měření

Měření probíhalo na modelu dvou místností s přibližnou orientací sever-jih. Schéma místností je na obr. 1 a celkový pohled na usazený model je na obr. 2.



Obr.1 Schéma modelu pro měření [2]



Obr.2 Sestavený model - pohled od jihu [3]

Model má následující parametry.

Hodnoty činitele odrazu světla:

pro strop $\rho = 0,75$; pro stěny $\rho = 0,65$; pro podlahu $\rho = 0,50$.

Ostatní vstupní parametry pak byly zvoleny následovně:

pro okno $\tau_s = 0,81$; $\tau_{zi} = 0,95$; $\tau_{ze} = 0,95$; $\rho = 0,08$; pro terén $\rho = 0,1$.

Hodnoty dopočítaných úhlů zastínění:

pro severní místnost $Z = 1,5^\circ$, pro jižní místnost $Z = 3,3^\circ$.

Parametry jednotlivých povrchů byly určeny na základě měření odrazivosti na vzorcích z modelu, na základě technických listů pro zasklení a na základě doporučených hodnot dle ČSN.

Na následujícím obrázku (obr. č. 3) jsou fotografie hemisfér pro tři základní roviny, které znázorňují poměrně malé stínění okolními překážkami.



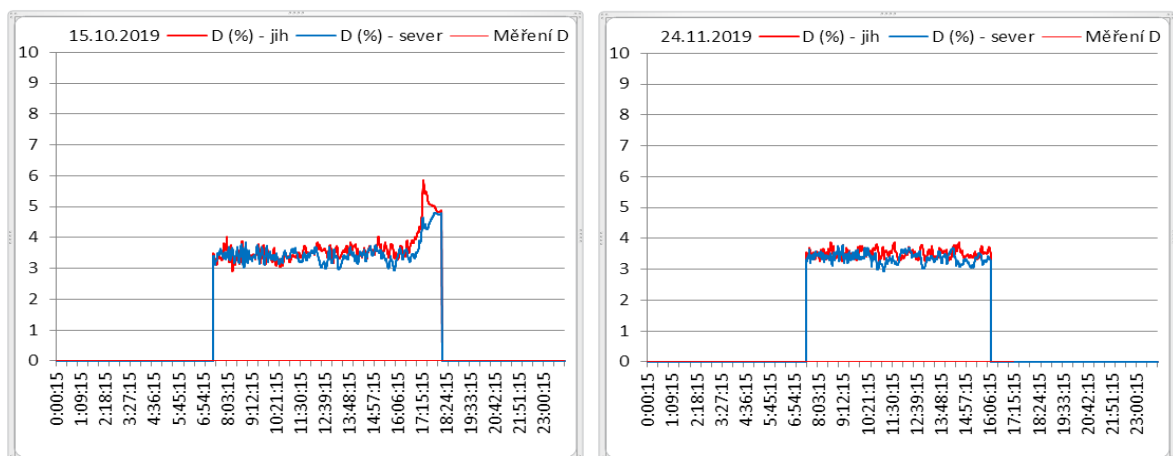
Obr.3 Hemisféra svislé roviny před severní místností, hemisféra svislé roviny před jižní místností a hemisféra vodorovné roviny nad modelem místností [2]

2 Teoretický výpočet a reálné měření pro určení D [%]

Pro kontrolu modelu a jeho parametrů byl proveden teoretický výpočet na základě klasických výpočtových metod. Pro takto nastavený model a polohu kontrolních bodů (body uprostřed hloubky a šířky místnosti odpovídající výšce 0,85 nad podlahou v reálné místnosti) byla spočítána hodnota činitele denní osvětlenosti $D = 3,31\%$ pro severní místnost a $D = 3,28\%$ pro jižní místnost.

Výsledné hodnoty činitele denní osvětlenosti z reálných měření byly stanoveny pro několik málo dní, kdy se podmínky měření přibližovaly teoretickým podmínkám pro rovnoměrně zataženou oblohu v zimě dle CIE.

Pro ukázkou jsou záznamy z měření v některých z těchto dnů znázorněny na následujícím obr. č. 4.

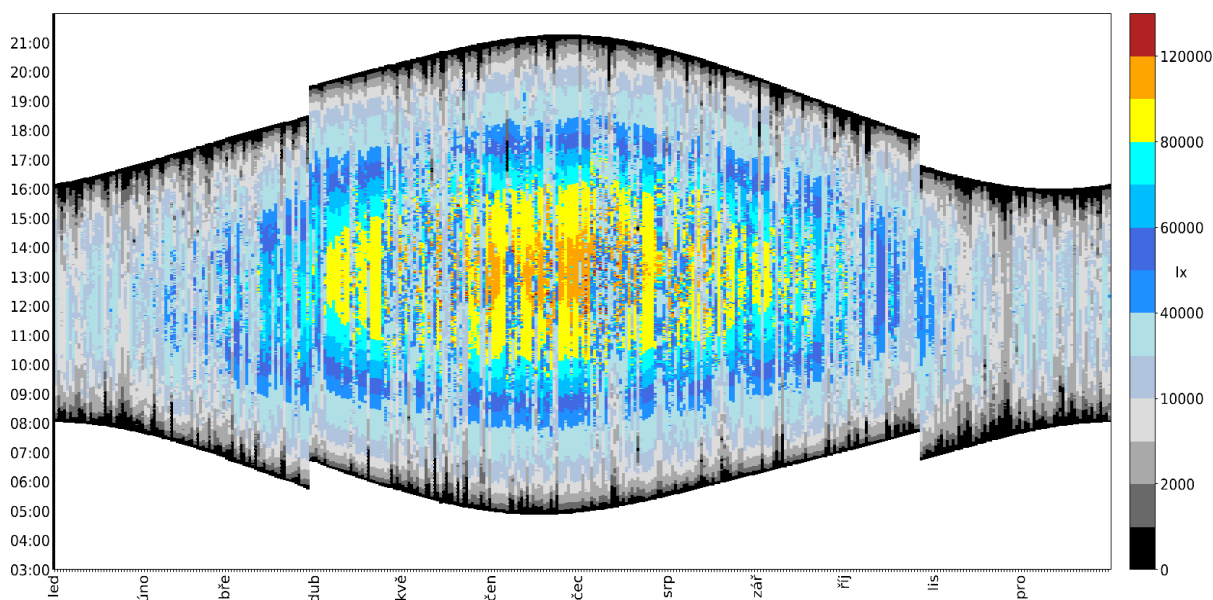


Obr.4 Hodnoty D [%] pro dny 15. 10. 2019 a 24. 11. 2019 [2]

Z takto vybraných tří dnů (15/10/19, 24/11/19 a 25/01/20) měření (15/10/19, 24/11/19 a 25/01/20) byla dopočítána průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti $D = 3,18\%$ pro severní místnost a $D = 3,29\%$ pro jižní místnost.

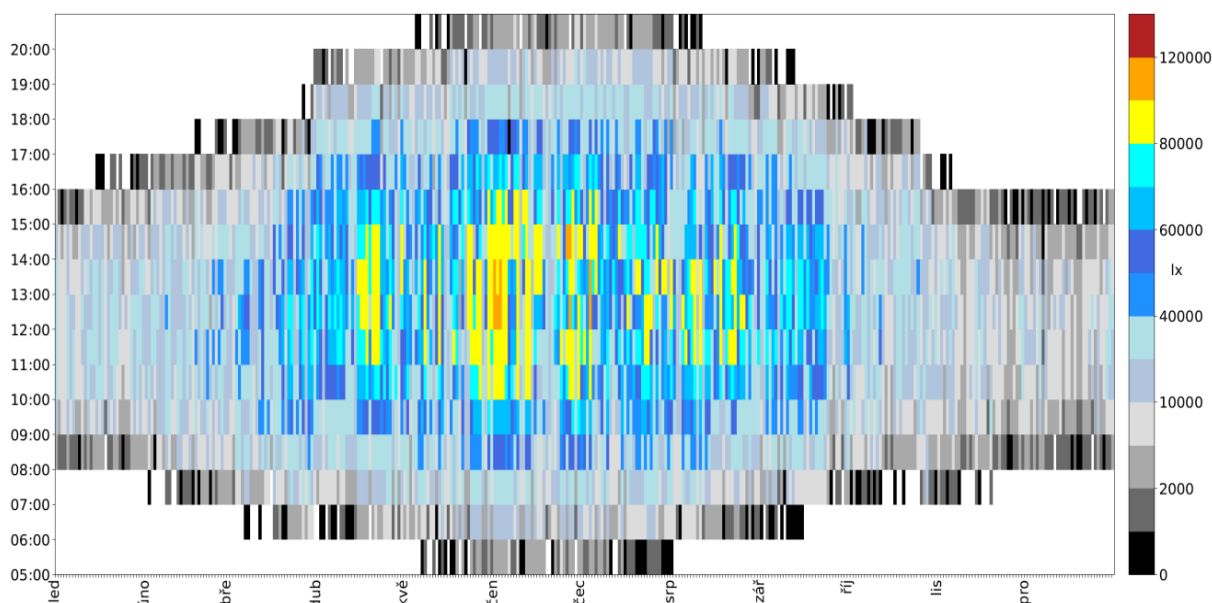
3 Osvětlenost horizontální roviny

Jedním ze zajímavých výsledků z měření je grafické znázornění výsledných hodnot horizontálních osvětleností. Na následujícím obr. č. 5 je zobrazení globální osvětlenosti za měřené období od 03/2019 do 04/2020. Jde o roční záznam měření s intervalem odečtu 30 sekund.



Obr.5 Globální osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině - rozmezí východ/západ Slunce [2]

Na následujícím obr. č. 6 je zobrazení globální osvětlenosti za měřené období od 03/2019 do 04/2020, které bylo přepočteno na hodinové průměry se zobrazením 4380 nejvyšších hodinových průměrů, které používá EN 17037 pro určení $E_{v,g,med}$.



Obr.6 Globální osvětlenost na nezastíněné horizontální rovině - [1] [2]

4 Statistické vyhodnocení

Důležitými údaji pro porovnávání kritérií D [%] a E_T [lx] byly statistické veličiny z naměřených hodnot. V následujících tabulkách jsou hodnoty osvětleností. V tab. č. 1 před korekcí na luxmetr a v tab. č. 2 po korekci na luxmetr.

Osvětlenost	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Maximální	$E = 107\,696$ lx	$E = 42\,219$ lx	$E = 2\,156$ lx
Průměrná	$E = 30\,440$ lx	$E = 1\,918$ lx	$E = 630$ lx
Medián	$E = 21\,337$ lx	$E = 926$ lx	$E = 626$ lx
Minimální	$E = 754$ lx	$E = 7$ lx	$E = 5$ lx

Tab.1 Statistiky pro osvětlenost pro měřený rok – hodinový průměr podle [1]

	Horizont	Místnost na jih	Místnost na sever
Medián osvětlenosti	$E_{h,g,med} = 22\,334$ lx	$E_{jih,med} = 908$ lx	$E_{sev,med} = 617,9$ lx

Tab.2 Hodnoty mediánů osvětlenosti pro měřený rok

Na základě těchto hodnot pak bylo možno alespoň orientačně porovnat kritéria D [%] definovaná pro zataženou oblohu dle CIE a kritéria E_T [lx] definovaná z klimatických dat. Prozatímní měření nepotvrdila úplnou shodu těchto kritérií, ale ani zásadní rozpor těchto kritérií.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov, 2019
- [2] Marcel Pelech, Porovnání hodnocení denního osvětlení v ČSN EN 17037 s měřením na modelu pod reálnou oblohou, 2021
- [3] Marcel Pelech, Měření osvětlení na modelu v závislosti na orientaci, 2018

Světelně-technické posuzování denního světla v praxi

Vladislava Primas, Ing., EKOLA group, spol. s r.o., vladislava.primas@ekolagroup.cz, www.ekolagroup.cz

Filip Fikejz, Ing., EKOLA group, spol. s r.o., filip.fikejz@ekolagroup.cz, www.ekolagroup.cz

Abstrakt: Příspěvek je určen k získání představy, kde je zapotřebí světelně-technického posuzování denního světla, jak toto posuzování probíhá v praxi a jaké jsou nejčastější dotazy, se kterými se světelně-technický odborník setkává. Po celou dobu můžete přemýšlet nad otázkou, zda si světelně-technický odborník může někdy říct: A je to! Hotovo.

1 Úvod

K napsání tohoto příspěvku nás vedla myšlenka, kdy si doopravdy ve světelně-technickém posuzování lze říci A je to! Hotovo. Sami si na konci příspěvku zhodnoťte, zda tomu tak doopravdy někdy může být, či ne.

Začneme tedy od začátku.

Při projektování je podle stávající platné legislativy světelně-technické posouzení vyžadováno již v procesu EIA, dále je vyžadováno k územnímu rozhodnutí, pro stavební povolení a k dokumentaci pro provedení stavby. V průběhu zpracování různých stupňů projektové dokumentace dochází k úpravám návrhů, ať už od architektů, stavařů nebo na základě připomínek od profesních specialistů. Vše uvedené se musí dát dohromady tak, aby se podařilo najít optimální řešení nejen po stránce architektonické, urbanistické a technické, ale i po stránce ekonomické, aby bylo možné stavbu trvale udržovat až po její demolici.

Níže jsou uvedeny jednotlivé stupně projektové dokumentace a druh posouzení.

Dokumentace	Zastínění	Denní osvětlení	Proslunění	Hodnocení rušivého světla
Architektonické studie	ANO	ANO Doporučeno ověření, zda bude stavbu možné realizovat pro dané využití	ANO Doporučeno ověření, zda bude stavbu možné realizovat pro dané využití	NE
EIA	ANO	ANO Doporučeno ověření, zda bude stavbu možné realizovat pro dané využití	ANO Doporučeno ověření, zda bude stavbu možné realizovat pro dané využití	ANO*
(Změna) DUR	ANO	ANO Doporučeno ověření, zda bude stavbu možné realizovat pro dané využití	ANO Doporučeno ověření, zda bude stavbu možné realizovat pro dané využití	ANO**
(Změna) DSP	NE	ANO	ANO	

Dokumentace	Zastínění	Denní osvětlení	Proslunění	Hodnocení rušivého světla
DPS	NE	ANO	ANO	

Tab.1 Dokumentace v procesu projektové dokumentace a požadavky na světelně-technická posouzení

* dle metodického pokynu k předcházení a snižování světleného znečištění, Ministerstva životního prostředí má být v procesu EIA již hodnoceno rušivé osvětlení, alespoň formou doporučení

** je hodnoceno dle stávajících norem

2 Ideální postup

V předchozí kapitole jsme vás seznámili s požadavky na odborné posouzení. Již v architektonické studii by si architekt měl ověřit, že jeho návrh je v souladu se světelně-technickými podmínkami jak ve vztahu ke stávajícím okolním objektům, tak ve vztahu k vlastnímu návrhu stavby/souboru staveb. Zda předpokládaný bytový dům může být bytovým domem, mateřská školka školkou apod.

Pokud navrhovaný soubor staveb splňuje podmínky pro posuzování EIA, pak světelně-technické posuzování začíná již zde. Hodnotí vliv budoucího záměru na okolí, ať už se jedná o objekty či pozemky. Následuje proces územního řízení a stavebního povolení až po dokumentaci k provedení stavby. Postupně se světelně-technické posudky zpřesňují.

3 Jak je to doopravdy

Jaký by měl být ideální postup, v rámci, kterého by architekti a projektanti měli komunikovat se světelně-technickým odborníkem, už víte. V praxi to velmi často bývá takto:

Často: Prosím dokážete nám pomoci? Máme už zpracovanou dokumentaci a úřad po nás požaduje...

Méně často: Zpracováváme dokumentaci k DUR/DSP, je požadováno i posouzení denního osvětlení, proslunění, zastínění?

Běžné u zkušených architektonických atelierů, projektantů: Začínáme zpracovávat studii, rádi bychom se s Vámi sešli, představili Vám náš návrh a vyslechli bychom si Vaše rady z hlediska světelně-technických podmínek.

Odpovědi:

Často: Zašlete nám projektovou dokumentaci, podíváme se na to a řekneme co s tím.

V nemalém případě zasahujeme do návrhu v době, když je dokumentace již zpracovaná, a pak musí dojít ke změně téměř celého projektu. Naše úpravy otvorů/zasklení následně zasahují do statické části, energetické části, požární bezpečnosti, návrhu konstrukcí z hlediska akustiky apod. Často se nejedná o malé úpravy.

Kuriozní a smutné případy:

Stavba má stavební povolení, mají postavený již železobetonový skelet, ale běží odvolání účastníků řízení, na jehož základě byla stavba zastavena, protože nedodali (nejen) světelně-technický posudek. Následně světelně-technický odborník zjistí, že stavba nesplňuje požadavek na zastínění. Co s tím? Projekt se na papíře upraví, ale rozestavená část se musí odstranit.

Na závěr této části bychom chtěli zdůraznit, že světelně-technické posuzování staveb na úrovni denního světla je v mnoha případech podceňováno. Jak u vlastních návrhů, tak i u okolních objektů. Je důležité, aby si architekt/projektant na začátku své práce byl vědom toho, že světelně-technické podmínky jsou důležité a tvoří jednu velmi výraznou složku kvality bydlení/užívání stavby a mají vliv na kvalitu života lidí obecně, i na jejich pocity. Světelně-technické podmínky jsou součástí vnitřního prostředí staveb. Při vhodném skloubení denního osvětlení a umělého osvětlení lze vnitřní prostor staveb navrhnout optimálně pro koncového uživatele stavby.

4 Po realizaci stavby

Když už je stavba postavená, tak bychom si mohli říct, že máte hotovo. Oddychnout si. Ale opak je pravdou.

Bytový dům se prodá jednotlivým osobám, novým vlastníkům. A ti za rok zjistí, že tam kde si mysleli že budou mít park, má vyrůst administrativní/obchodní či jiná budova a začnou se zajímat, jak tuto stavbu nepostavit. Hledá až najde. Má velmi mnoho možností a jednou z nich je obrátit se na světelně-technického odborníka a nechat si zpracovat posudek.

Toto je uvedený nejčastější případ, ale i sousedé rodinných domů často přichází s tím, že si soused chce postavit na stavební parcele dům, a rádi by věděli, že je jejich návrh v pořádku. A tak posouzení světelně-technického odborníka nekončí, ale pokračuje.

Zde bychom chtěli upozornit na jednu otázku, která je také velmi častá – Stromy a zeleň. Soused má na hranici vzrostlé stromy, které velmi přistiňují náš pozemek, stavbu. Na tuto otázku není vždy jednoznačná odpověď, můžeme se odkázat pouze na to, co je v normách a legislativě. Často se pak jedná o dlouhé sousedské neshody.

5 Závěrem

Snažili jsme se nastínit otázku světelně-technického posuzování, jaký by měl být ideální postup a jak je to v praxi. V současné době dochází k vývoji norem a legislativy, změny ovlivní vývoj staveb a jejich vztah ke světlu, ať už k dennímu, umělému nebo rušivému. V dlouhé historii světelně-technického posuzování v Čechách byly stanoveny podmínky, které zajišťovaly, že stavby měly pro svůj účel vždy dostatek denního světla, či měly dostatek doby proslunění. Jedná se o kvalitu života v nich. Splnění světelně-technických podmínek není jen doporučováno, ale je vyžadováno.

Pokud se podíváme na práci světelně-technického odborníka v širších souvislostech, pak můžeme říci, že je důležitá pro kvalitu života uvnitř staveb, ať už stávajících, nebo novostaveb.

Literatura a odkazy (styl literatura)

- [1] Zákon č. 183/2006 Sb., zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, ve znění pozdějších předpisů
- [2] Vyhláška č. 499/2006 Sb., vyhlášky o dokumentaci staveb
- [3] Zákon č. 17/1992 Sb., zákon o životním prostředí
- [4] Zákon č. 100/2001 Sb., zákon o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů
- [5] Opatření související se světelným zářením ve vztahu k postupům podle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon č. 100/2001 Sb.“) – metodický pokyn k předcházení a snižování světleného znečištění, Ministerstva životního prostředí, odboru posuzování vlivů na životní prostředí a integrované prevence, č.j. MZP/2020/710/2387, ze dne 30. června 2020;
- [6] Vyhláška č. 268/2009 Sb., vyhláška o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů.
- [7] Nařízení č. 10/2016 Sb. hl. m. Prahy, kterým se stanovují obecné požadavky na využívání území a technické požadavky na stavby v hl. m. Praze (pražské stavební předpisy), ve znění pozdějších předpisů

Zpracování signálů měřených kamerovými systémy

Ing. Petr Prokop, Ing. Radek Svoboda, prof. Ing. Jan Platoš, Ph.D., VŠB – TUO, petr.prokop@vsb.cz

Abstrakt: Pro ověření kvality světlometů se provádí série testů ověřující funkční a konstrukční kvalitu potkávacích svítlen, jeden z testů vyhodnocuje náchylnost v závislosti na vibracích. Námi navržená metoda extrahuje signál z video sekvence vysokofrekvenční kamery v reálném čase, signál je průběžně zaznamenáván a po ukončení testovacího cyklu je provedena detekce periody, odstranění šumu a zpracováním signálu pro určení míry rozkmitu potkávacích světlometů během testovacího cyklu.

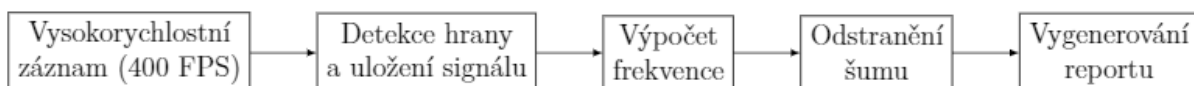
1 Popis řešené problematiky

Testovací pracoviště pro vyhodnocení rozkmitu svitu potkávacích svítlen v závislosti na vibracích se skládá z vibrační plošiny umožňující uchycení světlometu k plošině, průmyslové kamery pro záznam svitu světlometu, plátno a počítače s programy pro ovládání vibrační plošiny a zpracování záznamu z kamery. Během testovacího cyklu se mění frekvence vibrací a kamerou je z plátna snímán obraz svitu potkávací svítilny.

1.1 Popis systému měření rozkmitu světlometů kamerovými systémy

Vzhledem k prostředí testovacího místa a parametrům prováděného testu s rozsahem měřených vibrací 5–60 Hz, kde dle zkušenosti dochází k vyšším rozkmitům světlometu okolo frekvence 40 Hz, bylo nutné určit nutnou vzorkovací frekvenci pro nastavení požadavku na snímání vysokorychlostní kamerou. Dle Nyquist–Shannon vzorkovacího teorému je nutné zajistit minimálně dvojnásobnou frekvenci pro odstranění aliasingu měřeného signálu. U našeho problému jsme se rozhodli pro využití více vzorků, než je požadované minimum Nyquist–Shannon teorémem, vycházeli jsme z předpokladu nejhorší rozkmitu v oblasti frekvence 40 Hz a zachycení alespoň 10 záznamů při této frekvenci, tudíž jsme od kamerového záznamu vyžadovali alespoň 400 FPS. Takto nastavený vzorkovací parametr je dostačující i pro maximální frekvenci vibrací 60 Hz [1].

Námi navržená metoda extrahuje signál z video sekvence vysokofrekvenční kamery v reálném čase, signál je zaznamenáván a po ukončení testovacího cyklu je provedena detekce frekvence, odstranění šumu a zpracováním signálu jsou určeny reportované míry rozkmitu světlometu pro testovací běh. Celý proces je znázorněn blokovým schématem na Obr.1. Tento příspěvek se blíže věnuje popisu zpracování signálu detekované hranice svitu světlometu, tedy posledním 3 blokům ze schématu.



Obr.1 Schéma znázorňující kroky navrženého systému

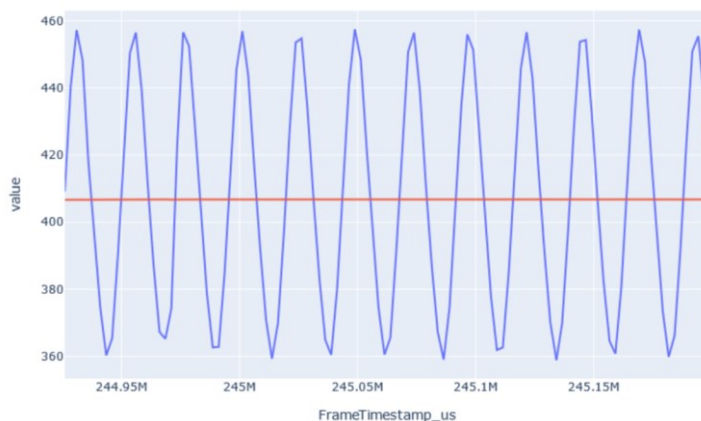
2 Zpracování signálu z kamerového systému

Kamerový systém sloužící k vysokofrekvenčnímu záznamu svitu potkávacích svítlen je v systému napojen na systém detekce hran pro převod kamerového záznamu na signál,

znázorňující výšku hranu svitu na plátně během testu. Takto získaný signál je potřeba dále zpracovat pro naplnění požadovaných výstupů vibračního testu.

2.1 Detekce period a výpočet frekvence

Vzhledem k použité vzorkovací frekvenci kamerového systému je možné dopočítat hodnotu aktuální frekvence při zpracování signálu pro následnou prezentaci výsledků. Frekvence je určována výpočtem v plovoucím okně 800 záznamů, tento parametr byl vypočten z požadavku minimálně 10 časových period T při frekvenci 5 Hz. Pro detekci periody v signálu je možné použít metodu detekce průsečíku střední hodnoty [2], která je znázorněna na Obr. 176.



Obr.2 Ukázka signálu při detekci period a výpočtu frekvence

Signál je před detekcí frekvence pro zjednodušení transformován na obdélníkový a následně jsou detekovány průsečíky se střední hodnotou a vypočtena frekvence:

$$s'_t = \begin{cases} 1, & s_t \geq \sum_{i=t-\lfloor k/2 \rfloor}^{n=t+\lfloor k/2 \rfloor} s_i \\ -1, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$PolarityShift_t = s'_t - s'_{t-1}$$

$$PeriodStartMark_t = \begin{cases} 1, & PolarityShift_t = 2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$RollingStartMarkSum_t = \sum_{i=t-\lfloor k/2 \rfloor}^{n=t+\lfloor k/2 \rfloor} PeriodStartMark_i$$

$$FrameTime_t = FrameTimestamp_t - FrameTimestamp_{t-1}$$

$$SlidingWindowTimeMs = Median(FrameTime) \cdot k$$

$$Frequency_t = \frac{RollingStartMarkSum_t \cdot 10^6}{SlidingWindowTimeMs}$$

2.2 Odstranění šumu při detekci aktuální vibrační frekvence

Při zpracování signálu z testovacích měření byly odhaleny výkyvy oproti předpokládaným hodnotám a chování signálu detekované frekvence způsobující šum v datech. Pro ilustraci

jsou na Obr. 177 zobrazeny ilustrativní případy chybně detekovaného signálu, případně frekvence.



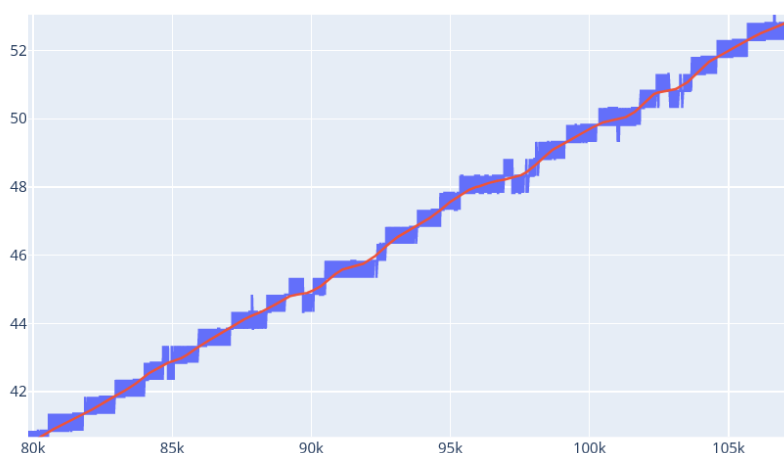
Obr.3 Příklad detekce period metodou průchodu plovoucí střední hodnotou. Ve vyznačených žlutých oblastech lze pozorovat výkyvy způsobené zkreslením a malým rozkmitem potkávacích svítilen v daném bodě testovacího cyklu

Chyby při detekci periody nastávaly především při nižší frekvenci kmitů vibrační plošiny a nižším rozkmitu světloometu, především z důvodu nesprávně detekovaného průchodu plovoucí střední hodnoty. Z toho důvodu bylo v rámci předzpracování signálu pro detekci period použito vyhlazení signálu \vec{s} hodnotou klouzavého průměru s plovoucím oknem 5 snímků [3].

Klouzavý průměr SMA_k lze vypočítat dle vzorce:

$$SMA_k = \frac{1}{k} \sum_{i=n-k+1}^n p_i$$

Výsledná detekovaná frekvence po využití vyhlazeného signálu již dosahovala správných hodnot. Pro zkvalitnění souhrnných výsledků dle frekvence byly ještě hodnoty frekvence vyhlazeny klouzavým průměrem o velikosti 800 záznamů, reprezentující průměrnou detekovanou hodnotu frekvence během 2 vteřin. Výsledek vyhlazení je ilustrován na Obr. 177.



Obr.4 Signál frekvence kmitu, modrou barvou je vyznačena detekovaná aktuální frekvence ze signálu a červenou dopočtený klouzavý průměr vyhlazující signál

2.3 Způsoby vyjádření míry rozkmitu světlometu během vibračního testu

Metoda měření rozkmitu má sloužit pro jednotné ověření kvality světlometů měřených v laboratořích o různých rozměrech a konfiguracích prostředí. Navržená metoda počítá s odlišnou vzdáleností kamery od plátna a obsahuje proces kalibrace kamery před měřením pro určení převodu reálné výchytky. Konfigurace prostředí se také může lišit ve vzdálenosti vibrační plošiny se světlometem od plátna. V tomto případě metoda využívá vstupní parametr vzdálenosti d v konfiguraci pro přepočtení výsledků rozkmitu na standardní vzdálenost 10 metrů.

Přepočtení hodnoty detekované hranice \vec{s} při vzdálenosti d na standardní hodnoty \vec{s}_{10} přepočtené na vzdálenost 10 metrů je vyjádřen vztahem:

$$\vec{s}_{10} = \frac{10}{d} \cdot \vec{s}$$

Během vibračního testu dochází k měření hranice a vytvoření signálu \vec{s} . Rozkmit je možné vyjádřit v závislosti na různých proměnných, navržený způsob prezentace výsledků obsahuje následující závislosti:

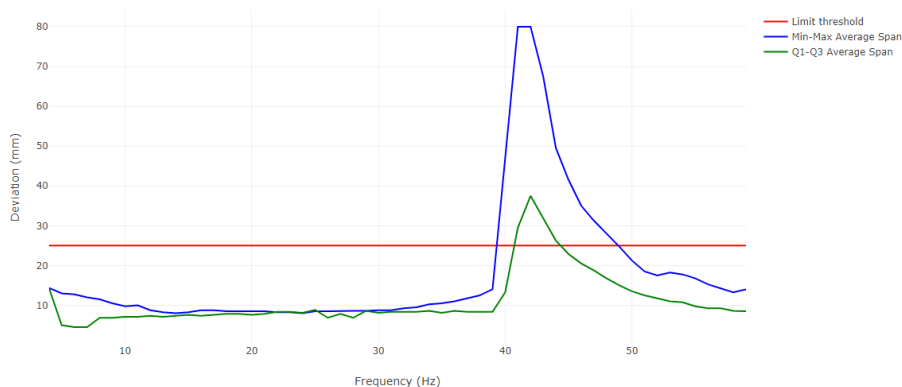
- závislost rozkmitu na detekované frekvenci jednotkového rozsahu, tedy například intervaly (5, 6)Hz, (6, 7)Hz,
- závislost rozkmitu na frekvenčních pásmech o rozsahu 5Hz,
- časová (minutová) závislost rozkmitu během testovacího cyklu.

Pro vyjádření míry rozkmitu ve vybrané části agregace dat y z měření byly použity poloviční rozsah a poloviční interkvartilové rozpětí, vyjádřená následujícími rovnicemi:

$$HalfRange = \frac{\max(y) - \min(y)}{2}$$

$$HalfIQR = \frac{Q_3(y) - Q_1(y)}{2}$$

V případě výchylky s hodnotou $HalfRange = 5\text{mm}$ je tedy rozdíl mezi minimální a maximální výchylkou roven 10mm, ale reprezentuje přibližné vychýlení $\pm 5\text{mm}$ na obě strany vůči klidovému stavu světlometu, příklad reprezentace je ilustrován na Obr. 178.



Obr.5 Vyjádření rozkmitu – spojnicový graf se závislosti rozdílů v amplitudách na frekvenci.

Další navržený způsob vyjádření výsledků již zohledňuje kladný a záporný směr vychýlení, jelikož využívá klidovou úroveň hranice y_0 z počátku záznamu vibračního testu pro výpočet relativní hodnoty odchylky od této hranice. Hranice y_0 je vypočtena z průměrné hodnoty hranice svitu během prvních 3 vteřin záznamu. Následně je signál \vec{s}_{10} přepočten dle:

$$\vec{s}_R = \vec{s}_{10} - y_0$$

Podobně jako u předchozí metody je pro vyjádření rozkmitu \vec{s}_R potřeba seskupit výsledky dle zkoumaných kritérií (časová nebo frekvenční závislost). Souhrnné výsledky rozkmitu jsou vyjádřeny dle popisných statistických charakteristik, tedy průměr, směrodatná odchylka, minimální hodnota, dolní kvartil, medián, horní kvartil a maximální hodnota.

3 Shrnutí

V tomto příspěvku byla popsána část zpracování signálu získaného ze záznamu vysokorychlostní kamerou během vibračního testu potkávacích svítilen. Část věnující se zpracování signálu byla součástí ucelené metodiky pro vyhodnocování kolísání světelného toku potkávacích svítilen, která využívá vysokorychlostní kameru pro záznam obrazu, metody zpracování obrazu pro identifikaci hrany svitu a sledování změny úrovně svitu během testu. Takto získaný signál bylo dále potřeba zpracovat pro vytvoření výstupních hodnot z měření, čemuž se věnoval tento příspěvek.

Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu SGS, VŠB – TUO, Česká republika, grant číslo SP2021/24 “ Paralelní zpracování velkých dat VIII”.

Literatura

- [1] SHANNON, Claude Elwood. Communication in the presence of noise. *Proceedings of the IRE*, 1949, 37.1: 10-21.

- [2] STANKOVIC, Ljubisa; DAKOVIĆ, Miloš; THAYAPARAN, Thayannathan. *Time-frequency signal analysis with applications*. Artech house, 2014.
- [3] BROWN, Robert Goodell. *Smoothing, forecasting and prediction of discrete time series*. Courier Corporation, 2004.

Osvetlenie domácností modernými osvetľovacími sústavami

Jana Raditschová, Ing. PhD., STU FEI v Bratislave, jana.raditschova@stuba.sk,

Dionýz Gašparovský, Ing. Prof. PhD., STU FEI v Bratislave, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

Abstrakt: Človek trávi doma podstatnú časť svojho života. Svoje životné prostredie, ktorého súčasťou je aj osvetlenie, si prispôsobuje svojim osobným potrebám a preferenciám. Užívateľ ako laik si dokáže sám prípadne s pomocou architekta vybrať svietidlá po dizajnovej stránke, málo však rozumie technickej stránke osvetlenia, ktorú svietidlami vytvára. Iba málo užívateľov sa obráti na svetelného technika. Pritom osvetlenie dnes už zďaleka nie je len o fotometrických parametroch, do popredia zájmu sa dostávajú aj nevizuálne účinky svetla, či už pozitívne alebo negatívne. Cieľom tohto príspevku je priniesť pohľad na súčasný stav a možnosť osvetlenia domácností. Bude sa zaoberať prieskumom stavu osvetlenia, stavu v oblasti legislatívnych a normatívnych požiadaviek, energetickej efektívnosťou a hospodárnosťou, dostupnými riešeniami na vytvorenie integratívneho osvetlenia zohľadňujúcimi zrakové aj mimozrakové účinky a stručne aj problematikou rušivého svetla vnikajúceho do príbytkov.

1 Úvod

Osvetlenie domácností momentálne nie je riešené žiadnou medzinárodnou normou alebo všeobecne prijatým odporúčaním (napr. CIE). Návrh osvetlenia je ponechaný na užívateľa ako súčasť zariadenia bytu alebo domu. Existujú rôzne návody vydávané svetelnotechnickými spoločnosťami alebo rozvodnými závodmi. Aj keď tieto zvyčajne pripravujú odborníci, chýbajú v nich dohodnuté a schválené úrovne osvetlenia aj spôsoby riešenia osvetlenia. Projektanti elektroinštalácie tak nemajú žiaden podklad na to, aby určili miesta svetelných vývodov, aký inštalovaný príkon majú uvažovať pri dimenzovaní vedení a aké ďalšie technické opatrenia sú potrebné. Užívateľia si vedia vybrať svietidlo po dizajnovej stránke, nemajú však predstavu ani o základných technických otázkach a nedokážu odhadnúť, akú úroveň osvetlenia potrebujú a ako túto úroveň dosiahnuť. Nemajú dostatok informácií na výber správnych svetelných zdrojov a svietidiel a ani predavači v obchodoch im nedokážu fundovane poradiť. Výsledkom je preto často osvetlenie, ktoré nespĺňa kvantitatívne ani kvalitatívne požiadavky.

2 Legislatíva

Cieľom normalizácie nie je zaviesť predpisy alebo obmedzenia, ale zachytiť súčasný stav poznatkov a stanoviť požiadavky na správne osvetlenie domácností. Samotné riešenie môže zahŕňať estetické stvárnenie a zároveň splniť požiadavky na osvetlenie vyplývajúce z druhu vykonávaných činností, ktoré sú v domácnostiach veľmi rôznorodé. Pri normalizácii sa dá vychádzať zo starších národných noriem, ktoré sa dajú revidovať, aktualizovať príp. prepracovať. Ak sa pozrieme komplexne na dostupné a pripravované normatívne dokumenty, požiadavky na osvetlenie domácností môžeme nájsť tu:

- STN 36 0452:1986 Umelé osvetlenie obytných budov
- STN 73 0580-2:2000 Denné osvetlenie budov. Časť 2: Denné osvetlenie budov na bývanie
- STN 33 2130:1983 Elektrotechnické predpisy. Vnútorne elektrické rozvody

- STN EN 15193-1:2017 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie. Špecifikácie, Modul M9
- CEN/TR 15193-2:2017 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie. Vysvetlivky a doplnenia k norme EN 15193-1, Modul 9

Základným dokumentom je STN 36 0452 – je to norma stále platná a pri návrhu osvetlenia sa dá použiť. Treba zdôrazniť, že Slovensko je v tomto smere výnimkou, v iných krajinách takáto norma na osvetlenie domácností nie je. Ak aj boli pre túto oblasť normatívne požiadavky (napr. v Taliansku), či už v samostatnej norme alebo v rámci inej normy, dnes sú už zrušené. V európskych normalizačných inštitúciách však cítiť absenciu takejto európskej normy a dá sa predpokladať, že budú snahy o jej zavedenie. S normou STN 36 0452 je spojený jeden problém, ktorý je vážnejší ako vek tohto dokumentu. Ide totiž o pridruženú normu ku kmeňovej norme STN 36 0450, ktorá ale bola kompletne zrušená.

Požiadavky súvisiace s elektrickou časťou svetelných obvodov sa dajú nájsť v norme STN 33 2130. Ide však tiež o staršiu normu a viaceré ustanovenia sú zastaralé a nezodpovedajú moderným prístupom. Vyžadovala by sa revízia tejto normy.

Napokon norma STN 73 0580-2 stanovuje požiadavky na denné osvetlenie budov na bývanie. Denné osvetlenie sa zabezpečuje osvetľovacími otvormi, čo je záležitosťou stavebnej konštrukcie. V roku 2018 vyšla prvá európska norma EN 17037, ktorá prináša nový pohľad aj kritériá na posudzovanie denného osvetlenia a preslnenia vnútorných priestorov budov.

Dokumenty STN EN 15193-1 aj CEN/TR 15193-2 sa nevenujú špecificky domácnostiam ale energetickej hospodárnosti osvetlenia v budovách všeobecne. V rámci technickej správy CEN/TR 15193-2 je síce rad odporúčaní na osvetlenie domácností, ale má charakter technickej správy a teda nemôže stanoviť požiadavky. Obsahuje však dôležité a užitočné údaje pre návrh a hodnotenie osvetľovacích sústav a preto sa odporúča aj túto doplnkovú časť v plnej miere používať.

3 Fotometrické požiadavky

Norma STN 36 0452 stanovuje exaktné požiadavky na intenzitu a rovnomernosť osvetlenia podľa priestoru, činnosti alebo miesta zrakovej práce. Rozsah intenzity osvetlenia je uvedený v tab. 1 a hodnoty intenzity osvetlenia E_{pk} sú uvedené v tab. 2. Ak niektorá oblasť nie je uvedená v tab. 2, hodnota osvetlenosti sa berie z rozsahu pre podobný účel alebo činnosť. Pre zmiešané osvetlenie sú hodnoty E_{pk} priemernými hodnotami príslušnými daným funkčným častiam miestností.

E_{pk} je miestne priemerná a časovo minimálna osvetlenosť, ktorú je v súčasnosti potrebné nahradiť tzv. „udržiavanou osvetlenosťou“ E_m , v podstate rovnakého významu, ako sa v súčasnosti používa v medzinárodných dokumentoch. Z tab. 2 je zrejmé, že úrovne osvetlenia sú v dobrej zhode s požiadavkami na osvetlenie vnútorných a vonkajších pracovísk pre rovnakú alebo podobnú činnosť alebo zrkovú úlohu.

Pomer priemernej osvetlenosti z celkového alebo odstupňovaného osvetlenia medzi susednými miestnosťami, ktoré majú podobné funkčné využitie, nesmie byť menší ako 0,2 (1:5) a pre miesta s občasným využitím 0,1 (1 : 10).

Rozsah E (lx)	Priestor a činnosť
10 – 20 – 30	Osvetlenie vonkajších priestorov prevádzkovo bezprostredne súvisiacich s obytným objektom
20 – 30 – 50	Vnútorne priestory pre činnosti, pri ktorých stačí jednoduchá orientácia alebo krátkodobý pobyt, domové komunikácie
50 – 70 – 100	Celkové alebo odstupňované osvetlenie obytných miestností vybavených miestnym osvetlením, komunikácie v bytoch
100 – 150 – 200	Celkové alebo odstupňované osvetlenie domového vybavenia a príslušenstva bytov
200 – 300 – 500	Celkové alebo odstupňované osvetlenie pracovných priestorov, ktoré nemajú miestne osvetlenie
300 – 500 – 750	Osvetlenie miesta pre činnosti zrakovo náročné
500 – 750 – 1000	Osvetlenie miesta pre činnosti zrakovo veľmi náročné

Tab.1 Rozsah intenzity osvetlenia E (lx) podľa priestoru alebo činnosti

$E_{c,o}$ (lx)	$E_{c,o}$ (lx)	Priestor a činnosť	Miesto zrakovej práce
10		Domové dvory, átriá	
20		Priestory vonkajších vstupov	
20		Odkladacie a pomocné priestory, domové komunikácie	
30		Vnútorne časti domových vstupov, vstupy do výťahov, nájazdové rampy	
50		Hromadné vnútorné parkoviská, garáže	
50		Obytné miestnosti doplnené miestnym osvetlením	
75		Komunikácie v bytoch	
100		Obytné kuchyne, kúpeľne, WC, šatne, špajze, sušiarne a úschovne kočíkov	
150		Hovorne, čakárne, haly, práčovne	
	150	Príležitostné čítanie	Pri záhlaví postele, časť pohovky, kreslo
	200	Spoločné stolovanie	Jedálenský stôl
300		Pracovne, ateliéry, domáce dielne, žehliarne, mandel	
	300	Štúdium, písanie, kreslenie	Písací stôl
	300	Príprava jedla, kuchynské práce	Pracovná plocha v kuchyni
	300	Holenie, líčenie, úprava účesu a zovňajšku	Vertikálna osvetlenosť 40 cm od zrkadla
	300	Hra na hudobné nástroje	Na notovej osnove
	300	Bežné ručné práce (prešívanie, čistenie, drobné práce a pod.)	V mieste zrakovej úlohy
	300	Žehlenie, mandel	V mieste zrakovej úlohy
	500	Bežné ručné práce, žehlenie, šitie, rysovanie, modelárstvo	V mieste zrakovej úlohy

Tab.2 Intenzita celkového/odstupňovaného osvetlenia $E_{c,o}$ (lx) a miestneho osvetlenia E_{ms} (lx) podľa priestoru, činnosti alebo miesta zrakovej práce

4 Hodnotenie energetickej hospodárnosti osvetlenia v domácnostiach

Posudzovanie energetickej hospodárnosti budov je na Slovensku povinné od roku 2008. Aj osvetlenie obytných miestností, pridružených miestností a ostatných priestorov v budovách na bývanie musí prispievať k vytvoreniu zdravého a príjemného prostredia s čo najvyššou účinnosťou. V súčasnosti však osvetlenie domácností resp. budov na bývanie (kategória rodinné domy a bytové domy) nie je predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti osvetlenia, hoci tieto kategórie budov spadajú pod predmet EHB. V budúcnosti sa však aj tu s hodnotením energetickej hospodárnosti osvetlenia počíta. Je preto potrebné, aby aj osvetlenie domácností spĺňalo minimálne požiadavky na energetickú efektívnosť budov. Metodika pre oblasť osvetlenia v domácnostiach vychádza z normy STN EN 15193-1. Prístup je však odlišný od ostatných kategórií budov.

V hodnotení energetickej hospodárnosti obytných budov sa uplatňuje trojstupňová veľkostná kategorizácia miestností, kde norma rozlišuje tri veľkostné kategórie – malá, stredná, veľká miestnosť tak, ako je to v tabuľke 3:

		Plocha (m ²)		
		Malá plocha	Stredná plocha	Veľká plocha
Kuchyňa	Celkové osvetlenie	6-8	8-10	10-12
	Osvetlenie pracovnej dosky	2	2	2
Jedáleň	Celkové osvetlenie	8-12	12-16	16-20
	Osvetlenie jedálenského stola	3	3	3
Obývačka	Celkové osvetlenie	8-12	12-16	16-20
	Osvetlenie na čítanie	1	1	1
Kúpeľňa a WC	Celkové osvetlenie	4-6	6-8	8-10
	Osvetlenie zrkadla	1	1	1
Spálňa	Celkové osvetlenie	6-8	8-12	12-16
	Osvetlenie pri posteliach	1	1	1
	Osvetlenie stola	1	1	1
Vstupné haly, chodby a schody	Celkové osvetlenie	1-3	3-5	5-7
Sklady, pivnice a pracovne	Celkové osvetlenie	4-6	6-8	8-10

Tab.3 Veľkosti úžitkových plôch v obytných budovách

Nová norma EN 15193-1 uvádza pre budovy na bývanie štandardné hodnoty inštalovaného príkonu v tabuľkovej forme. Podľa veľkostnej kategórie sa potom berie paušálny inštalovaný príkon z tabuľky 4.

Inštalovaný príkon osvetlenia budovy sa získa súčtom príkonov pre jednotlivé miestnosti. Norma EN 15193-1 potom podrobnejšie rozvíja spôsob určenia jednotlivých zložiek energie na plnenie svetelnotechnickej funkcie.

		Inštalovaný príkon pre typové riešenie osvetlenia (W)		
		Malá plocha	Stredná plocha	Veľká plocha
Kuchyňa	Celkové osvetlenie	60	80	100
	Osvetlenie pracovnej dosky	90	90	90
Jedáleň	Celkové osvetlenie	100	135	200
	Osvetlenie jedáľenského stola	120	120	120
Obývačka	Celkové osvetlenie	100	135	200
	Osvetlenie na čítanie	60	60	60
Kúpeľňa a WC	Celkové osvetlenie	50	70	100
	Osvetlenie zrkadla	70	70	70
Spáľňa	Celkové osvetlenie	90	110	140
	Osvetlenie pri posteliach	30	30	30
	Osvetlenie stola	50	50	50
Vstupné haly, chodby a schody	Celkové osvetlenie	40	60	80
Sklady, pivnice a práčovne	Celkové osvetlenie	60	80	120

Tab.4 Inštalovaný príkon miestností v obytných budovách

Ďalší postup vedúci k výpočtu číselného ukazovateľa spotreby energie na osvetlenie LENI je potom obdobný ako pre iné kategórie budov.

$$LENI = \frac{W}{A}$$

kde

LENI je číselný ukazovateľ spotreby energie na osvetlenie (kWh/m²/rok);

W je ročná spotreba energie na osvetlenie (kWh);

A je celková úžitková podlahová plocha budovy (m²).

Budova sa následne na základe hodnoty LENI zatriedi do príslušnej energetickej triedy:

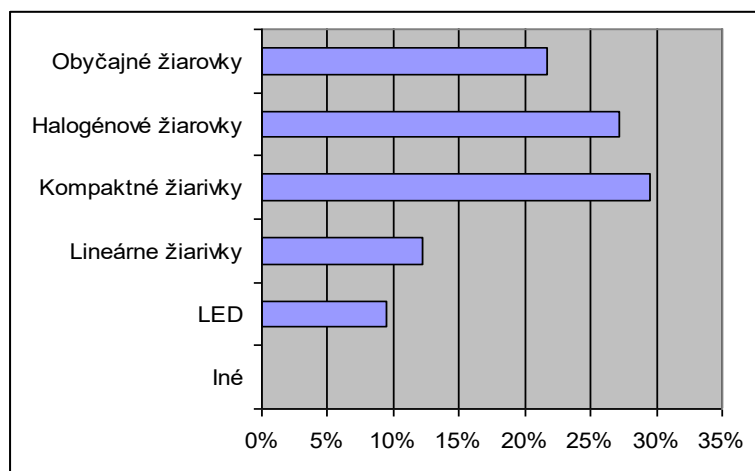
Miesto spotreby	Kategória budov	Triedy energetickej hospodárnosti						
		A	B	C	D	E	F	G
Osvetlenie	Rodinné domy	≤ 2	3-5	6-7	8-10	11-12	13-15	>15
	Bytové domy	≤3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	>18

Tab.5 Škála energetických tried pre potrebu energie na osvetlenie v kWh/(m².rok) pre rodinné a bytové domy

Zavedením novej normy EN 15193-1 sa dá v blízkej budúcnosti predpokladať, že sa legislatíva a teda aj energetická certifikácia rozšíri o kategóriu rodinných a bytových domov pre miesto spotreby osvetlenie. Táto skutočnosť bude znamenať zásadné zmeny v energetickej certifikácii.

5 Súčasný stav osvetlenia domácností

Stav v štruktúre svetelných zdrojov a svietidiel na osvetlenie domácností na Slovensku bol zisťovaný prieskumom v období 2013 – 2014. Sumárne výsledky pre zdrojovú štruktúru znázorňuje stĺpcový graf na obr. 1. Inštalovaný príkon na osvetlenie v domácnostiach sa v období prieskumu pohyboval v širokom rozmedzí 200 až 2 600 W, priemerná hodnota bola 900 W.



Obr.1 Zdrojová štruktúra v slovenských domácnostiach v období 2013 – 2014

V súčasnosti prebieha prieskum aktuálneho stavu osvetlenia domácností. Údaje sa priebežne spracúvajú a bude zaujímavé porovnať, ako sa sledované parametre zmenili. Z priebežne získaných údajov je ale jasné, že v súčasnosti sú už najpoužívanejšími svetelnými zdrojmi LED. Často sú to však LED retrofity. Všetky ostatné typy svetelných zdrojov sa z domácností postupne vytrácajú.

6 Aké sú praktické skúsenosti?

Úloha správne navrhnuť a realizovať osvetlenie v domácnosti je veľmi náročná i pre skúseného odborníka. Rozmanitosť vykonávaných činností v jednotlivých miestnostiach vyžaduje často využitie všetkých dostupných technických prostriedkov, aby sa podarilo okrem technických požiadaviek splniť i vysoké nároky na estetickú stránku riešenia. Napriek širokej ponuke svietidiel je náročné vybrať svietidlo tak, aby malo požadované technické parametre a spĺňalo zároveň poredstavy užívateľov aj po dizajnovej stránke.

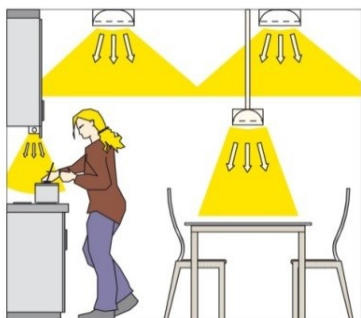
Pri návrhu osvetlenia je potrebné predovšetkým posúdiť činnosti, ktoré budú v jednotlivých zónach miestností vykonávať, správne stanoviť ich zrkovú náročnosť a následne stanoviť parametre osvetľovacej sústavy.

Nevyhnutnou súčasťou riešenia je mnohokrát možnosť regulácie svetelného toku použitých svetelných zdrojov a vzhľadom na nevizuálne účinky svetla na náš organizmus i možnosť zmeny farby svetla.

Veľmi obľúbené sú svetelné LED pásy, ktoré umožňujú veľkú variabilitu čo sa týka farby svetla, svetelného toku, sú tiež jednoducho regulovateľné a široká je i ponuka náhradných teplôt chromatickosti, farebnosti a s možnosťou zmeny týchto parametrov voľbou vhodných predradných prístrojov a riadenia. Sú vo veľkej miere používané nie len na podsvietenie, zvýraznenie rôznych interiérových prvkov a náladové osvetlenie. Ich vysoký svetelný tok umožňuje aj kreatívne riešenia celkového osvetlenia „na mieru“, podľa predstáv zákazníka. Vo veľkej miere sa stále vypoužívajú i LED retrofity, ktoré umožňujú nielen možnosť viacerých variant príkonu svetelných zdrojov ale i možnosť regulácie farby svetla a svetelného toku pri použití stmievateľných LED retrofitov. Veľkou výhodou zostáva možnosť ich použitia v pôvodne inštalovaných svietidlách.

Veľkú pozornosť užívateľa venujú predovšetkým osvetleniu kuchyne, obývačky a detskej izby. Sú to priestory, kde sa často stretávajú, relaxujú, ale vykonávajú zároveň aj zrakovo náročné úlohy. Kľúčovú úlohu pritom stále hrá dizajnová stránka riešenia interiéru ako celku.

Úlohy vykonávané v domácnostiach sú veľmi rôznorodé. Napríklad v kuchyni (obr. 2) – oblasť na prípravu jedla vyžaduje vysokú úroveň osvetlenia. Nižšie nároky sú kladené potom na zvyšok miestnosti. Osvetlenie je preto vhodné riešiť ako odstupňované.



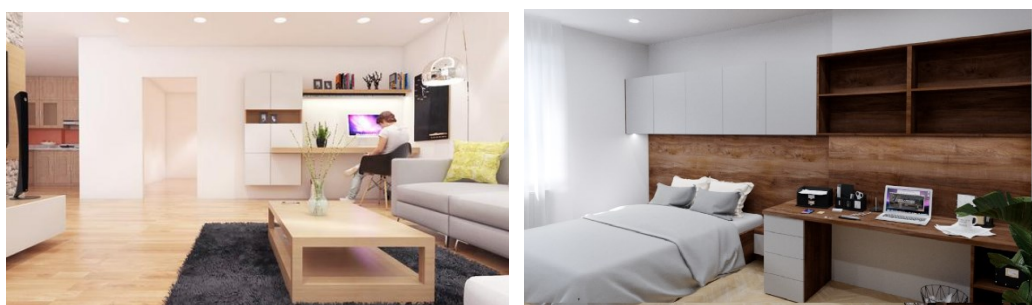
Obr.2 Typické schémy osvetlenia v kuchyni (prevzaté z CEN/TR 15193-2)



Obr.3 Ukážka realizácie osvetlenia kuchyne v praxi

Osvetlenie pracovnej dosky musí byť dimenzované jasné na vykonávanie pomerne presných a niekedy nebezpečných úloh (manipulácia s nožmi atď.). Aby sa zabránilo tomu, že tieň osoby stojacej pri pracovnej doske vrhá nežiadúce tieň, malo by sa zabezpečiť lokálne osvetlenie v pracovnom priestore, napríklad umiestnením zdroja svetla na spodnú stranu skriniek umiestnených nad pracovnou doskou. Treba tiež myslieť na vhodné konštrukčné riešenie svietidiel, aby sa dali ľahko čistiť. Zo všetkých možných riešení tvoria najlepšie riešenie svetelné pásy alebo bodové svetlá umiestnené pod skriňami.

Požiadavky na osvetlenie obývačky sú tiež veľmi rozdielne. Potrebná modularita sa dá dosiahnuť iba umiestnením väčšieho počtu rôznych, samostatne ovládaných svietidiel alebo pomocou ich regulácie. Podobne ako v mnohých iných priestoroch v domácnostiach, aj tu sa rozlišuje medzi celkovým osvetlením a osvetlením pracovného miesta, čo v prípade obývačky znamená dôraz na osvetlenie miesta na čítanie. Veľkým problémom je umiestnenie „pracovísk,, v tomto priestore.



Obr.4 Príklad umiestnenia pracovného stola v obývačke a v spálni

Tu je samozrejme potrebná vyššia intenzita osvetlenia. Ideálnym riešením je použiť prisadené na strop alebo závesné svietidlá alebo vstavané priame svietidlá. Ďalšou možnosťou je použitie stojanového svietidla, ktorého prednosťou je možnosť premiestnenia v prípade zmeny usporiadania miestnosti alebo v podobných prípadoch.



Obr.5 Príklad umiestnenia pracovného stola v detskej izbe

Podobne aj v detskej izbe v rozlišujeme medzi celkovým osvetlením, miestom na čítanie a miestom pracovného stola, ktoré musia byť dostatočne osvetlené. Taká úroveň sa nedá zabezpečiť sústavou celkového osvetlenia bez toho, aby bolo osvetlenie miestnosti

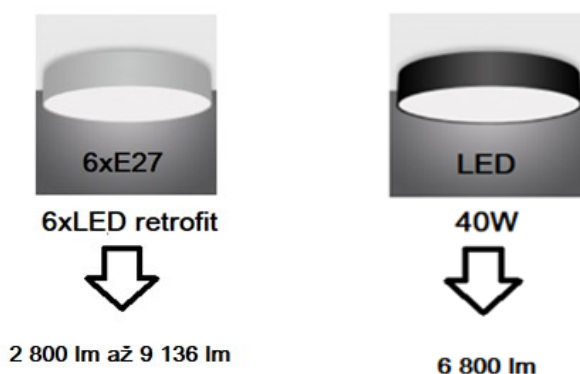
predimenzované. Okrem toho sa ním nedá zabezpečiť osvetlenie nízkej úrovne alebo tlmené osvetlenie, ktoré deti potrebujú keď idú spať alebo keď vstávajú. Preto sa celkové osvetlenie často kombinuje so svetidlami pri posteliach a so stolnými svetidlami.



Obr.6 Príklad svietidla často používaného na celkové osvetlenie miestnosti

Na trhu je široká ponuka dizajnových svietidiel. Niektoré sa vyrábajú v prevedení s objímkami pre retrofitové svetelné zdroje ako náhrad za klasické žiarovky s päťkami E14 alebo E27, alebo s päťkou GU10. Aj keď ide o „dočasné„ riešenia, má niekoľko výhod oproti svietidlám so zabudovanými LED čipmi:

- možnosť voľby z niekoľkých možností farby svetla a príkonov
- výmena svetelného zdroja po jeho životnosti /nie je nutné vymieňať celé svietidlo/
- pri stmievateľných LED retrofitoch možnosť regulácie svetelného toku a farby svetla
- požnosť výberu z rôznych dizajnov retrofitu



Obr.7 Rôzne možnosti použitia LED technológie v dizajnových svietidlách

Treba však upozorniť, že v prípade použitia retrofitov je potrebné znížiť svetelný tok retrofitov o optickú účinnosť svietidla, ktorá je v prípade mnohých dizajnových svietidiel veľmi nízka.

7 Moderné technológie a osvetlenie domácností

Dnes sú už k dispozícii ovládacie prvky, ktoré umožnia reguláciu stmievateľného LED retrofitu v ľubovoľnom svietidle bez potreby akýchkoľvek úprav elektroinštalácie, čo významne

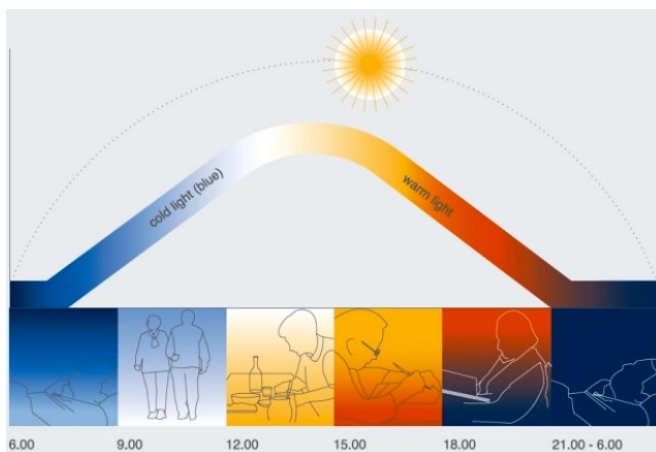
rozširuje možnosti regulácie osvetľovacích sústav v domácnostiach bez veľkých investičných nákladov. Tieto riešenia sú mnohokrát cenovo dostupnejšie a výber svietidiel širší. Používanie LED retrofitov vo svietidlách, ktoré nie sú konštrukčne riešené pre použitie LED technológie však vedie k zhoršeniu ich technických parametrov (zníženie svetelného toku, zníženie životnosti, a pod.) a v konečnom dôsledku aj k zníženiu energetickej efektívnosti osvetľovacej sústavy.

Preto je vhodnejšie využívať LED technológiu vo svietidlách konštruovaných tak, aby bolo možné v plnej miere využiť potenciál LED. Veľkou nevýhodou mnohých týchto svietidiel však je, že sú v nich LED čipy pevne zabudované a nie je možné ich vymeniť. Pri ich zlyhaní je preto nutné vymeniť celé svietidlo, čo je často finančne náročné. V prípade, že sa daný typ svietidla už nevyrába a v miestnosti ich je inštalovaných niekoľko rovnakých, je potrebné vymeniť všetky svietidlá. Mnohé svietidlá konštruované na báze LED technológie nie sú stmievateľné a sú tiež cenovo náročnejšie.

8 Interaktívne osvetlenie

Asi 80% všetkých informácií o okolitom svete mozog prijíma prostredníctvom videnia, takže vnímanie sveta priamo súvisí s kvalitou každodenného života užívateľov.

Aká farba svetla je pre domácnosť „ideálna,“? Pre podporenie pracovného výkonu a schopnosť sústrediť sa na prácu je vhodné zvoliť vyššie teploty chromatickosti pri vyšších intenzitách osvetlenia. Naopak, nižšia teplota chromatickosti a nižšie intenzity osvetlenia umožňuje relaxáciu, zrakovú pohodu a zvyšuje produkciu melatonínu – spánkového hormónu. Preto je ideálnym riešením inštalovanie interaktívnych svetelných systémov, ktoré umožňujú reguláciu všetkých týchto atribútov osvetlenia.



9 Rušivé svetlo

Stále častejšie sa v domácnostiach stretávame s problémom rušenia obyvateľov nadbytočným svietením do okien, najmä ak sú neclonené svietidlá blízko okien a vnútri sa môže dosahovať relatívne vysoká osvetlenosť. Takéto svetlo ruší užívateľov hlavne počas spánku, ale aj pri iných večerných aktivitách. Ide o svetlo zo zdrojov umelého svetla vo vonkajšom prostredí okrem svetla z dopravných prostriedkov a okrem svetla z verejného osvetlenia, ktoré po dopade na vonkajšiu plochu osvetľovacieho otvoru obytnej miestnosti svojím pôsobením subjektívne obťažuje užívateľov obytnej miestnosti, tzv. rušivé svetlo.

Osvetľovacie zariadenia vo vonkajšom prostredí, ako sú reklamné pútače, osvetľovacie zariadenia nádvorí závodov, stavebných dvorov, parkovísk a podobné zariadenia 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 z týchto zariadení na okná obytných miestností nedá zamedziť, nesmú byť prekročené limitné hodnoty rušivého svetla uvedené vo vyššom právnom predpise.

Literatúra a odkazy

- [1] STN EN 15193-1:2017 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie. Špecifikácie, Modul M9
- [2] CEN/TR 15193-2:2017 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie. Vysvetlivky a doplnenia k norme EN 15193-1, Modul 9
- [3] GAŠPAROVSKÝ, D. - RADITSCHOVÁ, J.: Proposal of a method for assessment of energy performance of home lighting. In LUMEN V4 : 6th IEEE Lighting conference of the visegrad countries. Karpacz, Poland. September 13-16, 2016. Warsaw : IEEE, 2016, S. 226-230. ISBN 978-1-5090-3304-1

Hodnocení proslunění budov - příklady ze stavební praxe

Iveta Skotnicová, doc., Ing., Ph.D., Andrea Baďurová, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra prostředí staveb a TZB, iveta.skotnicova@vsb.cz, andrea.badurova@vsb.cz

Abstrakt: Vliv denního světla a slunce v interiéru budov na zdraví člověka je zcela nezpochybnitelný. Cílem správného návrhu budovy je vytvořit pro její uživatele komfortní, příjemné prostředí s dostatkem přirozeného světla a přímého slunečního záření, které bude odpovídat normativním požadavkům a zároveň i našim biologickým potřebám. Článek představuje současný stav normativních požadavků na denní osvětlení a proslunění budov, upozorňuje na změny, které přinesla nová evropská norma ČSN EN 17037:2019 Denní osvětlení budov [1]. Na konkrétních příkladech z praxe se článek zaměřuje zejména na porovnání vlivu změny konkrétního data hodnocení a minimální výšky slunce nad horizontem na výslednou dobu proslunění.

1 Úvod

Vytvoření celoevropské normy ČSN EN 17037:2019 Denní osvětlení budov [1] lze považovat za důležitý krok pro sjednocení do té doby rozdílných požadavků na denní osvětlení a proslunění budov v různých evropských zemích. Začlenění požadavků na proslunění budov do evropské normy je navíc důkazem toho, že přítomnost přímého slunečního záření v budovách je považována podobně jako přirozené denní světlo za důležitý faktor pro zdraví občanů.

Nová celoevropská norma přinesla rovněž změny do původní české normy ČSN 73 4301:2004 Obytné budovy [2], která zahrnuje požadavky na proslunění budov. V současné době jsou v České republice platné dvě technické normy pro hodnocení proslunění budov, které nejsou v některých svých požadavcích úplně totožné. A tak se výsledky hodnocení proslunění budov podle obou norem mohou odlišovat. Pro projektanta ve stavební praxi může tato skutečnost být trochu matoucí a rovněž, jak se ukazuje, ani stavební úřady při požadavcích na posudky proslunění podle jednotlivých norem nejsou jednotné. V rámci článku se proto zaměříme na porovnání hodnocení proslunění obytné budovy podle obou platných norem a upozorníme na rozdíly, které se v hodnocení mohou objevit.

2 Hodnocení proslunění budov

Skutečnost, že všechny obytné budovy musí být prosluněny, vyplývá z Vyhlášky č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby [3]: „*Prosluněny musí být všechny byty a ty pobytové místnosti, které to svým charakterem a způsobem využití vyžadují*“. Citovaný požadavek je uveden v §13 vyhlášky a zároveň definuje podmínky, za kterých se byt považuje za prosluněný: „*Byt je prosluněn, je-li součet podlahových ploch jeho prosluněných obytných místností roven nejméně jedné třetině součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností*“. Pro samostatně stojící rodinné domy, dvojdomy a koncové řadové domy je tento požadavek zpřísněn na jednu polovinu. Při posuzování proslunění obytných místností se vychází z normových hodnot uvedených ve dvou platných normách [3].

Definice podmínky, za které se byt považuje za prosluněný, v ČSN 73 4301:2004 Obytné budovy [2] citována již není. Zatímco podle ČSN EN 17 037:2019 Denní osvětlení budov [1] je podmínka proslunění bytu splněna zajištěním minimální doby proslunění alespoň v jedné obytné místnosti. Vzhledem k tomu, že vyhláška č. 268/2009 Sb. [3] je závazným právním předpisem (nadřazeným nad technickými normami), stále platí definice proslunění bytu podle znění této vyhlášky.

2.1 Hodnocení proslunění budov dle ČSN 73 4301:2004 Obytné budovy [2]

Požadavek na proslunění se vztahuje na byty a rodinné domy. Obytná místnost se považuje za prosluněnou, jsou-li splněny následující 3 podmínky:

- 1) přímé sluneční záření musí po stanovenou dobu vnikat do místnosti okenním otvorem nebo otvory, krytými průhlednými a barvy nezkrslujícími materiálem, jejichž celková plocha vypočtená ze skladebných rozměrů je rovna nejméně jedné desetíně podlahové plochy místnosti, nejmenší skladebný rozměr osvětlovacího otvoru musí být alespoň 900 mm, šířka oken umístěných ve skloněné střešní rovině může být menší, nejméně však 700 mm;

Podmínka na minimální plochu okenních otvorů (přes které vniká sluneční záření po stanovenou dobu) k podlahové ploše místnosti se objevuje pouze v této normě, evropská norma se minimální plochou ani velikostí otvorových výplní ve vztahu k proslunění nezabývá. Na Obr. 1 jsou porovnány dvě stejné místnosti z hlediska proslunění podle obou norem (výpočet proveden v obou případech pro datum 1. března).



Obr.1 Obytná místnost podle ČSN 73 4301 nesplňuje podmínku na proslunění, podle ČSN EN 17037 místnost podmínku na proslunění splňuje

- 2) sluneční záření musí po stanovenou dobu dopadat na kritický bod na vnitřní rovině osvětlovacího otvoru ve výšce 300 mm nad středem spodní hrany osvětlovacího otvoru, ale nejméně 1 200 mm nad úrovní podlahy posuzované místnosti;

Poloha umístění kritického bodu v půdorysném a svislém řezu osvětlovacího otvoru je nyní shodná v obou normách.

- 3) Při zanedbání oblačnosti musí být dne 1. března doba proslunění nejméně 90 minut. Požadovanou dobu proslunění pro den 1. března lze nahradit bilancí, při které je mimo přestupné roky celková doba proslunění ve dnech od 10. února do 21. března včetně 3600 minut (jedná se o 40 dní s průměrnou dobou proslunění 90 minut).

Kontrolní den pro hodnocení proslunění je na rozdíl od evropské normy definován pouze pro jedno konkrétní datum, popř. je možné nahradit hodnocení pro den 1. března bilancí. Minimální doba proslunění 90 minut je shodná v obou normách.

To, co v normě ČSN 73 4301:2004 [2] v současné době chybí je definování minimální výšky slunce nad horizontem pro kontrolní den 1. března. Minimální výška slunce nad horizontem vymezuje začátek nebo konec možné doby proslunění pro hodnocený den. Což vede v praxi k určitým nejasnostem, jakou správnou hodnotu minimální výšky slunce nad horizontem pro den 1. března zvolit. Minimální výška slunce nad horizontem pro datum 1. března není přímo uvedena ani v evropské normě, ale je možné si tuto hodnotu minimální výšky dopočítat na základě uvedených vztahů [1].

Na stránkách portálu stavba-tzbinfo.cz je uveden zajímavý článek pana doc. Jana Kaňky, Ph.D. ze dne 22. 6. 2021 o výpočtu minimální výšky slunce nad horizontem [4]. Autorka příspěvku na Obr. 2 provedla přepočítání minimální výšky slunce nad horizontem pro město Ostravu, městskou část Poruba, pro severní zeměpisnou šířku $\varphi = 49,83^\circ$, pro datum 1. března a 21. března pomocí doporučeného programu GAMAMIN, který je možno zdarma získat na adrese <https://www.svetloplus.cz/?p=news> [5]. Uvedené hodnoty minimální výšky slunce ve stupních po zaokrouhlení budou pro město Ostrava-Poruba následující: 1. březen $\Rightarrow \min \gamma_s = 4^\circ$, 21. březen $\Rightarrow \gamma_s = 13^\circ$.

GAMAMIN - červen 2021 - doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.			GAMAMIN - červen 2021 - doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.		
Program počítá minimální výšku slunce podle EN 17037. Protože se řeší kvadratická rovnice, jsou dva výsledky. Správný výsledek je ten ve žlutém poli.			Program počítá minimální výšku slunce podle EN 17037. Protože se řeší kvadratická rovnice, jsou dva výsledky. Správný výsledek je ten ve žlutém poli.		
φ (°)	49,83	vložit zeměpisnou šířku ve stupních	φ (°)	49,83	vložit zeměpisnou šířku ve stupních
D	1	vložit číslo dne	D	21	vložit číslo dne
M	3	vložit číslo měsíce	M	3	vložit číslo měsíce
J	60	pořadí dne v roce	J	80	pořadí dne v roce
J'	59,1781	parametr pro výpočet deklinace (°)	J'	78,9041	parametr pro výpočet deklinace (°)
δ (°)	-7,83	deklinace slunce dle EN 17037 (°)	δ (°)	-0,02	deklinace slunce dle EN 17037 (°)
a	2,190928	parametr kvadratické rovnice	a	2,190928	parametr kvadratické rovnice
b	0,276609	parametr kvadratické rovnice	b	0,000631	parametr kvadratické rovnice
c	-0,983938	parametr kvadratické rovnice	c	-1,000000	parametr kvadratické rovnice
x 1	0,609987	kořen kvadratické rovnice	x 1	0,675450	kořen kvadratické rovnice
x 2	-0,736239	kořen kvadratické rovnice	x 2	-0,675738	kořen kvadratické rovnice
$\omega_{h,1}$	52,41	hodinový úhel (°)	$\omega_{h,1}$	47,51	hodinový úhel (°)
$\omega_{h,2}$	137,41	hodinový úhel (°)	$\omega_{h,2}$	132,51	hodinový úhel (°)
$\gamma_{s,min,1}$	3,57	min. výška slunce dle EN 17037 (°)	$\gamma_{s,min,1}$	12,72	min. výška slunce dle EN 17037 (°)
$\gamma_{s,min,2}$	0,00	min. výška slunce dle EN 17038 (°)	$\gamma_{s,min,2}$	0,00	min. výška slunce dle EN 17038 (°)

Obr.2 Přepočítání minimální výšky slunce nad horizontem pro město Ostrava-Poruba [5]

V Tab. 1 je uveden začátek a konec možné doby proslunění pro data 1. a 21. března a pro jednotlivé minimální výšky slunce nad horizontem včetně původní hodnoty 5° . Rozdíl mezi hodnotou 5° a 4° není příliš velký. Pokud použijeme pro hodnocení 1. března minimální výšku

slunce 5° jsme na straně bezpečné (přísnější požadavek) a neměl by být problém v praxi počítat i s touto hodnotou výšky slunce.

Datum	1. březen (dle ČSN 73 4301)	1. březen (dle ČSN EN 17037)	21. březen (dle ČSN EN 17037)
Minimální výška slunce nad horizontem γ_s [°]	5° (původní)	4° (přepočteno)	13°
Začátek možné doby proslunění [h:min]	7:09	7:02	7:21
Konec možné doby proslunění [h:min]	16:51	16:58	16:39

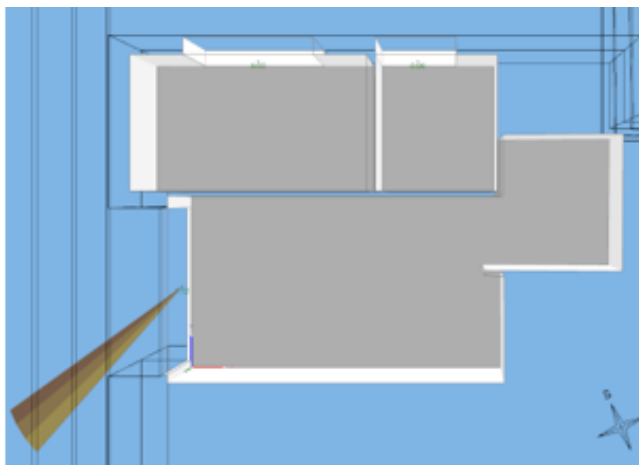
Tab.1 Výpočet začátku a konce možné doby proslunění pro minimální výšky slunce

2.2 Hodnocení proslunění budov dle ČSN EN 17037:2019 Denní osvětlení budov [1] Základní požadavky na proslunění obytných místností odlišující se od požadavků v ČSN 73 4301:2004 [2] jsou shrnuty v následujících bodech:

- Hodnocení proslunění je možné stanovit pro přímé sluneční světlo v určený den mezi 1. únorem a 21. březnem. Stanovená doba proslunění je předepsána na základě zvolené úrovně doby proslunění. Norma představuje tři úrovně doby proslunění, které zahrnují: minimální úroveň s dobou proslunění 1,5 h, střední úroveň s dobou proslunění 3,0 h a velkou úroveň s dobou proslunění 4,0 h.
- Minimální výška slunce nad horizontem γ_s , byla přidělena jednotlivým zemím Evropské unie podle zeměpisné šířky jejího hlavního města. Česká republika má přidělen úhel $\gamma_s = 13^\circ$ pro datum 21. března. Pro datum 1. února je hodnota úhlu výšky slunce $\gamma_s = 3^\circ$ stejná pro všechny země. Pro ostatní dny minimální výška slunce nad horizontem upřesněna není.

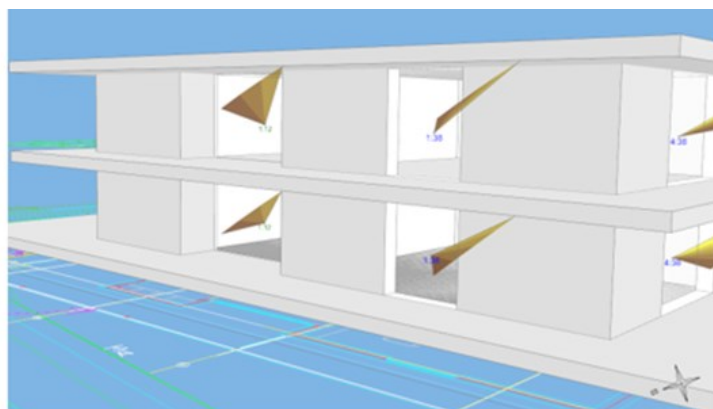
3 Posouzení proslunění bytu na příkladu z praxe a shrnutí

Jako příklad z praxe byl vybrán byt s poněkud problematickou orientací vůči světovým stranám a konstrukčním řešením. Okna ve 2 obytných místnostech jsou orientována severovýchodně s nulovým prosluněním. Okno v obývacím pokoji má orientaci severozápadní, normála okna je v půdoryse odkloněna o 113° od jižního směru.



Obr.3 Půdorys bytu (program BuildingDesign) [6]

Tento odklon bude za normálních podmínek na splnění minimální doby proslunění dostačující. Problémem je v tomto případě zejména rozměr horní převislé konstrukce terasy (Obr. 4), která ve výsledku omezí dobu proslunění pod limitní hodnotu 90 minut. To znamená, že byt na proslunění nevyhoví,



Obr.4 3D model bytu (program BuildingDesign) [6]

V Tab. 2 jsou uvedeny pro srovnání výsledky výpočtu doby proslunění pro obývací pokoj pro datum 1. a 21. března.

Datum	1. březen (dle ČSN 73 4301)	1. březen (dle ČSN EN 17037)	21. březen (dle ČSN EN 17037)
Minimální výška slunce nad horizontem γ_s [°]	5° (původní)	4°	13°
Doba proslunění [min]	72	79	36
Začátek doby proslunění [h:min]	15:39	15:39	16:03
Konec doby proslunění [h:min]	16:51	16:58	16:39

Tab.2 Výsledky výpočtu doby proslunění pro hodnocený byt

Jak je vidět z výsledků nevyhoví proslunění bytu ani pro jedno zvolené datum. A v tomto případě nepomůže ani bilanční výpočet k dosažení minimální doby proslunění. To, co může vyřešit stav proslunění, je posunutí okna směrem k vnějšímu líci budovy a tím zkrácení horní převislé konstrukce terasy.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 17037. *Denní osvětlení budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [2] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2004, změna Z1/2005, Z2/2009, Z3/2012, Z4/2019.
- [3] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, v platném znění. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2009, částka 81.

- [4] KAŇKA, J. *O minimální výšce slunce v nové evropské normě*. In: TZB-info [online]. 22.6. 2021 [cit. 3.10. 2021]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/22433-o-minimalni-vysce-slunce-v-nove-evropske-norme>.
- [5] Polášek, J. a kol: SVĚTLO+, programové vybavení pro výpočet a posuzování denního osvětlení a proslunění budov, <https://www.svetloplus.cz>
- [6] ASTRA MS Software s.r.o. *BuildingDesign* [software], s výpočetními moduly ČSN EN 17037 Denní osvětlení a proslunění, WDLS 5.0 Denní osvětlení, SunLis 5.0 Proslunění. 2019. Dostupné z: <https://www.astrasw.cz/lighting>

Kvalitní příprava projektu venkovní osvětlovací soustavy, jako první krok k minimalizaci rušivého světla

Pavel Sněhota, Ing., Ph.D. LIGHT FOR CITY, snehota@lightforcity.cz, www.lightforcity.cz

Abstrakt: Projektová dokumentace je nedílnou součástí přípravy realizace výstavby, rekonstrukce nebo obnovy soustavy veřejného osvětlení. Kvalitní příprava projektové dokumentace zkušenou a kvalifikovanou osobou zajistí nejen optimalizaci investičních a provozních nákladů, ale také zohlednění veškerých dalších požadavků na osvětlovací soustavu. Pro vypracování kvalitní projektové dokumentace je potřeba komplexní mezioborová znalost technických i legislativních požadavků, doporučení, předpisů a norem. Jedním z akcentovaných požadavků je minimalizace rušivého světla osvětlovacích soustav na okolí. Právě kvalitní projektová dokumentace snižuje zátěž okolí na nezbytné minimum a využívá nejlepší hospodárně dostupné technická řešení v době návrhu osvětlovací soustavy. Příspěvek se věnuje aspektům tvorby kvalitní projektové dokumentace se zaměřením na možnosti ověření míry rušivého světla ve fázi přípravy stavebních akcí na VO.

1 Úvod

Projektování soustav veřejného osvětlení je komplexní činností vyžadující kvalifikovanou a zkušenou osobu. Výběr zpracovatele projektové dokumentace je klíčovým okamžikem pro následný vývoj přípravy, realizaci a užívání stavby veřejného osvětlení. Při zpracování projektové dokumentace je možné předejít velké části komplikací, a to zejména při následném výběru zhotovitele, formou veřejného výběrového řízení, následné realizaci, organizaci výstavby, dostupnosti materiálu a navržených komponent, zahrnutí všech aspektů realizovatelnosti stavby, cenovém odhadu projektanta, vlivu na okolí během výstavby i následně při jejím užívání. Zadavatelé častou tápou v odbornosti společností nebo osob nabízejících přípravu projektové dokumentace nebo podkladů pro realizaci obnovy.

Právní řád české republiky přitom reguluje toto odvětví a dává jednoznačný návod jak pro výběr kvalifikované osoby pro zpracování projektové dokumentace, tak pro způsob a formu zpracování projektu. Zákon současně pamatuje na mechanismus dozoru nad realizovaným dílem při výstavbě a před uvedením do provozu. Při elementárním dodržení zákonem definovaných postupů je negativní vliv staveb veřejného osvětlení na okolí minimalizován.

Stavení řád (stavební zákon 183/2006 Sb.) uvádí osoby oprávněné pro vypracování projektové dokumentace pro vydání územního rozhodnutí, nebo územního souhlasu stavebním úřadem, které je nezbytné pro výstavbu, nebo rekonstrukci veřejného osvětlení. Stavební řád dále definuje pojem „**projektant**“ (tedy osobu oprávněnou vypracovat projektovou dokumentaci) jako fyzickou osobu oprávněnou podle zvláštního předpisu k projektové činnosti ve výstavbě (dle zákona 360/1992 Sb. O výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, ve znění pozdějších předpisů).

Povinnost zpracování projektové dokumentace veřejného osvětlení **projektantem** je zakotveno v §86 bod 4 takto „...*Pokud k žádosti o vydání územního rozhodnutí není připojena dokumentace pro vydání územního rozhodnutí nebo pokud není zpracována projektantem, stavební úřad takovou žádost neprojednává a řízení zastaví; usnesení o zastavení řízení se oznamuje pouze žadateli.*“

Tato povinnost pro veřejné osvětlení vyplývá z §103 bod 1 písmeno e odsek 8, kde stavební zákon nepožaduje stavební povolení nebo ohlášení pro stavby veřejného osvětlení, a tedy stavba veřejného osvětlení je realizována na základě územního rozhodnutí případně územního souhlasu dle dílu 4 stavebního zákona resp. § 78 v případě územního souhlasu.

Osoby oprávněné prováděním projekčních prací dle zákona 360/1992 Sb. jsou sdruženy v České komoře autorizovaných inženýrů a techniků (dále jen ČKAIT), kde je veden seznam autorizovaných osob a jsou uvedeny obory, pro které komora autorizaci osob provádí. Veřejné osvětlení je oprávněný projektovat člen ČKAIT s autorizací v oboru TECHNOLOGICKÁ ZAŘÍZENÍ STAVEB – označení oprávnění IT00, nebo TT00.

Výběrem dodavatele s odpovědnou osobou za zpracování projektové dokumentace s autorizací v oboru Technologická zařízení staveb získává zadavatel nejen jistotu, že tato odpovědná osoba byla systémově prověřena z technických i legislativních znalostí z oblasti liniových technologických staveb (veřejného osvětlení), ale současně ČKAIT jako instituce garantuje průběžné vzdělávání svých členů, jejich pojištění, ale také možnost odebrání autorizace a postihy v případě prohřešků proti řádu komory. Tím je systémově garantována kvalita, znalost, odbornost a odpovědnost autorizovaných osob. Další odpovědnosti autorizovaných osob vyplývají z trestního řádu a souvisejících zákonů.

Vzhledem ke skutečnosti, že venkovní/veřejné osvětlení je převážně napájeno elektrickou energií pomocí elektrického rozvodu a svítidla jsou elektrické spotřebiče, je osoba oprávněná navrhovat vyhrazené elektrické zařízení osoba s kvalifikací dle § 10 vyhlášky 50/1978 sb. Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice.

Veřejné osvětlení je ve své podstatě především osvětlovací soustavou a parametry osvětlovací soustavy včetně volby svítidel by měl provádět světelný technik – tato odbornost však bohužel není v legislativě nijak zakotvena.

2 Příprava projektové dokumentace

Pro vypracování kvalitní projektové dokumentace je nezbytná detailní, kvalitní a podrobná příprava počínající v jasné definici zadání. Pokud zadavatel nemá jasnou představu je nezbytné ve fázi zadání vypracování projektové dokumentace v součinnosti s projektantem definovat rozsah a obsah projektové dokumentace a účel a způsob užívání stavby. V případě projektových dokumentací ve stupních definovaných stavebním řádem je obsah projektové dokumentace stanoven ve vyhlášce 499/2006 Sb. resp. 146/ 2008 Sb. Pro specifická odvětví, nebo organizace existují doprovodné dokumenty a požadavky na formu obsah a rozsah projektové dokumentace.

K zahájení přípravy projektové dokumentace je nezbytné zajistit potřebné podklady a informace, především z územně plánovací dokumentace, ohledně dotčených orgánů státní správy, dotčených osob, správců inženýrských sítí včetně umístění stávajících inženýrských sítí, dále polohopisná data (geodetické zaměření prostoru, kde bude výstavba probíhat), koordinační projektové dokumentace a návazné infrastruktury (např. stávajícího veřejného osvětlení, odběrných míst, připojovacích bodů, energetické bilance apod.). Dále je nezbytné zohlednit informace týkající se vlivu na životní prostředí (chráněné oblasti), památkové rezervace, místní předpisy, standardy města, koncepce VO, aspekty záplavových oblastí, případně další požadavky a předpisy týkající se daného území.

Pro kvalitní přípravu podkladů dokumentace je nezbytné počítat s úměrnou časovou náročností v závislosti na digitalizaci a dostupnosti výše uvedených informací, složitosti lokality, ve které je stavba realizována a tomu odpovídající finančnímu ohodnocení pro získání kom pletních podkladů pro zpracování projektové dokumentace.

3 Projekční činnost

Samotná projekční činnost spočívá v hledání, definici a popisu technického řešení, které splňuje požadavky zadavatele, legislativní a technické požadavky na realizaci stavby a současně neomezuje práva dotčených organizací a osob. Při současné saturaci veřejného prostoru, množství legislativy upravující požadavky na řešení veřejného prostoru a se stále rostoucími nároky na užití tohoto prostoru je kompromisní řešení v mnohých oblastech jedinou možností jak předmětnou stavbu připravit k realizaci.

V závislosti na stupni projektové dokumentace jsou obsaženy informace z oblasti územního plánování, souladu s územně plánovací dokumentací pro danou oblast, vlivu na životní prostředí jak v průběhu stavby, tak při jejím následném užívání.

U veřejného osvětlení musí být definováno jeho prostorové uspořádání v situaci stavby, uspořádání vzhledem k dotčeným pozemkům, inženýrským sítím, veřejné zeleni, mobiliáři a dalším prvkům veřejného prostoru, stejně jako vzhledem k osvětlovanému prostoru (komunikaci) a dalším stavbám a prvkům veřejného prostoru. Umístění jednotlivých světelných míst tak vychází z dříve zmíněného výpočtu osvětlení komunikace, ale zahleňuje reálnou geometrii osvětlovaného prostoru včetně prostorových limitů daných ostatními inženýrskými sítěmi, veřejnou zelení, městským mobiliářem, požadavky na průchozí profily, rozhledové poměry, architektonické řešení apod.

Soustava veřejného osvětlení je stavbou, která mezioborově zasahuje do oblasti zakládání staveb, statiky betonových konstrukcí, statiky ocelových konstrukcí, návrhu vyhrazených elektrických zařízení a světelné techniky. Stavba je umisťována a realizována ve veřejném prostoru a musí zohledňovat přítomnost laických osob, proto jsou u ní kladeny vysoké nároky na její přípravu a kvalitu návrhu a zpracování zvláště mechanické části této stavby. V praxi je bohužel poměrně často vidět potlačování jednotlivých profesí na úkor jiných a nedostatečné zpracování projektové dokumentace ve všech technických disciplínách. Ve většině případů nekvalitní zpracování projektové dokumentace souvisí s vybraným zpracovatelem a úzká specializace zpracovatele pouze na jednu nebo dvě disciplíny je na úkon komplexnosti a kvality navrženého řešení, v horším případě bezpečnosti venkovního prostoru.

Při návrhu technické řešení je nezbytné vycházet z ověřených technických řešení, odpovídajících technickým předpisům, standardům a normám pro jednotlivé oblasti návrhu. Nezbytnou součástí projektové dokumentace je prokázání v hodnosti a realizovatelnosti navrženého řešení jak po stránce technické, prostorové, tak organizační (doprava do místa stavby).

Návrh osvětlovací soustavy veřejného osvětlení spočívá zpravidla v návrhu svítidel pro osvětlení dané komunikace na základě zatřídění komunikace a stanovení požadovaných parametrů osvětlované komunikace dle souboru norem ČSN EN 13201. Návrh osvětlovací soustavy probíhá optimalizačními metodami zpravidla ve specializovaném výpočetním programu pro osvětlení komunikace. Výsledkem optimalizace by mělo být řešení, které je z hlediska dané prostoru, účelu, požadovaných parametrů osvětlení, energetické náročnosti,

výše investičních a provozních nákladů optimální. Tedy řešení, které je nejvýhodnější při použití nejlepších dostupných technologií (nebo hospodárně dostupných technologií) a současně splňuje požadavky zadavatele. Výstupem bývá zpravidla popis polohy umístění svítidla vůči osvětlovanému prostoru (komunikaci), výška, vzdálenost od krajnice, maximální rozteč světlených míst, náklon svítidla.

Pro takto zvolené řešení typového úseku osvětlovací soustavy je nezbytné provést návrh nosných konstrukcí zohledňujících parametry světelným výpočtem ověřeného svítidla a jeho parametrů – plocha, váha způsob uchycení. Při návrhu nosných konstrukcí (zpravidla ocelových konstrukcí – stožárů určených pro VO) je nezbytné respektovat účinky sil způsobené vnějšími vlivy – statické a dynamické namáhání účinky větru – dle charakteru okolí z hlediska umístění stavby a větrných oblastí. Pro takto navrženou kombinaci svítidla a ocelové konstrukce je dále nutné navrhnout založení světelného místa zpravidla pomocí betonového základu do rostlé zeminy. Zohlednění místních podmínek založení základu je klíčovým okamžikem pro stabilitu celé nosné konstrukce veřejného osvětlení. Definice kvalitativních parametrů jednotlivých komponent (betonu, podloží, ocelových konstrukcí) a způsobu realizace včetně klimatických podmínek, za kterých může být dílo realizováno je nezbytnou součástí projektové dokumentace.

Napájení osvětlovací soustavy je zpravidla kabelovým vedením z rozvaděče veřejného osvětlení nebo distribuční soustavy. Osvětlovací soustava je tedy vyhrazené elektrické zařízení a návrh podléhá předpisům na zajištění bezpečnosti provozu, dimenzování elektrického obvodu z hlediska zkratových poměrů, úbytků napětí, ochrany před nebezpečným dotykem, ochrany při poruše a hospodárnosti. Pro návrh elektrického rozvodu je nezbytné v projektové dokumentaci prokázat shodu s technickými normami a požadavky na bezpečnost. Před zahájením návrhu elektrického rozvodu je hlavní inženýr projektu povinný vystavit protokol o určení vnějších vlivů, který slouží jako podklad pro projekční práce, určení prostředí pro návrh elektrického rozvodu a jeho parametrů. Před uvedením do provozu je nezbytné provést revizi vyhrazeného elektrického zařízení, pro kterou jako podklad musí být přiložena projektová dokumentace a protokol o určení vnějších vlivů.

Pro realizaci prací je projektová dokumentace doplněna o zásady a organizaci výstavby, které řeší přístup na stavbu, zřízení zařízení staveniště, zásobování stavby, připojení na technickou infrastrukturu pro realizaci stavby, dopravní opatření při realizaci prací, změny dopravního značení (DIO – dopravně inženýrské opatření, DIR – dopravně inženýrské rozhodnutí). Dále kvalitní projektová dokumentace obsahuje soupis zkoušek a testů prováděných při a po realizaci stavby stejně jako podmínky provozu osvětlovací soustavy a zásady týkající se bezpečnosti práce při výstavbě i při následném provozu osvětlovací soustavy.

Přesná definice použitých komponent, jejich kvantifikace, popis, výkresová dokumentace, definice materiálů, jejich zpracování, pracovních postupů, podmínek výstavby je nezbytnou součástí kvalitní projektové dokumentace.

4 Inženýrská činnost

Zpracovaná projektová dokumentace musí být dle stavebního řádu projednána s dotčenými orgány státní správy, dotčenými osobami a dotčenými správci inženýrských sítí. Už jen samotné určení dotčených orgánů a osob je nelehkou disciplínou, kterou by měl provést

stavební úřad. Nicméně praxe je od této teorie značně odlišná a liší se dle jednotlivých stavebních úřadů i samotných referentů.

Projednání projektové dokumentace je klíčovou fází ověření projektové dokumentace z hlediska návrhu technického řešení a respektování veškerých práv dotčených orgánů a osob. Bez souhlasného stanoviska všech dotčených orgánů a osob není možné úspěšně žádat stavební úřad o vydání územního rozhodnutí/územního souhlasu v případě veřejného osvětlení. Z pohledu časové náročnosti je tato fáze zpracování projektové dokumentace i přes značnou digitalizaci komunikace s dotčenými orgány zpravidla nejnáročnější, a to především s ohledem na zákonné lhůty dotčených orgánů státní správy – 30 dní, které nejsou zpravidla samotným státem dodržovány.

5 Způsoby ověření míry rušivého světla na okolí

Samostatnou kapitolou při návrhu osvětlovací soustavy je míra rušivého světla na okolí. Pro tuto tematiku je právě zpracovávána norma v rámci technické normalizační komise, která v budoucnu bude zezávněna prováděcí vyhláškou k novému stavebnímu zákonu 283/2021 Sb. který postupně vchází v platnost.

V současné době je proto používána pro definování míry dovoleného rušivého světla ČSN 12 464-2, která definuje environmentální zóny a přípustné hodnoty rušivého světla. Ověření hodnot rušivého světla dle této normy je klíčové pro úspěšné vydání územního rozhodnutí, resp. územního souhlasu pro umístění stavby. Orgánem, který posuzuje shodu požadavků a navržené osvětlovací soustavy je přímo stavební úřad, případně příslušný odbor životního prostředí, popřípadě správce veřejného osvětlení, pokud je ve stavebním řízení přítomen formou dotčeného správce sítě.

Způsob ověření míry rušivého světla v místě definovaném ČSN tedy na vnější straně fasády rezidenční budovy v místě okenního prostoru obytné místnosti je možné ověřit výpočtem v programu na osvětlení komunikací, a to již v rámci optimalizace výběru vhodného svítidla jakožto klíčového prvku osvětlovací soustavy. Pro ověření numerických hodnot je nezbytné vymodelovat 3D model umístění prvků osvětlovací soustavy a míst dotčených rušivým světlem.

Při návrhu osvětlovací soustavy lze s výhodou využívat vhodné prvky například svítidla s 0% vyzařováním světelného toku do horního poloprostoru, nulovým náklonem svítidla proti horizontální rovině, volbou svítidla s omezeným světelným tokem do prostoru za svítidlem v kombinaci s vhodným umístěním svítidla a jeho orientací.

Pro další minimalizaci rušivého světla je možné s výhodou využít současně dostupných technických řešení v podobě regulace světelného toku v závislosti na čase. Touto regulací lze optimálně dosáhnout splnění požadavků norem pro osvětlování komunikací a současně snížení rušivého světla na minimální možné hodnoty. Současně je dosahováno energetických úspor při provozu osvětlovací soustavy.

6 Dohled při výstavbě a užívání stavby

Závěrečnou fází přípravy stavby a realizace kvalitního návrhu osvětlovací soustavy v projektové dokumentaci a zajištění minimalizace rušivého světla na okolí je dohled při samotné realizaci a následné uvedení soustavy do provozu. Legislativní prostředí skrze

stavební zákon zavádí pojem stavebního dozoru stavebníka ve formě fyzické osoby oprávněné dle zvláštního právního předpisu – zákona 360/1992 Sb. Z tohoto zákona vyplývá také povinnost zajištění technického dozoru u staveb financovaných z veřejných rozpočtů, a to skrze ustanovení § 152 bod 4.

Dozorování realizace stavby je klíčovým okamžikem pro realizaci stavby dle návrhu zpracovaného v projektové dokumentaci. Dozorování stavby je zásadní nejen z hlediska kontroly kvality a množství použitých komponent a materiálů, dodržení technologických postupů, podmínek vydání územního rozhodnutí/územního souhlasu a požadavků dotčených orgánů, ale také z hlediska nastavení osvětlovací soustavy, dodržení nastavení svítidel, optik a stmívacích diagramů, tak aby bylo dosaženo minimalizace rušivého světla dle návrhu v projektové dokumentaci.

Dozor při realizaci stavby a následné zkoušky v podobě měření parametrů osvětlení jsou završením přípravy a realizace osvětlovací soustavy s minimalizací vlivu rušivého světla na okolí. Výstupem celého legislativně definovaného procesu přípravy a realizace stavby je povolení k užívání stavby vydané stavebním úřadem.

7 Závěr

Z výše uvedeného vyplývá, že zodpovědná volba zhotovitele projektové dokumentace, dodržení zásad zpracování návrhu osvětlení, dodržení legislativního procesu schválení projektové dokumentace za účasti dotčených orgánů, kontrola při realizaci díla podpořená legislativní úpravou ve stavebním zákoně je efektivní nástroj na minimalizaci vlivu rušivého světla od venkovních osvětlovacích soustav. O to silnější postavení stavebníka i dotčených orgánů je v oblasti veřejného osvětlení, které je financováno z veřejných zdrojů a podléhá silnějším legislativním možnostem kontrola přípravy projektové dokumentace i realizace díla.

Kvalitní příprava projektové dokumentace kvalifikovanou a zkušenou osobou je prvním krokem k minimalizaci rušivého světla.

Literatura a odkazy

- [1] Zákon o územním plánování a stavebním řádu 183/2006 Sb.
- [2] Zákon České národní rady o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě 360/1992 sb.
- [3] Zákon o zadávání veřejných zakázek 134/2016 sb.
- [4] Zákon stavební zákon 283/2021 Sb.
- [5] Vyhláška č. 50/1978 Sb. Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice
- [6] Vyhláška o dokumentaci staveb 499/2006 Sb.

Možnosti měření rušivého světla

Tomáš Sousedík, Ing., METROLUX s.r.o., www.metrolux.cz

Abstrakt: Plnění parametrů rušivého světla dle ČSN EN 12464-2 je možné ověřit měřením.

1 Úvod

Zdrojem rušivého osvětlení je světelná reklama (loga, reklamní plochy, LED obrazovky), architektonické osvětlení, osvětlení bytů a domů, osvětlení venkovních sportovišť, obchodních center, průmyslových areálů a také soustavy veřejného osvětlení. Limity rušivého světla jsou uvedeny v normě ČSN EN 12464-2. Tato norma je v platnosti od roku 2008. Norma vychází z TP CIE.

1.1 Parametry rušivého světla

Parametry jsou uvedeny v normě ČSN EN 12464-2 (obr.1). Podle zatřídění dané oblasti do zóny E1 až E4 máme k dispozici příslušné parametry rušivého světla. Momentálně pracuje mezioborová skupina na tvorbě nové normy na rušivé světlo. Cílem je vytvořit dokument, který analyzuje vlivy a stanovuje limity a metriky pro hodnocení rušivého světla

Tato norma by měla být k dispozici koncem roku. Tato norma by se následně měla stát díky příslušné vyhlášce závaznou. Vychází ze stávající normy ČSN EN 12464-2 a dále z normy na rušivé světlo platné v Rakousku.

Přípustné maximum rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách

Zóna životního prostředí	Světlo na objektech		Svitivost svítidla		Podíl horního toku	Jas	
	E_v lx		I cd		ULR %	L_b cd·m ⁻²	L_s cd·m ⁻²
	mimo dobu nočního klidu ^{a)}	v době nočního klidu	mimo dobu nočního klidu	v době nočního klidu		fasády	znaky ^{NP2)}
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

^{a)} V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, nesmí být větší hodnoty překročeny a mají se upřednostnit menší hodnoty.

Obr.1 Parametry dle ČSN EN 12464-2

1.2 Postup měření rušivého světla

K měření rušivého světla používáme luxmetr a jasový analyzátor. Luxmetr se používá k měření vertikální osvětlenosti v úrovni oken obytných místností.

Jasový analyzátor slouží k měření jasů fasád budov a dále k měření jasů reklamního zařízení. Výstupy uvedené v tomto textu byly pořízeny jasovým analyzátozem LDA. Je založen na digitálním fotoaparátu NIKON D7200 s objektivem SIGMA a korekčním filtrem. Přístrojem jsou změřeny jasové poměry scény a následně je vyhodnoceny softwarem LumiDisp. Je tak stanoven jas fasády nebo reklamního zařízení. Naměřené hodnoty jsou porovnány s požadavky v normě.

1.3 Výstupy z měření

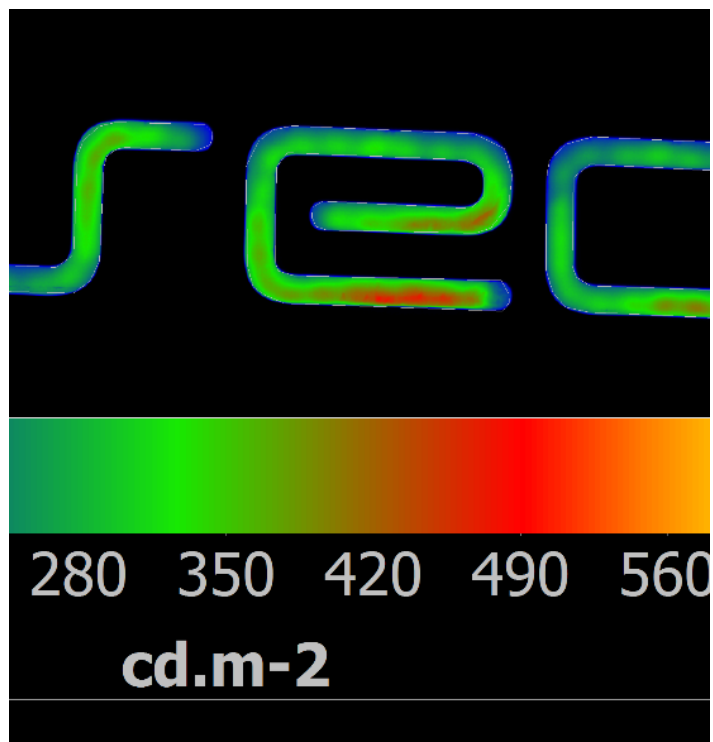
Na následujících obrázcích jsou výstupy z měření jasovým analyzátozem a dále fotografie ukazující příklady řešení rušivého světla.



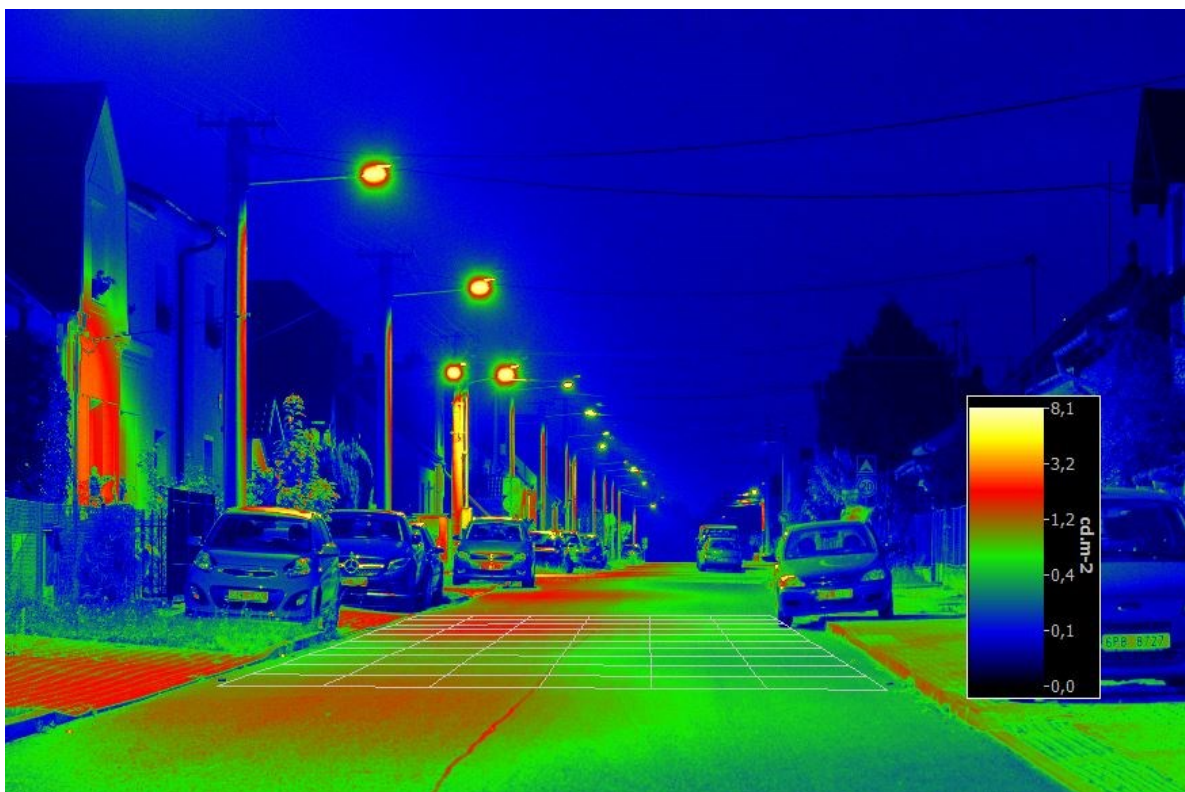
Obr.2 Ukázka omezení rušivého světla použitím vhodné optiky svítidla soustavy VO



Obr.3 Ukázka měření rušivého světla na fasádě, výstup z jasového analyzátozu



Obr.4 Ukázka měření rušivého světla světelné reklamy, výstup z jasového analyzátoru



Obr.5 Ukázka nevhodné optiky svítidla, která způsobuje rušivé osvětlení fasády domu

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 12 464-2 Osvětlení venkovních pracovních prostorů

Nový ekodesign a štítkování světelných zdrojů

Michal Staša, Mgr. Ing., SEVEn, The Energy Efficiency Center, z.ú., michal.stasa@svn.cz, www.svn.cz

Abstrakt: V roce 2021 začíná platit nové nařízení ekodesignu a nové nařízení ke štítkování světelných zdrojů. Příspěvek přináší souhrn informací věnující se nastávajícím změnám. Energetické štítky světelných zdrojů se téměř nemění: změnou je přeškálování na novou stupnici A-G a povinnost registrace výrobků do evropské databáze produktů (EPREL). Nařízení ekodesignu sjednocuje několik předchozích dílčích nařízeních a tím zjednodušuje přehlednost nařízeních. Nařízení pokračuje v důrazu na energetickou účinnost světelných zdrojů. Novinkou je zavedení pojmu výrobek obsahující světelný zdroj (containing product). Příspěvek se také věnuje rozlišení mezi pojmem světelný zdroj a výrobek obsahující světelný zdroj z pohledu nařízeních.

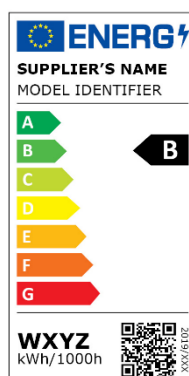
1 Energetický štítek

Požadavek na uvádění energetického štítku je dán nařízením 2019/2015. Nařízení vstoupilo v platnost 1.9.2021.

1.1 Hlavní změny

Největší změny související s novými energetickými štítky pro světelné zdroje jsou:

- nově zahrnuje nařízení také OLED a všechny světelné zdroje spadající dle nové definice do světelných zdrojů (např. LED moduly),
- zrušení energetických štítků pro svítidla (již od 25.12.2019),
- přeškálování energetického štítku ze stupnice A++ až E na A až G,
- povinnost uvádět energetický štítek pro všechny produkty na trhu EU či uvedené do provozu v EU,
- registrace všech světelných zdrojů do evropské databázi EPREL (včetně těch, které nejsou určeny pro klasický maloobchodní prodej),
- rozsah: vztahuje se na všechny světelné zdroje dle definice dle nařízeních.



Obr.1 Podoba nového energetického štítku (od 1.9.2021)

1.2 Výpočet energetické třídy

Výpočet energetické třídy je na základě měrného výkonu světelného zdroje s přihlédnutím k jednotlivým vlastnostem zdroje. Třída A odpovídá 210 lm/W. Běžně dostupné světelné zdroje pro spotřebitele (E27) jsou nejvýše ve třídě C.

1.3 Požadavky a harmonogram změn

1.3.1 Nové světelné zdroje umístěné na trh po 1. září 2021

Od 1.5.2021, kdy je produkt umístěn na trh:

- Dodavatelé musí registrovat svůj produkt v evropské databázi EPREL na základě nových nařízení a musí poskytnout tištěný nový štítek na balení.
- Dodavatelé musí obchodníkům/prodejcům poskytnout související elektronický informační list. Obchodníci/prodejci také mohou požadovat informační list v tištěné podobě.
- Je zavedeno dvouměsíční období před začátkem platnosti nového štítku (1. 7. až 31. 8. 2021), během kterého je možné uvádět na trh světelné zdroje už s novým štítkem, ale tyto zdroje je možné prodávat až od 1. 9. 2021.

Od 1.9.2021:

- Prodejci musí nabízet nové produkty s novým štítkem na balení v obchodech kamenných i internetových.

1.3.2 Světelné zdroje umístěné na trh již před 1. září 2021

Od 1.5.2021:

- Dodavatelé musí zaregistrovat svoje produkty v databázi EPREL na základě nového nařízení včetně nového štítku a souvisejícího informačního listu.

Přechodná doba 18 měsíců od 1.9.2021 do 28.2.2023:

- Produkty, které jsou již na trhu před 1.9.2021, mohou být dále prodávány se starým štítkem.
- Dodavatel, na požádání od prodejců, musí poskytnout samolepky s novým štítkem a související informační listy pro naskladněné produkty.
- Energetické štítky při prodeji na internetu musí být vyměněny do 14 pracovních dnů od 1.9.2021 (do 20.9.2021).

Od 1.3.2023:

- Starý štítek na balení nebo u balení musí být překryt samolepkou stejné velikosti s novým štítkem.
- Musí být poskytnuty nové informační listy.

1.4 EPREL

V evropské databázi EPREL je třeba registrovat každý světelný zdroj, který spadá do definice světelného zdroje v rámci nařízení (včetně těch, které nejsou určeny pro samostatný prodej). Povinnost se týká tedy i všech LED modulů užívaných ve svítidlech, která se neprodávají běžně spotřebitelům.

Prvotní zkušenosti s databází EPREL:

- komplexní,
- mimo veřejně přístupné informace je třeba vyplňovat i informace dostupné pouze pro dohledové orgány trhu),
- připravované hlavně pro světelné zdroje určené koncovým uživatelům (ne profesionálům),
- prvotní problémy s funkčností a překlady do češtiny (postupně odstraňované).

2 Ekodesign světelných zdrojů

Ekodesign je předpisem minimálních účinností a funkčních parametrů pro danou skupinu výrobků. Ekodesign zavazuje již přímo výrobce.

Oproti předchozím nařízením je nyní ekodesign tvořen pouze jediným dokumentem (nařízení 2020/2019). Nařízení vstoupilo v platnost 1.9.2021.

2.1 Požadavky a hlavní změny

Požadavky na ekodesign zahrnují požadavky na účinnost, funkční požadavky, požadavky na vyjmutelnost světelných zdrojů a požadavky na informace.

2.1.1 Požadavky na účinnost světelného zdroje

Požadavek na účinnost světelného je dán vzorcem:

$$P_{onmax} = C \times R \times \left(L + \frac{\Phi_{use}}{F \times \eta} \right)$$

- kde C je korekční činitel typu světelného zdroje (-),
- R je činitel podání barev (-),
- F je korekční činitel měrného výkonu (-),
- L je konečný ztrátový činitel (W),
- η je prahový měrný výkon (lm/W),
- Φ_{use} je užitečný světelný tok světelného zdroje (lm).

L a η jsou udány v tabulce nařízení jako konstanty a neodráží skutečné parametry světelných zdrojů. Φ_{use} je jmenovitá hodnota, kterou udává výrobce světelného zdroje. Ostatní parametry (R, C, F) se určují dle patřičných vzorců a tabulek dle nařízení.

Nařízení jednotlivými činiteli snižuje či zvyšuje minimální účinnost daného světelného zdroje (tedy zvyšuje maximální možný příkon). Nařízení tak zvýhodňuje mírně některé vlastnosti světelných zdrojů, které obvykle snižují celkovou účinnost.

Požadavek na účinnost má velmi podobný dopad jako předchozí nařízení s těmito změnami:

- zákaz uvádění lineárních zářivek T8 na trh EU od 1.9.2023,
- zákaz uvádění kompaktních zářivek s integrovaným předřadníkem na trh EU (užívané často v domácnostech) od 1.9.2021,
- zákaz halogenových žárovek R7s nad 150 W (světelný tok nad 2700 lm) od 1.9.2021 a zákaz všech ostatních halogenových žárovek od 1.9.2023,
- nově minimální požadavky pro OLED a indukční výbojky.

Nové nařízení ekodesignu 2020/2019 nastavuje i minimální účinnosti pro předřadníky.

2.1.2 Funkční požadavky

Nové nařízení ekodesignu předepisuje i několik základních funkčních požadavků:

- index podání barev $R_a \geq 80$ (výjimkou jsou výbojky se světelným tokem větším než 4000 lm a světelné zdroje pro venkovní použití, průmyslové použití a všude tam, kde norma povoluje nižší R_a),
- účinník pro LED a OLED (resp. účinník základní harmonické, označovaný DF):
 - bez limitu $P_{on} \leq 5 \text{ W}$,
 - $DF \geq 0,5$ pro $5 \text{ W} < P_{on} \leq 10 \text{ W}$,
 - $DF \geq 0,7$ pro $10 \text{ W} < P_{on} \leq 25 \text{ W}$,
 - $DF \geq 0,9$ pro $P_{on} \leq 25 \text{ W}$.
- činitel stárnutí (pro LED a OLED): $X_{LMF,MIN} = e^{-\frac{3000 \times \ln(0,7)}{L70}}$, pokud dle vzorce překročí hodnota 0,96, použije se 0,96,
- činitel funkční spolehlivosti (pro LED a OLED) (více viz nařízení),
- konzistentnost barev (LED a OLED): odchylka trichromatických souřadnic v rozmezí šestinásobku barevného rozdílu definovaného MacAdamovou elipsou či menší,
- míhání (LED a OLED): $P_{st}^{LM} \leq 1,0$ při plném zatížení (metrika dle IEC TR 61547-1),
- stroboskopický jev (LED a OLED): od 1. září 2021 $SVM \leq 0,9$ při plném zatížení; od 1. září 2024 $SVM \leq 0,4$ při plném zatížení; (dle IEC TR 63158).

2.1.3 Požadavek na vyjmutelnost

Nařízení implementuje základní prvky cirkulární ekonomiky. Výrobci, dovozci a autorizovaní zástupci musí zajistit, že světelné zdroje a samostatné předřadníky mohou být vyměněny za použití běžných nástrojů a bez trvalého poškození výrobku obsahující světelný zdroj nebo předřadník (containing product). To neplatí, pokud existuje technické odůvodnění spojené s funkcí výrobku obsahující světelný zdroj nebo předřadník a je uvedeno v technické dokumentaci. Výměna je popsána v technické dokumentaci.

2.1.4 Požadavek na informace

Informace zobrazované na světelných zdrojích (mimo barevně laditelné světelné zdroje, zářivky a výbojky):

- světelný tok v lm,
- náhradní teplota chromatičnosti v K,

- úhel poloviční svítivosti ve stupních (pro směrové světelné zdroje).

Informace o světelném zdroji zobrazované na balení (v místě prodeje, samostatný světelný zdroj):

- světelný tok (lm),
- náhradní teplota chromatičnosti (K), zaokrouhleno na 100 K nebo rozsah, který může být nastaven,
- úhel poloviční svítivosti ve stupních (pro směrové světelné zdroje) nebo rozsah, který může být nastaven,
- detaily elektrického připojení: patice, napájení, atd.,
- pro LED a OLED doba života ve formátu L70B10 v hodinách,
- příkon v zapnutém stavu (P_{on}) ve W,
- příkon v pohotovostním režimu (P_{sb}) ve W,
- příkon v pohotovostním režimu při připojení na komunikační síť (P_{net}) ve W,
- index podání barev nebo rozsah, který může být nastaven,
- pokud je $R_a < 80$ a světelný zdroj je pro venkovní použití, průmyslovou aplikaci nebo aplikaci, kde norma dovoluje $R_a < 80$, bude toto označeno, není povinné pro vysokotlaké výbojky se světelným tokem nad 4000 lm,
- označení, pokud je světelný zdroj určen pro jiné podmínky než standardní (např. mimo 25°C),
- varování, pokud nemůže být světelný zdroj stmíván nebo může být stmíván jen se specifickým stmívačem,
- množství rtuti obsažené ve světelném zdroji,
- pokud je světelný zdroj v působnosti Směrnice o odpadních elektrických a elektronických zařízeních, tak bude vyznačeno varování, že nelze vyhodit do směsného odpadu.

Další informace o světelném zdroji jsou uvedeny v informačním listě ke každému světelnému zdroji uvedenému na trh samostatně (ne v rámci výrobku obsahující sv. zdroj/předřadník). Parametry z informačního listu se také zadávají do evropské produktové databáze EPREL. Rozsah uváděných parametrů odpovídá nařízení o štítkování, příloha V.

2.2 Výrobek obsahující světelný zdroj vs. světelný zdroj

Důležitý termín nového nařízení ekodesignu je výrobek obsahující světelný zdroj či předřadný přístroj (v angličtině *containing product*, ve slovenštině *integrovany výrobok*). Jedná se o jakýkoliv produkt, který obsahuje světelný zdroj a/nebo předřadník. V praxi se nejčastěji jedná o svítidlo.

Pro zjištění požadavků nařízení je nutné správné zařazení produktu do pojmu „světelný zdroj“ nebo „výrobek obsahující světelný zdroj“. V rámci změnového nařízení 341/2021 byla vyškrtuta věta „Pokud výrobek obsahující světelný zdroj/předřadný přístroj nelze rozebrat pro ověření světelného zdroje a samostatného předřadného přístroje, musí být celý výrobek obsahující světelný zdroj/předřadný přístroj považován za světelný zdroj.“, ale byla naopak doplněna věta „Výrobky obsahující světelné zdroje, ze kterých tyto světelné zdroje nemohou být pro účely ověření vyjmuty, aniž by došlo k poškození jednoho či více z nich, by měly v rámci posouzení shody a ověření být testovány jako světelné zdroje.“ Výklad nařízení tedy počítá s 4 případy, které mohou nastat při snaze zatřídit produkt:

- Typ 1: Klasický světelný zdroj, příklad: zářivka, výbojka, LED modul. Z pohledu nařízení se jedná o světelný zdroj.
- Typ 2: Produkt, který nelze rozebrat pro ověření bez trvalého poškození. Celý produkt musí splňovat požadavky na světelný zdroj jako typ 1. Příklad: nerozebíratelný nábytek (zrcadlo s osvětlením), zcela nerozebíratelné svítidlo. Z pohledu nařízení se jedná o světelný zdroj.
- Typ 3: Produkt, ve kterém lze světelný zdroj nahradit pomocí běžného nářadí a z kterého lze světelný zdroj vyjmout pro ověření. Obsažené světelné zdroje musí splňovat stejné požadavky jako typ 1. Příklad: obvyklá svítidla (bez technického odůvodnění pro nerozebíratelnost). Z pohledu nařízení se jedná o výrobek obsahující světelný zdroj.
- Typ 4: Produkt, ve kterém nelze světelný zdroj nahradit pomocí běžného nářadí, ale světelný zdroj lze vyjmout pro ověření. Světelný zdroj musí splňovat stejné požadavky jako typ 1. Příklad: svítidla s technickým odůvodněním nenahraditelnosti světelného zdroje. Z pohledu nařízení se jedná o výrobek obsahující světelný zdroj.

Typy 1-4 nejsou součástí nařízení a pouze zjednodušují orientaci v možných reálných případech.

2.3 Dopad na světelnou techniku

V rámci profesionálního použití dochází s novým nařízením k několika podstatným změnám. Zásadní dopady lze shrnout v několika bodech:

- zákaz uvádění lineárních zářivek T8 na trh od 1.9.2023 – rozsáhlý dopad na zářivková svítidla napříč světelnou technikou,
- zákaz všech reflektorových halogenových žárovek od 1.9.2021 – dopad zejména na designová svítidla, další posun k LED,
- zákaz malých halogenových žárovek (např. G9, G4) od 1.9.2023 – dopad zejména na designová svítidla, další posun k LED,
- rozšíření působnosti nařízení ekodesignu na všechny světelné zdroje všech patič – omezení výběru některých výbojek.

3 Výjimky

Nařízení pracuje s komplexním seznamem výjimek, které je vyhotoveno zvlášť pro povinnost štítkování a zvlášť pro povinnosti ekodesignu. Výjimek pro ekodesign je více, takže na některé zdroje se vztahuje povinnost uvádět energetické štítky, ačkoliv jsou velmi neúčinné.

Výjimky jsou především koncipovány tak, aby se nařízení vztahovalo na všeobecné osvětlení. Vyňaty jsou především technologické světelné zdroje, světelné zdroje pro motorová vozidla, letectví, železnici, lodě, vojenské použití a další. Z definice světelného zdroje jsou také vyjmuty monochromatické světelné zdroje, indikační světelné zdroje, lasery, apod.

Literatura a odkazy (styl literatura)

- [1] Nařízení 2015/2019, nařízení o energetickém štítkování
- [2] Nařízení 2020/2019, nařízení o ekodesignu

- [3] Nařízení 2021/340, změnové nařízení o energetickém štítkování
- [4] Nařízení 2021/341, změnové nařízení o ekodesignu
- [5] www.ekodesign-svetlo.cz
- [6] www.label2020.cz
- [7] Manuál o energetickém štítkování pro výrobce, dovozce a prodejce světelných zdrojů a svítidel

Možnosti využití komunikace pomocí světelného toku ve VO

Tomáš Stratil*, Stanislav Hejduk*, Jan Látal*, Lukáš Hájek*, Aleš Vanderka*, Tomáš Novák**

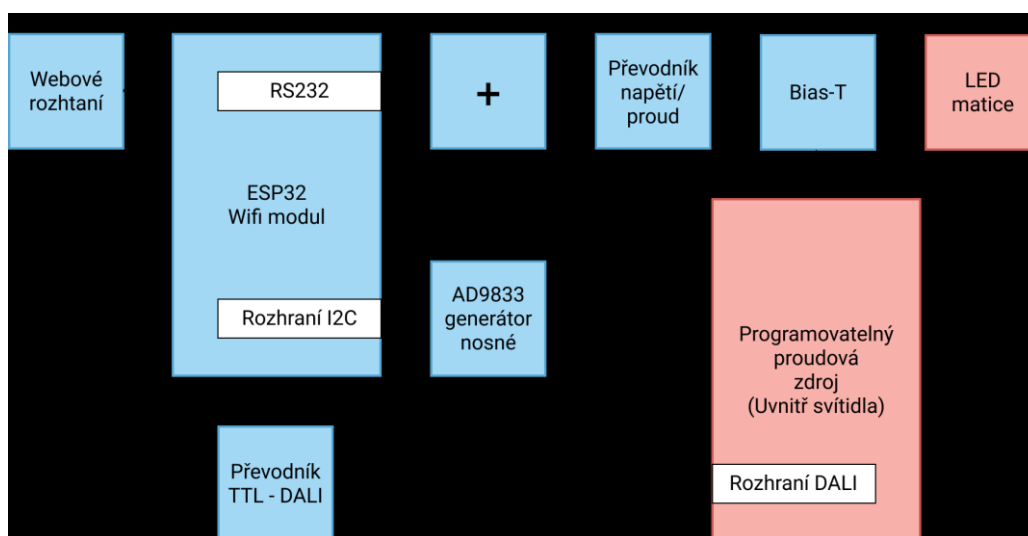
*Fakulta Elektrotechniky a Informatiky, Katedra telekomunikační techniky, VŠB – TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba

** Fakulta Elektrotechniky a Informatiky, Katedra elektroenergetiky, VŠB – TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba

Abstrakt: Článek pojednává o možnostech využití sítě veřejných svítidel i pro komunikační účely nikoliv pouze pro osvětlování. Postupně jsou rozebrány HW i SW možnosti, nastavení nutné k takovéto funkci. V závěru pak autoři poukazují na reálná měření zhotovená v univerzitním kampusu.

1 Úvod

Implementace technologie VLC (Visible Light Communication) do sítě veřejného osvětlení musí být kompatibilní se standardními zdroji proudu již nainstalovanými v síti veřejných osvětleních. Toto pravidlo umožňuje jednoduchou obsluhu a implementaci při zachování funkčnosti integrovaného rozhraní DALI (pro vzdálenou kontrolu svítidla). A samozřejmě, protože komunikace VLC je pouze doplňkovou funkcí, nesmí během možného selhání komunikace VLC dojít k žádnému přerušení osvětlení (hlavní funkce VO). Jednoduché spínání veřejného osvětlení pro zajištění komunikace by způsobilo pozorovatelné změny intenzity osvětlení. V důsledku toho byl zvolen jiný přístup. Datový tok ve standardu sériové komunikace RS232 zůstává beze změny a datový signál se používá k zapnutí nebo vypnutí nosné frekvence. Po těchto úpravách jsme byli schopni použít obvod Bias-Tee mezi zdrojem proudu a LED maticí světla a udržovat mezi nimi přímé propojení pro případ selhání komunikace. Tento modulátor je také možné postavit jako plně nezávislý modul, takže jej lze přizpůsobit různým typům světla.

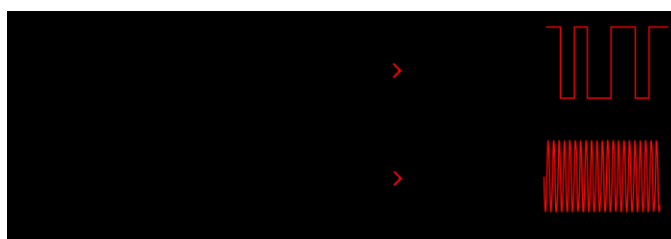


Obr.1 Základní blokové schéma systému pro řízení veřejného osvětlení pomocí WiFi připojení.

Na obrázku 1 je vidět blokové schéma kompletního vysílače zabudovaného do veřejného osvětlení. Červenou barvou jsou označené originální části veřejného osvětlení, zatímco modrou barvou jsou označené části přidávající osvětlení možnost komunikace a ovládání pomocí DALI sběrnice. V návrhu byl využit vlastní převodník pro DALI sběrnici. K tomuto účelu byl využit Arduino modul, který přijímal pomocí I2C sběrnice příkazy, které přeposílal pomocí DALI sběrnice do programovatelného proudového zdroje uvnitř svítidla.

2 Generování dat a nosné frekvence

Pro přenos dat v rámci viditelného světla byl využit komunikační standard RS232. Tento standard pro sériovou komunikaci se běžně používá v mnoha zařízeních, jako jsou mikroprocesory, SoC a jednodeskové počítače, které jsou vhodné pro zabudování do veřejného osvětlení. Toto řešení je otevřeno vývoji s různými chytrými technickými řešeními díky standardnímu komunikačnímu protokolu a jednoduché modulaci dat. Byl použit plně certifikovaný modul Wi-Fi a BT na základě SoC ESP32 (viz obrázek 2). Modul obsahuje 32bitový MCU a 2,4GHz Wi-Fi a BT/Bluetooth LE. Technologie Bluetooth však v tomto případě nebyla použita. SoC ESP32 poskytuje asynchronní komunikaci (RS232 a RS485) a podporu IrDA, komunikující rychlostí až 5 Mbps.



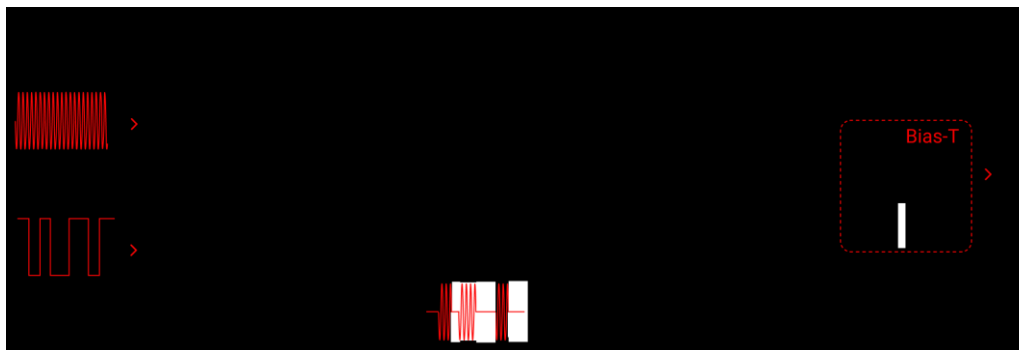
Obr.2 Blokové schéma generátoru dat a nosné frekvence skrze IoT komponenty.

Byl použit programovatelný generátor průběhů založený na AD9833. AD9833 je schopen produkovat sinusové, trojúhelníkové a obdélníkové výstupy až do 12,5 MHz. AD9833 má standardní 3-wire sériové rozhraní, které je kompatibilní se standardy rozhraní SPI, QSPI™, MICROWIRE® a DSP. Ke komunikaci s modulem AD9833 byly použity piny SPI modulu ESP32. Přenesená data, přenosovou rychlost sériové komunikace, frekvenci a typ výstupu z generátoru lze nastavit softwarovým řešením na MCU. Z generátoru AD9833 byl generován sinusoid 1 MHz a byla nastavena přenosová rychlost 115 200 bps pro sériovou komunikaci.

3 Implementace do veřejného osvětlení

První část schématu modulátoru (viz obrázek 3) se skládá z generátoru průběhu nosné frekvence (AD9833) a tranzistoru T1, který je zodpovědný za spínání nosné frekvence podle vstupních dat. Datová logika vstupních dat udržuje úroveň +3,3 V při klidovém stavu a během komunikace přechází k nule (RS232). To znamená, že s aktivním napájením LED matice bez aktivní komunikace (trvalá logická 1) nebude ze svítidla vysílat žádný detekovatelný signál. V případě neaktivního datového vstupu (trvalá logická 0) bude na výstupu přítomna pouze nosná frekvence, což je výhodné při nastavování aktuálního pracovního bodu potenciometrem P1 a případné detekce poruchy. Pro provoz Bias-Tee je vyžadován symetrický signál, takže je vyžadována kapacitní vazba pomocí C1 a C2. Nakonec je nutné výstup upravit na vyšší proudy s výstupními tranzistory T2 a T3. Protože přesnost přenosu tvaru vlny není v tomto případě zrovna důležitá, není nutné udržovat T2 a T3 předem otevřené, takže ztrátový výkon je dostatečně nízký, aby fungoval s cenově dostupným chladičem. Nakonec je tu obvod Bias-

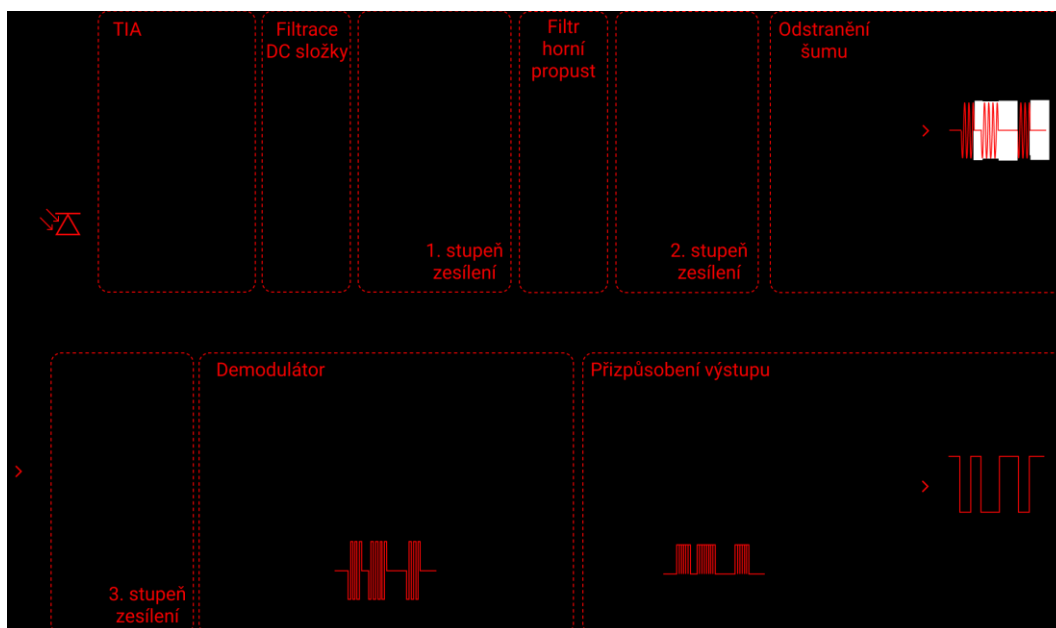
Tee, který umožňuje modulovat matici LED vysokofrekvenčními signály. Stejnoseměrný proud ze zdroje proudu může volně proudit indukčností L1, zatímco kondenzátor C3 zprostředkovává změny proudu způsobené modulačním signálem.



Obr.3 Blokové schéma modulátoru a vysílací části elektroniky.

4 Příjímač signálu a demodulace

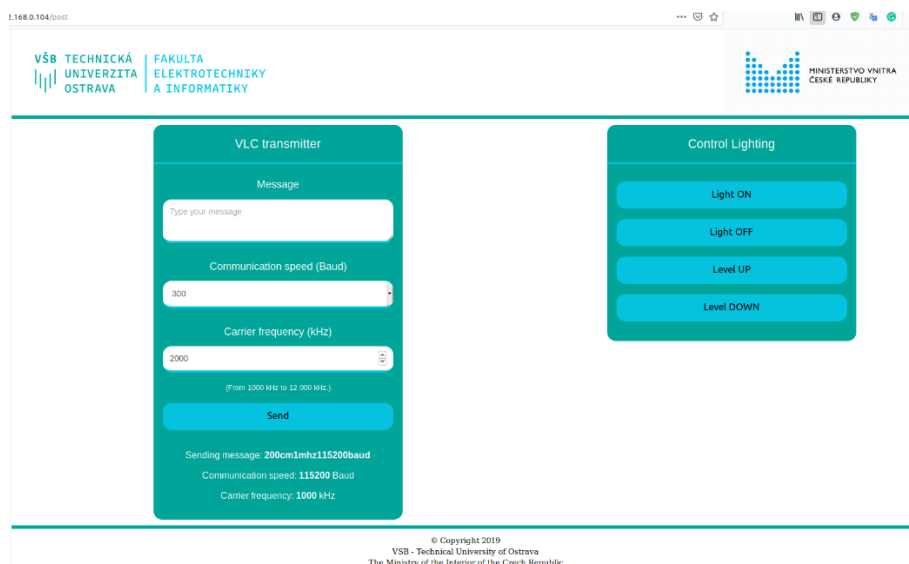
Obvod přijímače je zobrazen na obrázku 4 a je založen na transimpedančním zesilovači ve fotovoltaickém režimu. Výsledkem je, že doba odezvy je o něco pomalejší ve srovnání s fotovodivostním režimem s reverzním napětím připojeným k fotodiodě. Poskytuje ale lepší odezvu v podmínkách nízké intenzity signálu. Dalším krokem je DC filtrace z důvodu omezení dynamického rozsahu způsobeného jinými světelnými zdroji (zejména sluncem). Za prvním zesilovacím stupněm je filtrace (horní propust), která filtruje zbytek nízkofrekvenčního šumu z okolí. Po druhém zesilovacím stupni jsou dvě diody, které slouží jako šumová brána pro signály, které nebyly filtrovány předchozími filtry. Zesilovač třetího stupně poskytuje zesilovací faktor dostatečně velký na to, aby způsobil saturaci signálu. Poté je k dispozici signál vhodný k demodulaci, který se provádí pomocí invertujícího zesilovače IC5 a diod D3 a D4. Pro případy, kdy je výstupní signál stále pod hranicí saturace, je zde poslední stupeň zesilovače (IC6) a nakonec optočlen, který přizpůsobuje signál pro logiku přijímače 3,3V.



Obr.4 Blokové schéma přijímací části elektroniky.

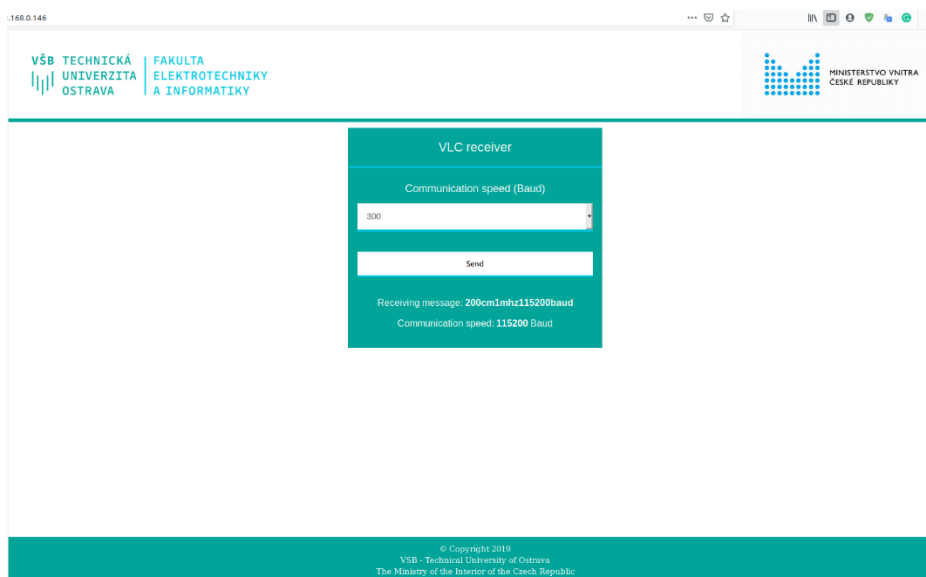
5 Softwarové řízení VO

Pro správnou funkčnost modulátoru a demodulátoru je zapotřebí také software. Wi-Fi modul byl naprogramovaný pomocí jazyka C. Wi-Fi modul se chová jako Wi-Fi přístupový bod, na které se lze za pomoci hesla připojit. Následně je ve Wi-Fi modulu naprogramován webový server, na kterém běží jednoduchá webová stránka, která zajišťuje propojení mezi uživatelem a hardwarem. Na obrázku 5 je vidět ukázka této webové stránky. Zde uživatel je schopen nastavit jakou zprávu chce pomocí viditelného světla odeslat, s jakou bitovou rychlostí a na jaké nosné frekvenci. Dále zde může svítidlo zcela vypnout, zapnout anebo nastavit úroveň intenzity svítidla.



Obr.5 Příklad webového rozhraní pro ovládání svítidla a vysílání zpráv pomocí viditelného světla.

Na přijímací straně byla také naprogramovaná webová stránka viz obrázek 6, která zobrazovala přijatou zprávu. Pro správnou funkci komunikace bylo vždy zapotřebí nastavit stejnou rychlost přenosu dat jak na vysílací, tak i na přijímací straně. Proto i na přijímači byla naprogramována možnost nastavení rychlosti komunikace.



Obr.6 Příklad webového rozhraní pro přijímací část zpráv pomocí viditelného světla.

6 Testování a měření v reálných podmínkách

V laboratoři nezpůsobilo testování komunikace s relativně vysokým výstupním výkonem problém. Vysílací jednotka byla schopna odesílat data až 512 kbit/s a 2 MHz nosné frekvenci, což bylo mnohem vyšší než 115 kbit/s a 1 MHz nosné frekvence, které byly použity při skutečném nasazení viz obrázek 7. Avšak i při správném tvaru přijímaného signálu měla přijímací jednotka problém se spolehlivým zpracováním. Pracovní podmínky byly úspěšně testovány s rychlostmi až 256 kbit/s a 2 MHz nosnou frekvencí. Pro dosažení lepší spolehlivosti a komunikační vzdálenosti bylo zvoleno nastavení 115 kbit/s ve vnějším prostředí. Při nižších frekvencích existuje možnost vyššího zesilovacího faktoru použitého v přijímací jednotce. Po laboratorním testování bylo pouliční osvětlení nasazeno na sloup veřejného osvětlení na univerzitním testovacím polygonu. Komunikace s vysílačem je možná prostřednictvím Wi-Fi připojení integrovaného ve světle. Existuje tedy jednoduchá možnost změnit nastavení dle potřeby. Testování začalo za denního světla a první problém se objevil kvůli saturaci fotodiody. Optický pásmový přechod pro modrou část spektra sliboval v tomto případě lepší výkon, ale také způsobil výrazné zeslabení užitečného signálu. Mnohem lepším řešením bylo omezení pozorovacího úhlu a přidání optické čočky. Na konci byla komunikace plně funkční, když intenzita okolního světla klesla pod 7000 lux, což je mnohem dříve, než skutečný osvětlovací systém zahájí provoz.



Obr.7 Reálné měření v denních, respektive nočních hodinách na výzkumném polygonu BroadbandLIGHT.

Testování probíhalo v různých podmínkách, jako například den, noc, déšť atd. Během testování byla vytvořena měřicí síť s roztečí co 1 metr kolem veřejného osvětlení v rámci výzkumného polygonu BroadbandLIGHT (viz tabulka 1). Při testování jsme byli schopni

mapovat pokrytou oblast pomocí komunikačních možností. Se základním nastavením (jednoduchá fotodioda bez optických prvků a 100 % výstupního výkonu), dosahovala pokrytá oblast signálu přibližně 5x3 metry na povrchu vozovky (kromě rohů). S limitem intenzity světla kolem 21 luxů.

100% Intenzity (no-dimming) [lux] (zelená=dostačující signál, červená=nedostačující signál - bez komunikace)											
+4 m	8	10	10	12	12	11	11	10	9	8	6
+3 m	15	18	21	25	26	24	24	25	21	17	12
+2 m	20	25	29	33	30	29	27	29	22	18	15
+1 m	22	26	30	32	35	37	38	37	29	23	19
0 m	24	28	36	40	37	38	40	40	31	25	21
	-5 m	-4 m	-3 m	-2 m	-1 m	0 m	+1 m	+2 m	+3 m	+4 m	+5 m
						Svítilno veřejného osvětlení					

Tab.1 Naměřené hodnoty intenzity osvětlení v různých vzdálenostech od VO.

S funkcí stmívání nastavenou na 50 % intenzity světla klesla krytá plocha na 4x2 metry. Intenzita světla v pokryté oblasti však klesla pod 21 luxů na přibližně 15 luxů bez jakékoli aktualizace přijímače. To bylo způsobeno „hloubkou modulace“, protože zde nebyl využit veškerý možný výkon. Hlavně kvůli udržení funkce stmívání v provozu. To znamená, že intenzita světla může klesnout, ale pokrytá oblast není výrazně omezena. Poslední testy byly provedeny s malou optickou čočkou umístěnou před fotodiodou. se světlem zaostřeným do středu fotodiody klesl limit intenzity světla v pokryté oblasti téměř na 7lux. Takže kromě jednoho bodu v měřené síti byla najednou komunikace možná v celé měřené oblasti.

7 Závěr

Touto prací jsme dokázali za využití veřejného osvětlení přenášet data až rychlostí 512kbit/s pomocí světelného toku. Vytvořili jsme jednoduchý univerzální modulátor, který je jednoduše implementovaný do svítidla veřejného osvětlení a poskytuje jak jeho řízení, tak i vysílání dat. Vymysleli, implementovali a otestovali jsme sofistikované řešení přenosu sériové komunikace popsané ve standardu RS232, pomocí viditelného záření. Ukázali jsme možnosti využití stávajícího veřejného osvětlení pro přenos dat směrem k účastníkům provozu.

8 Poděkování

Tento článek vznikl za podpory projektů SP2021/107, SP2021/45, CZ.1.07/2.3.00/20.0217, VI20172019071.

Literatura a odkazy

[1] KRISHNA BEHARA, Gopala a Raju MYADAM. The Benefits of Open Source Architecture for IoT. Opensourceforu. New Delhi 110020: opensourceforu, 2018, October 2, 2018

- [2] IoT Standards and Protocols. Postscapes [online]. Postscapes, 2019, Dostupné z: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-protocols/>
- [3] Arduino Nano. Arduino [online]. Arduino, 2019,. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>
- [4] Espressif Inc. ESP8266 Version 1.4 Copyright © 2019. Dostupné z: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf
- [5] Espressif Inc. ESP32 Version 4.0 Copyright © 2018. Dostupné z: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
- [6] SIMCom Wireless Solutions Co., Ltd. SIM800L Version 1.0 Copyright © 2013. Dostupné z: https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf
- [7] Raspberry Pi (Trading) Ltd. Raspberry Pi Compute Module 3+ Version 1.0 Copyright © 2019. Dostupné z: https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/datasheets/rpi_DATA_CM3plus_1p0.pdf
- [8] DeviceHive Microservices Architecture, 2019. DeviceHive. Dostupné z: <https://docs.devicehive.com/docs/devicehive-architecture>
- [9] ThingsBoard Architecture, 2019. ThingsBoard. Dostupné z: <https://thingsboard.io/docs/reference/architecture/>
- [10] Kaaiot dokumentace, 2019 [online]. Kaaiot Dostupné z: <https://docs.kaaiot.io/KAA/docs/current/Welcome/>
- [11] SiteWhere CE 2.1.0 Documentation, 2019 [online]. SiteWhere. Dostupné z: <https://sitewhere.io/docs/2.1.0/>
- [12] Thinger.io Documentation, 2019 [online]. SiteWhere. Dostupné z: <https://docs.thinger.io/>

Nová ČSN EN 17037 polopatě

Pavel Stupka, Ing., ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem, Plzeň - Oddělení faktorů prostředí

Abstrakt: Tento příspěvek slouží především jako stručná, heslovitá pozvánka na přednášku.

1 stručné okénko do historie normování DO v ČR

- ČSN 360035 - Denní osvětlení budov (1968)
- ČSN 730580 - Denní osvětlení budov (1987)
- ČSN 730580-1 - Denní osvětlení budov. Část 1 - Základní požadavky (1987 aktuálně Z3 z 8/2019)
- ČSN 730580-2 - Denní osvětlení budov. Část 2 - Denní osvětlení obytných budov (1992 aktuálně Z1 z 8/2019)
- ČSN 730580-3 - Denní osvětlení budov. Část 3 - Denní osvětlení škol (1994 aktuálně Z3 z 8/2019)
- ČSN 730580-4 - Denní osvětlení budov. Část 4 - Denní osvětlení průmyslových budov (1994 - aktuálně Z3 z 8/2019)

2 nástup evropské normy

- EN 17037 - Daylight in buildings (12/2018)
- ČSN EN 17037 - Denní osvětlení budov (5/2019) EN
- ČSN EN 17037 - Denní osvětlení budov (8/2019) CZ
- po vydání odstraněny konfliktní části ve stávajících normách (vydáním změn)
- ČSN 730580-1, 2, 3, 4
- ČSN 734301
- ČSN 360020
- ČSN 30011-1, 2

3 stručně o normě ČSN EN 17037

- akcentuje spíše energetické úspory, než zdravotní hlediska
- vychází z charakteristik denního světla v průběhu roku
- uvádí cílové a minimální cílové osvětlenosti v luxech
- činitel denní osvětlenosti je pojímán odlišně
- výpočetní body se umisťují 0,5 metru od stěn
- pracuje s pojmem medián (\neq průměr)

- zavádí medián vodorovné osvětlenosti pro jednotlivé členské státy (Praha 14 900 lx, resp. 17 400 lx)
- odkazuje se na ČSN EN 12464-1 (požadavky na osvětlení)
- zavádí kritéria pro výhled a metody jejich ověřování
- zavádí kritéria ochrany před oslněním a metody jejich ověřování
- zavádí požadavek na proslunění v MŠ

4 závěr a pozvání na přednášku

Přednáška je určena pro pracovníky hygienické služby, kteří se osvětlením zabývají jen okrajově a při listování téměř šedesátistránkovým dokumentem propadali panice. Na ně je příspěvek orientován a je pojat tak, aby velmi zjednodušeně umožnil pochopit filosofii evropské normy.

Budou vysvětleny pojmy cílová a minimální cílová osvětlenost. Pro ukázkovou učebnu bude názorně předveden rozdíl mezi hodnocením podle starých norem a normy nové.

Návrh metodiky vyhodnocování kolísání světelného toku potkávacích svítlen během vibračních testů s využitím metod zpracování obrazu

Ing. Radek Svoboda, Ing. Petr Prokop, prof. Ing. Jan Platoš, Ph.D., VŠB – TUO, radek.svoboda@vsb.cz, katedrainformatiky.cz

Abstrakt: Pro ověření kvality světlometů se provádí série testů ověřující funkční a konstrukční kvalitu světlometů. Jedním z testů využívaných ve společnosti Hella je ověření míry rozkmitu svitu světlometu v závislosti na vibracích. Tento příspěvek se soustředí na aktualizaci stávajícího testovacího procesu a navržení nového procesu využívajícího moderní technologie. Výstupem je aktualizovaná metodika pro neinvazivní testování světlometů pomocí vysokorychlostní kamery, která byla otestována v rámci navrženého proof-of-concept softwarového řešení.

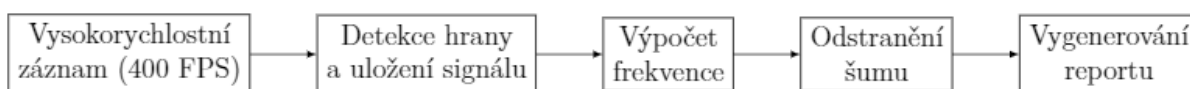
1 Úvod do problematiky

Stávající testovací pracoviště se skládá z vibrační plošiny umožňující uchycení světlometu k plošině, průmyslové kamery pro záznam svitu světlometu, plátno a počítače s programy pro ovládání vibrační plošiny a zpracování záznamu z kamery. Vibrační plošina je ovládána signálem určujícím aktuální frekvenci vibrací z programu. Testy se obvykle provádí s lineárně rostoucí a následně klesající frekvencí v rozsahu 5–60 Hz. Pro záznam je v aktuálním prostředí využita průmyslová kamera IDS se snímkovací frekvencí 25 FPS. Vzhledem k nižší snímkovací frekvenci kamery, než je maximální využívaná frekvence vibrační plošiny byla snímací kamera identifikována jako slabé místo procesu stávajícího testování způsobující možné zkreslení při měření maximálního rozkmitu světlometu v závislostech na otřesech simulovaných vibrační plošinou.

2 Návrh systému pro vyhodnocení rozkmitu světlometu vysokorychlostní kamerou

Vzhledem ke stávajícímu prostředí a parametrům prováděného testu s rozsahem měřených vibrací 5–60 Hz, kde dle zkušenosti dochází k vyšším rozkmitům světlometu okolo frekvence 40 Hz, bylo nutné určit nutnou vzorkovací frekvenci pro nastavení požadavku na snímání vysokorychlostní kamerou. Dle Nyquist–Shannon vzorkovacího teorému je nutné zajistit minimálně dvojnásobnou frekvenci pro odstranění aliasingu měřeného signálu. U našeho problému jsme se rozhodli pro využití více vzorků, než je požadované minimum Nyquist–Shannon teorémem, vycházeli jsme z předpokladu nejhorší rozkmitu v oblasti frekvence 40 Hz a zachycení alespoň 10 záznamů při této frekvenci, tudíž jsme od kamerového záznamu vyžadovali alespoň 400 FPS. Takto nastavený vzorkovací parametr je dostačující i pro maximální frekvenci vibrací 60 Hz.

Námi navržená metoda extrahuje signál z video sekvence vysokofrekvenční kamery v reálném čase, signál je zaznamenáván a po ukončení testovacího cyklu je provedena detekce frekvence, odstranění šumu a zpracováním signálu jsou určeny reportované míry rozkmitu světlometu pro testovací běh. Celý proces je znázorněn blokovým schématem na Obr.1 s tím, že tento příspěvek se věnuje především zpracování obrazu, tedy prvním dvěma fázím.

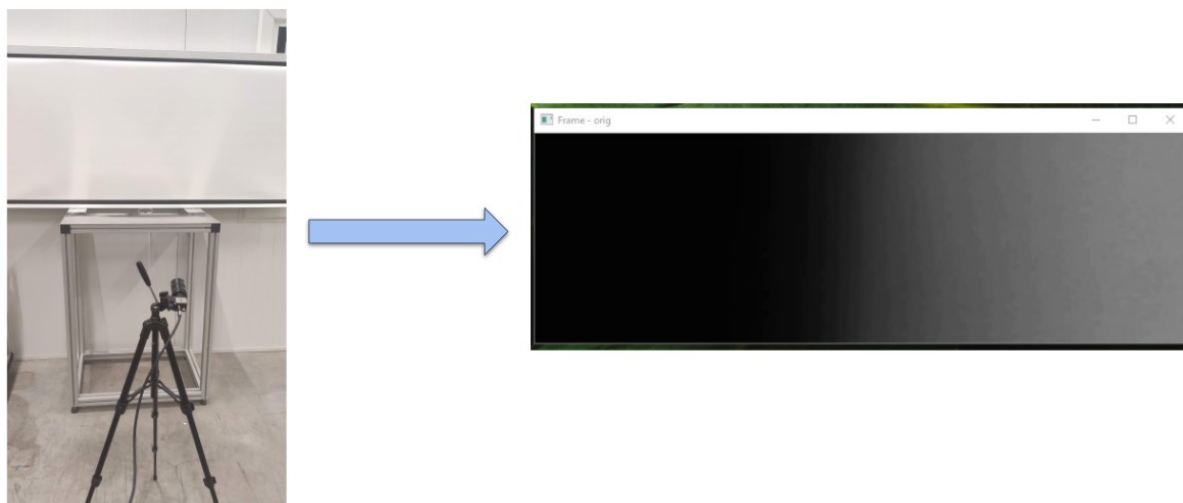


Obr.1 Schéma znázorňující kroky navrženého systému

2.1 Popis použitých HW komponent

Stávající systém testování rozkmitu při vibracích je nutné rozšířit o kameru umožňující snímání obrazu ve vyšší frekvenci (alespoň 400 FPS). Pro testovací a ověřovací účely jsme používali konkrétně kameru IDS UI-3130CP s objektivem OPTO EN5MP1216. Kamera byla nastavena pro snímání obrazu s rozlišením 100x800 pixelů při snímkovací frekvenci 400 snímků za vteřinu. Důležitým parametrem kamery je nastavená expoziční doba ovlivňující množství světla zachyceného během jednoho snímku, při nižší expoziční době jsou snímky tmavší a při vyšší naopak. Během testovacího procesu se pracovalo s hodnotou parametru expoziční doby 2.328 ms a hodnotou *pixel/Clock* kamery na hodnotu 160 MHz.

Sestava byla v rámci experimentů připojena k notebooku Dell XPS 13 9380 (Intel Core i7-8565U, 16 GB RAM, Windows 10 Pro build 21H1). Záznamy z testovacích měření byly pořizovány na externí SSD Samsung T7 2TB připojený skrze USB-C. Dodaný prototyp ovšem již pracuje se zpracováním signálu v reálném čase a ukládá pouze soubor s výsledným signálem s velikostí v řádech jednotkách MB.



Obr.2 Ilustrativní snímek měřicí sestavy v laboratoři spolu s poskytovaným výstupem z kamery

2.2 Technické a výkonostní limity systému

Jak bylo zmíněno výše, parametr FPS byl určen vzhledem k dodržení vzorkovací frekvence. Při potřebě snímat z kamery 400 snímků za vteřinu nám vychází nutnost zpracovat signál v době maximálně 2.5 ms. Při překročení tohoto času při zpracování by docházelo k přeskočení některých snímků a de facto snížení vzorkovací frekvence.

V našich testovacích podmínkách byl ověřen čas potřebný pro zpracování a monitorován počet nezaznamenaných snímků. Při snímání s parametrem 400 FPS byla ztráta snímků přibližně 0.5 %, což u 5minutového měření představuje přeskočení 600 snímků z celkového počtu 120

000. Vyšší parametry FPS jsou možné, nebyly ovšem testovány pro procentuální vyjádření přeskocených snímků, které vzhledem k nižšímu požadovanému času pro zpracování obrazu bude narůstat. Pro stabilnější snímání s vyšším FPS by bylo nutné dále omezit rozlišení. Je potřeba ovšem počítat i s nutností zajistit odpovídající světelné podmínky, protože s rostoucím FPS klesá maximální možná expoziční doba, tudíž může dojít ke stavu, kdy budou snímky příliš tmavé pro zpracování.

3 Zpracování dat

V této kapitole bude popsán celý proces zpracování dat, od kalibrace pro provedení co nejpřesnějšího měření až po detekování hranice mezi světlem a tmou v jednotlivých snímcích [1]. Výsledkem této fáze je extrahovaný signál vzniklý na základě detekovaných hranic světleného toku.

3.1 Kalibrace kamery

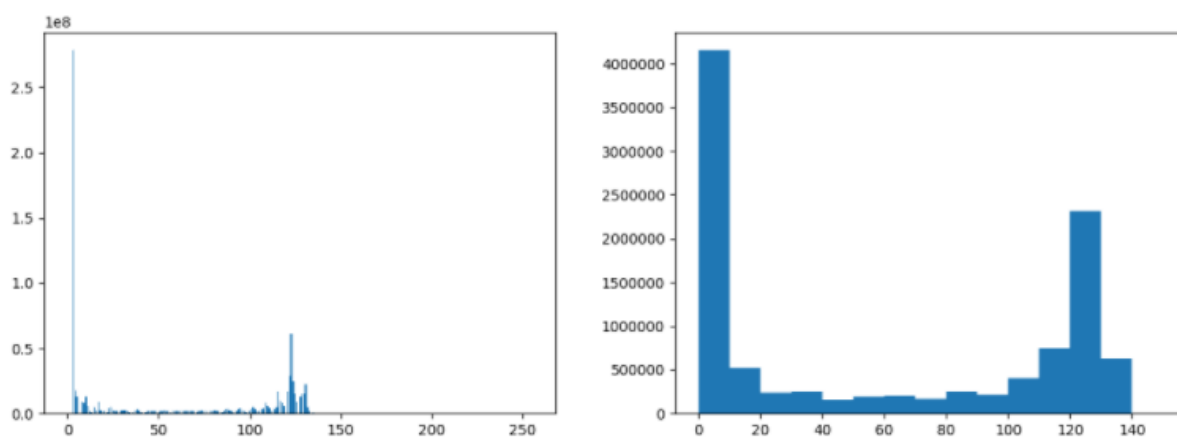
Kalibrace kamery se dá rozdělit do dvou fází:

- Kalibrace prahové hodnoty,
- Kalibrace měřítka.

Prahová hodnota ovlivňuje, jaká úroveň jasu v obrazu se bere jako dopadající světlo a jaká je ještě považována za tmou. Jas jednotlivých pixelů se pohybuje v rozmezí 0–255 s tím, že při nulové hodnotě je pixel úplně černý, při hodnotě 255 je bílý. Prahovou hodnotu je nutné nastavit manuálně dle světelných podmínek, na Obr.3 vidíme, jak pozici hranice ovlivňují různé hraniční hodnoty, na Obr.4 pak vidíme četnosti jednotlivých stupňů šedi ve vybraném snímku, tyto četnosti jsou spíše ilustrativní, nicméně distribuce hodnot je ve všech snímcích velmi podobná. Obecně lze říct, že nižší prahové hodnoty fungují lépe, hranice je méně zašumělá. Platí, že při různých hodnotách se liší absolutní pozice hranice, ale na relativní pozici nemá hranice vliv, tudíž by hranice měla být nastavena přibližně v pozici, kde lze vizuálně odlišit světlou a tmavou oblast původního snímku [5].

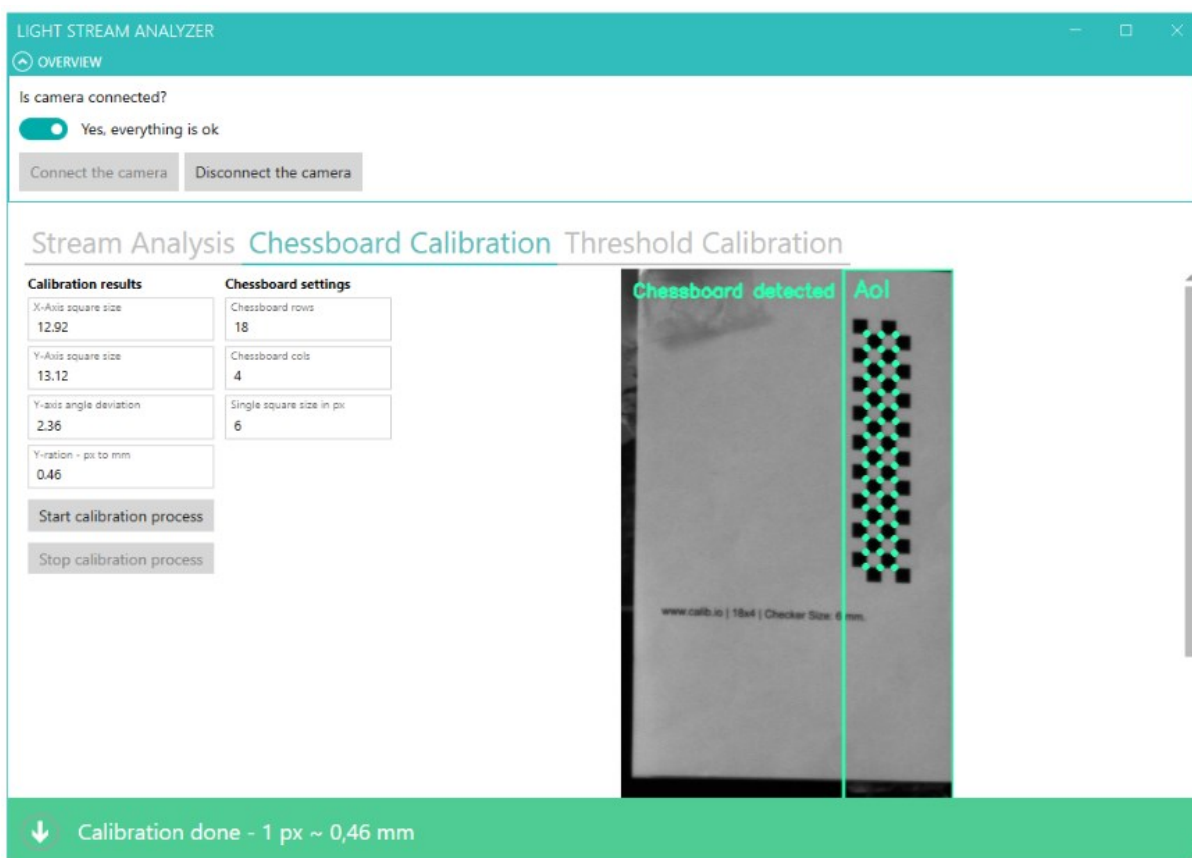


Obr.3 Ukázka obrazu s různými prahovými hodnotami



Obr.4 Histogram znázorňující četnosti jednotlivých stupňů šedi ve snímku

Pro kalibraci měřítka se využívá šachovnice [2]. Pomocí ní lze vypočítat zkreslení snímání v různých směrech a výsledné měřítko pro přepočítání z pixelů na milimetry. Pro veškeré výpočty se používají detekované rohy vnitřních čtverců na šachovnici, jako vidíme na Obr.5



Obr.5 Obrazovka pro kalibraci měřítka v GUI navrženého prototypu

Pro výpočet se využívá matice rohových bodů:

$$M_{m,n} = \begin{bmatrix} p_{1,1} & \cdots & p_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m,1} & \cdots & p_{m,n} \end{bmatrix}$$

Jednotlivé body jsou popsány dvojicí souřadnic:

$$p_{i,j} = (x, y)$$

Následně je možné vypočítat průměrnou délku strany čtverce v ose X a Y:

$$AVG_x = \frac{1}{m \cdot (n - 1)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n-1} |p_{(i,j)_x} - p_{(i,j+1)_x}|$$

$$AVG_y = \frac{1}{n \cdot (m - 1)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=1}^n |p_{(i,j)_y} - p_{(i+1,j)_y}|$$

V ideálním případě nedochází k žádnému zkreslení a platí tedy, že:

$$AVG_x = AVG_y$$

$$MAE_x = \frac{1}{m \cdot (n - 1)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n-1} (|p_{(i,j)_x} - p_{(i,j+1)_x}| - AVG_x) = 0$$

$$MAE_y = \frac{1}{n \cdot (m - 1)} \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=1}^n (|p_{(i,j)_y} - p_{(i+1,j)_y}| - AVG_y) = 0$$

Ideální vodorovné vychýlení je nulové a je vypočteno jako:

$$\Delta_v = \frac{180}{\pi} \arctan \frac{|p_y - q_y|}{|p_x - q_x|}; p = M_{1,1}, q = M_{1,n-1}$$

Měřítka pro přepočítání pixelů na milimetry je následně možné vypočítat dle vzorce níže, PixelSizeOfChessboardSquare je velikost jednoho čtverce šachovnice v pixelech, hodnota záleží na použité šabloně:

$$ratio = \frac{\text{PixelSizeOfChessboardSquare}}{AVG_y}$$

3.2 Zpracování obrazu

Cílem fáze zpracování obrazu je transformovat snímky z kamery na signál, který je možné následně analyzovat z pohledu frekvencí a amplitud [5].

Tato transformace má dvě fáze, a to:

- Binarizace obrazu,
- Detekce hranice světelného toku

Ve fázi binarizace se využívá již zmíněná prahová hodnota, která je určena na základě kalibrace. Vstupem binarizačního procesu je pořízený snímek ve formě matice $F = [f_{i,j}] \in \{0,1\}^{800 \times 100}$.

Výsledkem procesu je binarizovaná matice:

$$B = [\text{binarize}(M_{ij}, \text{threshold})] \in \{0,1\}^{800 \times 100}$$

$$\text{binarize}(x, t) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq t \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Po binarizaci je již možné z matice B určit hranici světelného toku. Hranice h_i se určuje pro každý sloupec matice zvlášť a následně se vypočte průměr hodnot, který se bere jako výsledná hranice h_f :

$$\text{argFirstOne}(\vec{x}) = \begin{cases} i & \text{if } i \leq |\vec{x}| \wedge x_i = 1 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\vec{h} = \text{argFirstOne}(B_{*,i}); \vec{h} \in \mathbb{N}_+^{100}$$

$$h_f = \left\lfloor \frac{1}{|\vec{h}|} \sum_{i=1}^{|\vec{h}|} h_i \right\rfloor$$

Po určení hranice v každém pořízeném snímku je této hodnotě přiřazena časová značka, která odpovídá času pořízení snímku a tímto je extrakce signálu kompletní. Po zpracování všech snímků z video sekvence dostaneme kompletní signál \vec{s} .

4 Shrnutí

Cílem bylo navrhnout řešení, které eliminuje zmíněná úskalí stávajícího řešení, která jsou zmíněna v úvodu příspěvku. Pro tento účel byla využita kamera od firmy IDS, která umožňuje snímat obraz s řádově vyššími hodnotami FPS. Pro účel měření byla zvolena hodnota 400 FPS, což odpovídá více než šestinásobku maximální frekvence vibrací vibrační plošiny. Při frekvenci 60 Hz trvá jedna perioda 16,67 ms, zatímco interval mezi snímky je 2,5 ms, tudíž je tímto způsobem z každé periody pořízeno circa 6 vzorků. Při vzorkovací frekvenci 25 FPS je interval mezi snímky 40 ms, což je více než 2x delší časový interval ve srovnání s délkou periody vibrací s frekvencí 60 Hz, tudíž stávající řešení neumožňuje detekovat frekvenci vibrací na základě obrazových dat, zatímco nové řešení ano a žádné propojení s vibrační plošinou tedy není zapotřebí. Navržené řešení umožňuje v reálném čase extrahovat signál z nasnímaných obrazových dat, který může být následně dále analyzován z pohledu frekvence a amplitudy ve zvolených časových oknech. Prototyp vytvořený na platformě .NET [3] byl testován jak v laboratořích VŠB, kde proběhly i testy zpracování obrazu s různými hodnotami PWM světlometů, tak v laboratořích Hella, kde bylo provedeno několik komparativních měření a ověření správnosti výstupů.

Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu SGS, VŠB – TUO, Česká republika, grant číslo SP2021/24 “ Paralelní zpracování velkých dat VIII”.

Literatura a odkazy

- [1] CHAKI, Nabendu. Exploring Image Binarization Techniques. 2014th edition. Springer, 2014. ISBN 978-8132219064.
- [2] HOWSE, Joseph. Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3: Get to grips with tools, techniques, and algorithms for computer vision and machine learning. 3rd edition. Packt Publishing, 2020.
- [3] YUEN, Sheridan. Mastering Windows Presentation Foundation: Build responsive UIs for desktop applications with WPF. 2nd Edition. Packt Publishing, 2020. ISBN 978-1838643416.
- [4] KOVALEVSKY, Vladimir. Modern Algorithms for Image Processing: Computer Imagery by Example Using C#. Apress. ISBN 978-1484242360.
- [5] GONZALEZ, Rafael. Digital Image Processing. 4th Edition. Pearson, 2017. ISBN 978-0133356724.

Nový formát pro popis svítidel

Jan Škoda, Ing., Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, skoda@vut.cz

Petr Baxant, doc., Ing., Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, baxant@vut.cz

Martin Motyčka, Ing., Ph.D. Vysoké učení technické v Brně, motyckam@vut.cz

Článek přináší jednu z prvních informací o chystaném novém datovém formátu pro popis svítidel. Dosavadní situace na poli datových formátů, užívaných pro výměnu dat popisující fotometrické vlastnosti svítidel je do jisté míry nekonzistentní, neboť jsou k tomuto účelu používány prakticky dva formáty (IES a EULUMDAT), které neumožňují vykrýt současné požadavky na požadované informace např. týkající se světelného spektra, 3D popisu tvaru apod. Proto se začal vyvíjet nový formát (GLDF – Global Lighting Data Format), který by měl dosavadní nedostatky zmíněných souborů odstranit.

1 Úvod

Potřeba sdílet fotometrické data svítidel pomocí elektronických souborů sahá k počátku zavádění počítačů k výpočtům osvětlení. K tomu aby bylo možné přenášet informace o fotometrických parametrech svítidel mezi laboratoří, výrobcem, distributorem a projektantem bylo třeba vytvořit jednotnou strukturu datového souborového systému, který by byl čitelný pro všechny zúčastněné strany. Prakticky dodnes používané datové formáty jsou uživatelem čitelné v textovém editoru, neboť data publikovaná v těchto souborech mají buď jednoznačně definované popisky dat přímo v souboru, nebo jsou data ukládána přímo na konkrétní řádky reprezentující příslušný parametr. Pro popis distribuce světelného toku svítidlem je užívána svítivost, což je vektorová veličina definovaná pro bodový charakter světelného zdroje resp. svítidla. Tato skutečnost vede k tomu, že aby bylo možné popsat parametry svítidla pomocí svítivosti, musí nutně dojít k transformaci fyzikálně rozměrných svítidel do bodu. V praxi se považuje svítidlo za bodové, je-li fotometrická vzdálenost, ze které je svítidlo pozorováno resp. měřeno, 5x delší než je nejdelší rozměr aktivní světelné plochy; dá se dokázat, že v takovém případě se dopustíme odchylky nepřekračující 1 %, což je ve světelné technice hodnota zcela dostačující. Tato transformace spolu samozřejmě nese určitá omezení, se kterými je nutno počítat, např. pokud rozměrné svítidlo umístíme do vzdálenosti, která je výrazně kratší než onen zmiňovaný pětinasobek. Tato situace je však při výpočtu řešitelná, kdy se např. použije virtuální dělení svítidla na menší plochy při úměrném zmenšení svítivosti a počítá se tak s více virtuálními svítidly. Díky více uvedenému zjednodušení je tak možné pomocí svítivosti popsat svítidlo, jejíž hodnoty lze zapsat do souboru s poměrně malou velikostí. Mimo svítivosti, je také vhodné uvádět další fotometrické parametry jako je index podání barev, náhradní teplota chromatičnosti apod. Bohužel některé z dosud používaných formátů (IES) tuto možnost nemají, avšak naopak disponují jinými parametry (např. informacemi o předřadníku), které není možné zapsat do jiného formátu (EULUMDAT). Tyto a další nekonzistence vedly až do stavu, kdy se na poli mezinárodní komise pro osvětlování CIE, začal vyvíjet nový souborový systém (CEN), jenž měl být univerzálním souborovým systémem. Bohužel se v praxi neujal, neboť díky historické zastaralosti obsahuje i tento systém řadu nedokonalostí. Tato skutečnost vygradovala do podoby, že si různí výrobci výpočetních programů např. Relux Informatik AG, DIAL GmbH, ASTRA MS Software s.r.o. a další, začali vytvářet vlastní databáze informací, ve kterých chybějící data ukládala a ty pak nabízela a nabízí v rámci svých výpočetních nástrojů. Se začátkem zavádění standardu BIM (Building Information Modeling - Informační model

budovy) do výpočetních programů, jež si klade za cíl umožnit efektivně propojit procesy a nástroje pro modelování budov, si situace začala vyžadovat úpravu dosavadního stavu na poli výměny a sdílení fotometrických údajů svítidel. Letošního roku (2021) představili dva největší výrobci výpočetních a simulačních softwarů pro osvětlení Relux a Dial společnou práci na novém souborovém formátu GLDF, jež by měl být zdarma dostupným otevřeným formátem pro výměnu informací o svítidlech, odstraňující nedokonalosti dosud používaných souborových formátů a zároveň doplnit tento nový formát o chybějící informace, tak aby reflektoval současné požadavky na poli simulací osvětlovacích soustav.

2 Stručný popis dosud používaných formátů

Poměrně přehledný popis dosud používaných souborových formátů je popsán v článku [1], který je možné doporučit čtenáři, jež si chce rozšířit povědomí o této problematice. Ve stručnosti se dají informace s tohoto článku shrnout do následující podoby.

2.1 IES formát (*.ies)

Tento souborový formát je patrně nejstarším formátem pro výměnu fotometrických dat svítidel a jeho počátek sahá do roku 1986. Společnost pro světelné techniky Severní Ameriky (IESNA) publikovala doporučení IES LM-63-1986: IES Recommended Standard File for Electronic Transfer of Photopic Data, ve kterém definovala strukturu souboru, který se následně začal používat pro definovaný záměr. V průběhu času se toto doporučení stalo standardem, avšak jej bylo nutné s ohledem na tehdejší aktuální vývoj několikrát modifikovat. Asi nejpoužívanější verzí je ta z roku 2002 (IES LM-63-2002) navzdory tomu, že od té doby vyšlo už několik aktualizací. Co se týká vlastní struktury, tak se jedná o částečně explicitně strukturovaný textový soubor, v němž každý řádek reprezentuje jeden záznam, přičemž k identifikaci některých dat se používají klíčová slova uzavřená do hranatých závorek. Některá data jsou vyjádřena implicitně svojí pozicí (definovaný konkrétní řádek). Specifikem zápisu pomocí klíčových slov je, že není nutné použít všechny atributy. Výhody a nevýhody tohoto souborového systému lze dovodit z Tab. 1 viz níže.

2.2 EULUMDAT formát (*.ldt, *.elx, *.eul)

Tento souborový formát byl vytvořen Axelem Stockmarem v roce 1990, jako snaha vytvořit určitý snadno přenositelný standard pro záznam fotometrických dat. Jeho definice není ukotvena v žádné normě a jeho struktura byla poprvé publikována v konferenčním článku [2]. Popis struktury včetně rozšíření na verzi EULUMDAT2 byla uveřejněna na adrese <http://www.helios32.com/Eulumdat.htm>, která je v současné době nedostupná a čtenáři nezbyvá než informace z této stránky dohledat na jiných webech nebo v [3]. Poslední aktualizace struktury tohoto souborového formátu je ze srpna 2009, kdy byl tento formát doplněn o absolutní fotometrii [5]. I přes to, že tento formát není nikde normativně deklarován, stal se velmi oblíben zejména v Evropě. Jedná se o jednoduchý textový soubor, editovatelný v běžném textovém editoru. Formát EULUMDAT na rozdíl od IES nevyužívá k identifikaci dat klíčová slova, ale definuje konkrétní řádky, na které jsou ukládána konkrétní data. Velkou výhodou tohoto formátu je možnost pracovat více sadami světelných zdrojů a jako jediný dokáže zaznamenat informaci o indexu podání barev a náhradní teplotě chromatičnosti.

2.3 CIBSE-TM14 (*.tm4, *.cib)

S tímto formátem se lze prakticky setkat jen ve Velké Británii u nás prakticky nikdy. Jeho definice je popsána v [4].

2.4 CIE CEN (*.cen)

V roce 1993 mezinárodní komise pro osvětlování přišla s vlastní souborovým systémem CEN, jež popsala v publikaci CIE102:1993 a jež se podařilo implementovat i do české potažmo evropské normy ČSN EN 13032-1:2004. Podobně jako u výše uvedených formátů je i tento textový a požívá explicitně definované atributy jednotlivých dat. Nicméně se tento formát neujal a prakticky jediné používané formáty zůstaly IES a EULUMDAT. Srovnání jednotlivých atributů mezi jednotlivými formáty je vyobrazen v Tab. 1.

Tab.1 Srovnání atributů jednotlivých formátů [1]

Atribut	Eulumdat	CEN	IES
Typ světelného zdroje	ANO	ANO	ANO
Informace o předřadníku	NE	ANO	Částečně
Více sad zdrojů	ANO	NE	NE
Barevné podání zdrojů	ANO	NE	NE
Teplota chromatičnosti zdrojů	ANO	NE	NE
Činný příkon [W]	ANO	ANO	ANO
Zdánlivý příkon [VA]	NE	ANO	NE
Napětí [V]	NE	ANO	NE
Frekvence [Hz]	NE	ANO	NE
Jmenovitý světelný tok zdrojů	ANO	NE	ANO
Skutečný světelný tok zdrojů	NE	ANO	NE
Přídavný násobitel intenzit	ANO	ANO	ANO
Vliv polohy zdroje	NE	Částečně LLGE	ANO
Vliv teploty na světelný tok	NE	NE	NE
Vliv napájecího napětí	NE	NE	NE
Definice vlivu stárnutí	NE	NE	NE
Sklon při měření	ANO	ANO	ANO
Definice svítících ploch	obdélníkové kruhové	koule, polokoule, válec, poloválec, kostka, 99 uživatelsky definovaných svítících ploch	bod, obdélník, kruh, koule, válec (vertikální i horizontální) elipsa a elipsoid.

3 Nový formát GLDF

Jak již bylo zmíněno výše, roku 2021 byly představeny práce na novém datovém formátu, který má postihnout veškeré požadavky na výměnu dat související se svítidlem. K tomuto formátu byla vytvořena webová stránka <http://gldf.io>, na které bude možné postupně nalézt kompletní specifikaci a popis práce s tímto souborem. Podle zveřejněného časového plánu má být hotová první beta verze souboru na konci roku 2021 a začátkem roku 2022 má být představena finální verze, zveřejněna kompletní dokumentace k tomuto formátu a představen editor, pomocí kterého bude možné soubor pohodlně sestavit. Na konci roku 2022 se plánuje plná integrace do návrhových programů od obou společností tj. RELUX a DIALUX.

Co se týká vlastní struktury, tak už nepůjde o textový soubor, ale o kontejnerový soubor komprimovaný v ZIPu s příponou *.gldf. Vlastní struktura souboru bude popsána v XML kódu, což je značkovací jazyk podobný kódu HTML, kde jednotlivé elementy jsou vepsány mezi štítky <tagy>, které se zapisují do ostrých závorek „<“ a „>“ event. na konci názvu elementu se zapisuje pomocí „</“ a „>“. Názvy jednotlivých elementů budou pevně dané, aby bylo možné udržet konzistentní strukturu. Díky tomu, že nebude nutné použít všechny elementy, je možné „zabalit“ do souboru GLDF jen například základní informace o svítidle, nebo kompletní přehled jak o fotometrických datech, tak i např. obrázky svítidla, kompletní 3D model včetně definice povrchů svítidla, spektrální distribuci světelných zdrojů, křivky stmívání, informace o předřadnících a další. Zajímavou možností tohoto formátu bude

možnost odkazování se na data mimo fyzické uložení počítače např. na serveru výrobce apod. Otázkou je, jak tato možnost bude ošetřena proti počítačovým virům. Do souboru bude také možné přidat kontrolní součet (šifrování), aby bylo možné jej zabezpečit proti neautorizovaným změnám.

Výhodou nového GLDF formátu bude, že bude možné do něj zabalit klasický souborový formát EULUMDAT nebo IES případně další. Pokud je bude chtít výrobce svítidla doplnit o další parametry a vlastnosti svítidel, které nebylo možné zapsat do klasických souborových formátů, bude mít k dispozici celou řadu možností. Velkým přínosem bude možnost publikování kompletního 3D modelu v rámci vlastního souboru *.gldf. Za tímto účelem vývojáři pracují na vytvoření vlastního standardu pro popis 3D tvaru svítidla, který bude podrobně popisovat plochy vyzařující světlo. Tento standard bude rovněž kontejnerového charakteru, opět komprimovaný pomocí ZIPu, jeho struktura bude opět zapsána v XML kódu a vlastní nový soubor bude mít příponu *.L3D. Základním souborem pro popis 3D tvaru ve struktuře souboru L3D bude soubor typu *.obj, což je soubor popisující 3D tvar s přísnou definovanou strukturou a opět čitelnou v textovém editoru.

Vývojáři slibují, že celý formát GLDF bude otevřený a zdarma, což slibuje univerzálnost souboru. Zároveň vývojářům výpočetních softwarů bude ponechána možnost zpoplatnit přístup do struktury souboru a bude záležet na licenční politice softwarových firem jak „hluboko“ do souboru GLDF uživatele pustí.

```
ManufacturerXY-Pendulum-50W-LED.gldf
|— product.xml
|— signature
|— image/
|   |— productimage.jpg
|   |— familyimage.jpg
|— ldc/
|   |— lightsource-photometry.ltd
|   |— luminaire-photometry.ltd
|— geo/
|   |— luminaire-3d-model.l3d
|— document/
|   |— luminaire-manual.pdf
|— spectrum/
|   |— lightsource-spectrum.txt
```

Obr.1 Příklad struktury souboru GLDF (převzato z gldf.io)

4 Závěr

Nový otevřený souborový formát GLDF, přináší možnost doplnit dosud používané souborové formáty EULUMDAT, IES a další o parametry, které z historických důvodů, není možné přidat do stávajících formátů používaných pro popis svítidel. Neočekává se, že by dosud používané formáty zanikly, spíše se doplní jejich chybějící parametry. Uvidí až čas, jak se snaha o vytvoření nového souborového formátu ujme, zatím se jeví jako velmi ambiciózní.

Poděkování

Autoři článku děkují Centru výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE), ve kterém vznikla tato publikace a za finanční podporu projektu specifického výzkumu na VUT (specifický projekt č. FEKT-S-20-6449).

Literatura a odkazy

- [1] BAXANT, P. Fotometrické formáty popisu svítidel, aneb není formát jako formát. ve sborníku Národní konference s mezinárodní účastí Kurz osvětlovací techniky XXVI. Ostrava: Česká společnost pro osvětlování, 2008. s. 15-19. ISBN: 978-80-248-1851-1
- [2] STOCMAR, A. W.: "EULUMDAT –ein Leuchtendatenformat für den europäischen Beleuchtungplaner," Tagungsband Licht '90, 1990, pp. 641–644
- [3] STOCMAR, A. W. 1998. "EULUMDAT/2 – Extended Version of a Well Established Luminaire Data Format," Proceedings of the 1998 CIBSE National Lighting Conference, pp. 353–362
- [4] CIBSE TM14:1988, CIBSE Standard File Format for the Electronic Transfer of Luminaire Photometric Data
- [5] EULUMDAT and Absolute Photometry - Lighting Analysts [online]. [cit. 2021-9-30]. Dostupné z:
<https://www.agi32.com/Downloads/TechnicalDocs/EULUMDAT%20and%20Absolute%20Photometry.pdf>

Kvalita projektů osvětlovacích soustav VO v dopravně správním řízení

Jiří Tesař, ČSO – RS Liberec, jiri.tesar@artmetal-cz.com, <https://cso.lighting>.

Abstrakt: Soustavy venkovního osvětlení jsou neodmyslitelnou součástí nočního dopravního prostoru. Jejich funkce je zabezpečení bezpečnosti silničního provozu v době od soumraku do svítání, základní viditelnosti možných překážek na vozovce a orientace v prostoru. Kvalita návrhu a projektu v jednotlivých stupních má velký vliv na budoucí bezpečnost a viditelnost v nočním dopravním prostoru. S probíhající změnou technologií světelných zdrojů a jejich implementace do soustav VO je jednou z problematických činností ve schvalovacím správním řízení stavebních a dopravně správních orgánů státní zprávy při vydávání jednotlivých stanovisek.

V poslední době je zpracování projektové dokumentace VO pro územní, stavební povolení a různé dotační tituly neuspokojivé. Předkládané dokumentace vykazují závažné nedostatky z hlediska světelně technického řešení a díky tomu nesplňují základní parametry na viditelnost v nočním dopravním prostoru komunikací a jejich ochranných pásem. V posledních dvou letech mi to připadá že VO projektuje projektant elektro, který nemá žádné zkušenosti s touto činností a slepě vytvoří projekt na základě výpočtu osvětlení který má od obchodní firmy bez toho, aby si ověřil jeho správnost. Zpracovaný projekt je sice z elektrického hlediska správně ale s hlavním cílem osvětlit prostor pozemní komunikace nemá nic společného. Tento můj poznatek je ověřen z dlouhodobé spolupráce s dopravně inženýrským úsekem policie ČR kdy se mi do rukou dostává mnoho projektů VO z celé ČR k posouzení správnosti provedení a možnosti následného ověření po realizaci. V loňském roce jsem takto posuzoval skoro 200 projektů z toho byly dvě třetiny vráceny k přepracování a v letošním roce je to cca 100 projektů věřte nevěřte všechny byli vráceny k přepracování. Chyby v projektech nejsou bohužel jen formální, ale z hlediska BESIP dost závažné jedná se především o:

Doplňkové osvětlení přechodů pro chodce, včetně různých instalací dynamických led knoflíků před nebo na přechodu pro chodce. Většina technických zpráv cituje technické normy ČSN EN 13201, TP 15, TKP 217, ale autoři se ani neobtěžovali tyto dokumenty přečíst a prostudovat. Kdyby si prostudovali zmíněné základní dokumenty tak by určitě zjistily, že přisvětlení přechodů pro chodce má svoje pravidla, že se zřizuje jenom ve výjimečných případech, kdy není možné zajistit bezpečnost jiným bezpečnostním opatřením. Další chybou je že se projektanti nezabývají adaptační zónou před a zejména za přechodem pro chodce. Předkládané výpočty VO jsou jen pro samotný přechod bez započtení navazujícího osvětlení komunikace. Ve většině případů jsou pak tyto přechody přesvětlené a tím pádem velice nebezpečné. Dalším případem jsou blikající led knoflíky instalované v přechodu pro chodce s dynamickým řízením detekce chodce na přechodu. Většina takto realizovaných přechodů je opravdu pro chodce velice nebezpečná. Většinou led diody svítí v noci jako ve dne tak že oslňují, nebo detekce chodce je zpožděná. Bohužel z výše uvedených rádo by bezpečnostních opatření zviditelnění chodce na přechodu máme mrtvé a těžce zraněné chodce. Ne vždy byla příčinou nepřiměřená rychlost, nevěnování se řízení nebo alkohol. V současné době začínám pochybovat o tomto způsobu bezpečnostního opatření vytvořením pozitivního kontrastu chodce na přechodu. Bohužel v některých případech se v případě protijedoucího vozidla tento kontrast vyruší a chodec je pak neviditelný. To samé platí v případě přesvětleného přechodu pro chodce, když chodec přechází za přechodem zejména zleva ve směru jízdy což potvrzují

statistiky dopravních nehod do 20 m před a za přechodem. Bohužel toto je potvrzeno i z nočních bezpečnostních inspekcí pozemních komunikací které jsou zaměřeny na viditelnost v nočním dopravním prostoru. Bohužel musím konstatovat, že drtivá většina přisvětlených přechodů vykazuje zvýšené bezpečnostní riziko možnosti vzniku noční dopravní nehody.

Osvětlování cyklostezek a chodníků v extravilánu které jsou vedeny podél komunikací. V současné době velice módní záležitost, která je financována z různých dotační titulů, kdy si dává dopravně správní úřad do podmínek že tyto chodníky, cyklostezky mají být osvětleny což vůbec nechápu. Takové projekty jsou zpracovány způsobem, že mají osvětlovat jen danou cyklostezku nebo chodník, když si to ale ověříte tak zjistíte, že toto osvětlení zasahuje i do jedné poloviny přilehlé komunikace a tím vytváří velice nerovnoměrně osvětlenou vozovku ve většině případech s návrhovou rychlostí 90 km/ hod. Většina takto řešených situací je mezi obcemi v lesních úsecích s velkým rizikem srážky se zvěří.

Osvětlování čerpacích stanic na rozhraní extravilánu a intravilánu u komunikací vyšších tříd. Zde bohužel projektanti vůbec neberou v potaz že přisvětlený prostor čerpací stanice, včetně reklamního světelného poutače je z hlediska noční viditelnosti velice nebezpečný. Jedná se především viditelnost v řadicích odbočovacích, připojovacích jízdních pruzích vjezdu a výjezdu z čerpací stanice, kdy řidič díky oslnění může přehlédnou odbočující vozidlo nebo vozidlo které najíždí na hlavní komunikaci. V letošním roce jsem vrátil dva projekty k přepracování kdy osvětlení čerpací stanice bylo nad 700 lx v prostoru stojanů (*požadavek 150 lx*) a 250 lx v prostu manipulačních a odstavných ploch (*požadavek 20 lx*). Takto osvětlená pumpa je v neosvětleném extravilánu pozemní komunikace s velmi nízkými jasy velice nebezpečná. Když jsem projektanta upozornil na to, že výpočet osvětlení musí respektovat okrajové podmínky, (*zejména od soumraku do svítání*) s akceptováním limitních hodnot dle ČSN EN 12464-2 tak mi sdělil že o tom ví, ale projekt předělávat nebude, přilehlá komunikace ho nezajímá, protože řeší jen osvětlení čerpací stanice, na kterou má objednávku. To samé platí i pro prostory průmyslových areálů obchodních center a ostatních osvětlených ploch které svojí povahou zasahují do profilu komunikací I a II. tř., viz vymezení ochranných pásem u silnic, dálnic a místních komunikací který stanovuje zákon číslo 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích "Silniční zákon" - v aktuálně platném znění zákona č. 347/2009 Sb. (*Ochranné pásmo dálnic, silnic a místních komunikací řeší §30. Silničním ochranným pásmem se pro účely tohoto zákona rozumí prostor ohraničený svislými plochami vedenými do výšky 50 m a ve vzdálenosti 50 m od osy vozovky nebo přilehlého jízdního pásu silnic I. třídy a ostatních místních komunikací I. třídy nebo jiných dopravních ploch*). Zde mají tyto objekty významný vliv na oslnění řidičů motorových vozidel, které se pohybují po komunikaci I a II. tř. v obou směrech jízdy v bezprostřední blízkosti osvětlené plochy objektu kde případný počinek způsobený nadměrně jasnými povrchy v zorném poli řidiče (*svítící plochy světel, osvětlované plochy*), budou příčinou chyb, únavy nebo dopravních nehody.

Umístování podpěrných bodů (stožárů) VO. Toto je kapitola sama pro sebe. Většina projektantů si vůbec nepřipouští že stožár VO je pevnou překážkou v blízkosti komunikace. V některých případech jsou stožáry v křižovatkách umístěny 50 cm od krajnice což připouští norma, ale neověří si vlečné křivky například návěsu nebo kloubového autobusu. Po realizaci jsou takto umístěné stožáry příčinou zbytečných dopravních nehod a kolizí. To samé platí pro přechodové stožáry, kdy si projektant neověří rozhledové trojúhelníky výhledu z jedoucího vozidla zejména na levé straně ve směru jízdy. Když si promítneme tento trojúhelník s průměrem stožáru a předním sloupkem vozidla tak zjistíme že při rychlosti 50 km/hodinu ujedeme cca 20 m, aniž bychom registrovali vstupujícího chodce z levé strany na přechod.

Jeho bezpečná detekce ve dne pak bude cca ze vzdálenosti 15 m před přechodem. Brzdná dráha na suché vozovce ve dne je 28 m (*platí pro 50 km/hod*). Další problém je to že většina projektantů neví že na osvětlených komunikacích s návrhovou rychlostí nad 70 km/hodinu musí být stožáry VO chráněné svodidlem. V mnoha případech jsou stožáry VO před svodidly (*zjištěné závady z denních a nočních bezpečnostních inspekčních pozemních komunikací*).

Prezentoval jsem Vám své zkušenosti z provádění bezpečnostních inspekcí pozemních komunikací zejména nočního dopravního prostoru a musím konstatovat, že dopravní prostor není ve většině případech vůbec bezpečný a kladu si otázku co s tím?

Jediná složka státu, která má zájem toto řešit je dopravně inženýrský úsek služby dopravní police ČR, většina dopravních inženýrů je dlouhodobě školená Českou společností pro osvětlování tato spolupráce vyvrcholila v připomínkování a zpracování metodiky noční bezpečnostní inspekce pozemních komunikací v rámci výzkumného úkolu Ministerstva vnitra ČR VI2VS/571 programu BV III/1-VS, projekt VI20172019071 s názvem Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci. V současné době se o problematiku nočního dopravního prostoru začalo zajímat i Ředitelství silnic a dálnic ČR kdy si některá krajská ředitelství nechala ověřit správnost osvětlení na průtahových komunikacích prvních tříd. Nejdále jsou v Libereckém kraji, kde mají takto zpracovanou celou silniční síť intravilánových komunikací I. tříd a v současné době požadují po vlastních VO sjednání nápravy dle zjištěných závad. To samé platí pro vybrané komunikace v Plzeňském a Moravskoslezském kraji. Bohužel v ostatních krajích to zatím vážně. Největším problémem jsou krajské průtahové komunikace a místní komunikace. Zde se vlastníci komunikací noční problematice vůbec nevěnují a problémy řeší až v případě dopravní nehody s následkem úmrtí. Nejen z mého pohledu to je špatně. Každá smrtelná nehoda je anomálií a je jen málo míst kde se smrtelné noční nehody opakují. Bohužel v těchto případech se to politicky okamžitě řeší provádějí se různá nákladná bezpečnostní opatření bez důkladného zjištění příčiny takové nehody. Nejlépe to je vidět u přechodů pro chodce kdy místo vytvoření ochranného středního dělicího ostrůvku přechod osvětlíme nebo na poptávkový přechod se světelnou signalizací umístíme dynamické led diody do vozovky. V České republice je cca 3800 shluků nočních nehodových míst kde bylo jednoznačně v rámci výzkumu prokázáno že příčinou těchto nehod jsou špatné světelné podmínky pro zajištění základní viditelnosti, rozlišitelnosti překážek v nočním dopravním prostoru.

Po zkušenostech z posledních let při různých dopravně správních a kolaudačních řízeních nejen nových dopravních staveb musím konstatovat, že státní úředníci bezmezně věří autorizaci projektanta, aniž by si ověřily správnost řešení. Například při kolaudaci VO požadují základní dokumentaci k výrobkům, revizi elektro ale to nejzásadnější schází. To že by měli požadovat ověření navržených světelně technických parametrů formou protokolu měření je jen výjimkou. Ze 100 % se kolaudace provádí ve dne, VO se rozsvítí, všechno svítí tak že je to OK tak nám nic nebrání k vydání kolaudačního rozhodnutí. Díky tomu pak vznikají neřešitelné situace, kdy máme v některých případech na průsečných křižovatkách se stejným šířkovým uspořádáním dvě barvy světla kdy na vedlejší komunikaci máme např svítidla s náhradní teplotou chromatičnosti 4000 K a na hlavní 2000 K. Psychologicky pak řidič vozidla podvědomě vyhodnotí vedlejší komunikaci za hlavní, protože pocitově vnímá plné barevné spektrum a rozlišitelnost všech prvků v blízkosti vozovky. Znalosti noční problematiky pro bezpečný dopravní prostor jednotlivých referentů dopravně správních a stavebních úřadů státní zprávy jsou velice nízké a jejich závazná stanoviska někdy postrádají logiku a jsou v rozporu technickými normami a technickými předpisy.

Byl bych velice rád abychom se společně zamysleli nad tím, jak může odborná veřejnost pomoci při zkvalitňování nočního dopravního prostoru.

Už dlouho se bavíme o autorizaci světelného technika a projektanta osvětlení, včetně vydávání osvědčení. Bohužel jen bavíme. Je to jedna z možností, jak garantovat kvalitu projektu. Při současném nedostatku projektantů VO tuto činnost provádí projektanti elektro, kteří jsou profesně zaměřeni na rozvody VNV, NN atd. Ve IV. čtvrtletí letošního roku by měli být zveřejněny podmínky financování rekonstrukce a modernizace soustav VO ze strukturálních fondů EU, vůbec si nedokážu představit jaký bude tlak na zpracování projektů a žádostí na poskytnutí státního příspěvku. Mám jen obavu, aby předkládané projekty nevykazovaly výše zmíněné nedostatky.

Další z možností je v rámci vzdělávacího procesu zmíněných úředníků a vlastníků technické infrastruktury ve spolupráci s policií ČR, asociací krajů a dopravní fakultou ČVÚT připravit vzdělávací kurzy kde bychom měli sjednotit požadavky na bezpečný dopravní prostor při vydávání rozhodnutí a stanovisek jednotlivých správních úkonů.

V poslední době se stále diskutuje rušivé světlo, včetně jeho vlivu na životní prostředí. Chápu to někdy je lépe svítit méně nebo vůbec. Pro mne jako auditora nočních pozemních komunikací rušivé světlo představuje spíše takové světlo, které oslňuje řidiče motorového vozidla a výrazně snižuje vidět (identifikovat) překážku na vozovce její náhlou změnu v dopravním prostoru před vozidlem. Řidič vozidla za snížené viditelnosti a v noci může reagovat teprve tehdy, jsou-li vytvořeny takové podmínky, že světelný počinek zrakového orgánu řidiče je natolik významný, že zpracování tohoto počinku zapříčiní uvědomění si této změny. **Bohužel tato problematika je bezdůvodně opomíjena, přičemž důsledné vyžadování platných technických norem by zvýšilo bezpečnost v nočním dopravním prostoru, ale také výrazně přispělo ke snížení rušivého světla a jeho vlivu na životní prostředí.**

Před zpracování projektové dokumentace a vydání stanoviska si musí každý z nás uvědomit, že při noční jízdě vozidlem je možné ztotožnit NOČNI ROZHLED se vzdáleností, kterou reflektory vozidla v daném okamžiku „účinně“ osvětlují hlavní a doplňkový dopravní prostor komunikace. Pojem účinně osvětlené plochy je možné z technického hlediska vymezit polohou, která je ohraničena vodorovnou rovinou vozovky průmětem světelného kužele s hranicemi osvětlení cca 1,5 (lx) ve výšce 1 m. Tato vzdálenost u běžných vozidel činní od 40 do 105 (m), to však neznamená, pokud se bude řidič pohybovat rychlostí při které by bezpečně zastavil na uvedenou vzdálenost, že nedejde k dopravní nehodě s chodcem, cyklistou, resp. s překážkou. Na tuto vzdálenost totiž řidič nemusí mít DOHLED. Některé překážky nemá možnost z důvodu světelně technického hlediska rozpoznat na vzdálenost „účinného“ osvětlení vozovky. To hlavně tehdy, kdy nejsou splněny světelně technické podmínky rozpoznání a to např. nedostatečným kontrastem mezi překážkou a pozadím. Při určování rychlosti s ohledem na tzv. dohlednou vzdálenost je nutné vycházet z požadavku, aby vzdálenost, na kterou lze vozidlo bezpečně zastavit, nebyla větší, než na jakou je rozhled (viditelnost).

Význam studií osvětlení v elektrických stanicích z hlediska optimalizace osvětlovacích soustav a jejich provozu

Jiří Ullman, Ing., VŠB-TU Ostrava, jiri.ullman@gmail.com, www.vsb.cz

Abstrakt: Venkovní osvětlení elektrických stanic zajišťuje jak bezpečnost práce v rozvodnách a na stanovištích transformátorů, tak podporuje správnou funkci kamer dálkového dohledu. Je třeba zajistit omezení rušivého světla a zároveň optimalizovat návrh nových osvětlovacích soustav el. stanic.

1 Úvod

Venkovní osvětlení elektrických stanic PS prošlo za posledních dvanáct let prudkým rozvojem. V tomto období zaznamenala realizace venkovních osvětlovacích soustav spoustu nemalých změn, díky nimž dosahuje řady důležitých parametrů a podmínek, jejichž splnění a realizace vyžadují sofistikované inženýrské řešení. Způsob současného provedení venkovní osvětlovací soustavy zapracoval do procesu realizace jejího projektu důležitý nástroj, jímž je studie osvětlení. Ta v celém průběhu realizace napomáhá především pojmenovat problémy a na základě naměřených hodnot je kvantifikovat. Tím v různých fázích procesu umožňuje zhodnotit současný stav osvětlovací soustavy. Na vypracování studie osvětlení v elektrických stanicích PS se podílejí především odborníci z nezávislých organizací (VŠB - Technická univerzita Ostrava a Česká společnost pro osvětlování ČSO), kteří tímto zajišťují nezávislý expertní pohled na daný projekt a jeho současný stav. Výsledkem studie často bývá i konkrétní návrh nápravných opatření vedoucí k dosažení kýžených parametrů a požadovaného provozního stavu soustavy pro daný projekt.



Obr.1 Pohled na rozvodnu R 420 kV TR Prosenice s rozsvíceným provozním a hlídacím osvětlením jen při mimořádné dálkové kontrole elektrické stanice



Obr.2 Pohled na rozvodnu R 420 kV TR Prosenice s rozsvíceným hlídacím osvětlením (noční osvětlení elektrické stanice pro kamerový dohled perimetru)

2 Požadavky TN/59/2020 Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS

Níže jsou uvedeny některé vybrané požadavky technické normy TN/59/2020. Při vypracovávání návrhu svítidel je nutné splnit požadavky na omezení rušivého světla (světelného smogu) podle ČSN EN 12464-2, tabulka 2: Přípustné maximum rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách. Doporučené zařazení pro zónu životního prostředí je zóna E2, což představuje max. 5 % světelného toku jdoucího ze svítidel do horního poloprostoru. Jiné zařazení zóny životního prostředí musí zdůvodnit projektant venkovního osvětlení na základě zpracované studie osvětlení. Norma také definuje studii osvětlení a vymezuje, v jakých fázích projektu je vhodné ji zpracovat a jaké oblasti musí obsahovat. Před každou větší rekonstrukcí nebo při výstavbě nové elektrické stanice bude zpracována studie osvětlení, která posoudí stávající stav venkovního osvětlení a nové řešení osvětlovací soustavy s ohledem na světelný smog. Doporučuje se zpracovat světelnou studii při vyhotovení dokumentace zadání akce (DZA), dokumentace pro územní řízení (DUR) nebo při dokumentaci pro stavební povolení (DSP) v takovém termínu, aby její výsledky byly k dispozici při schvalovacím řízení na úřadech.

2.1 Studie osvětlení bude obsahovat:

- světelně-technické zhodnocení,
- ověření zatřídění elektrické stanice do environmentální zóny,
- doporučení pro návrh nové osvětlovací soustavy,
- doporučení pro provoz osvětlovacích soustav z hlediska eliminace rušivého světla mimo areál stanice a v horním poloprostoru.

2.2 Užití studie osvětlení jako nástroje při realizaci projektu

Studie osvětlení jsou novým rozvíjejícím se odvětvím světelné techniky. Jejich cílem je podat co nejpřesnější informace investorům, provozovatelům, projektantům a všem zainteresovaným stranám účastnícím se projektu (angl. stakeholders). A to jak ve fázi před realizací, uvedením do provozu, tak i v reálném dlouholetém provozu soustavy. Mimo světelně-technické parametry musí soustava splňovat i požadavky pro danou environmentální zónu, do které byla na základě místních požadavků zařazena. Tím se rozumí především parametr *vyzařované světlo do horního poloprostoru*. Naplnit všechny požadované parametry umožňuje studie osvětlení. V projektovém řízení se vychází z Demingova cyklu PDCA. PDCA

je zkratkou anglických slov Plan, Do, Check, Act. V překladu tato slova znamenají **naplánuj, zrealizuj, ověř, jednej**. Jednotlivé kroky procesu za sebou následují v uvedeném konkrétním pořadí. Ve fázi *naplánuj* (PLAN) je definován problém, stanovují se konkrétní cíle. Zde studie osvětlení pomáhá odhalit konkrétní problémy soustavy. Na místě přímo konkretizuje problematiku parametry a umožňuje kvantitativní hodnocení problematiky. Dává tak možnost ve fázi přípravy projektu reagovat na tyto odchylky od normativního očekávání. Dále navazuje fáze *realizuj* (DO), která se týká vytvoření konkrétního řešení problematiky a je to aplikace na reálnou elektrickou stanici.

Ve fázi *ověř* (CHECK) studie osvětlení poskytuje nástroj, na základě, kterého je možné ověřit, zda kroky uskutečněné v předchozích fázích směřovaly k vhodným řešením problematiky. V mnoha projektech a jejich realizacích bývá právě tato fáze úskalím, neboť je velmi obtížné stanovit si vhodnou metriku a správně ji aplikovat na konkrétní projekt. Zde studie osvětlení podává informaci, zda lze pokračovat v aplikaci vybraného řešení, či zda je namístě projekt přehodnotit a ve fázi *jednej* (ACT) vytvořit nápravná opatření k vyřešení konkrétního problému, např. definovaných parametrů: viditelnost při zhoršených podmínkách pro zrakový úkon, odolnost proti jednoduché poruše atd.

Demingův proces v obecné teorii není jen jedna uzavřená kružnice, nýbrž nekonečný proces na sebe navazujících Demingových kružnic (viz obr. 3) – po fázi *jednej* přichází znovu *naplánuj, zrealizuj, ověř, jednej, naplánuj* atd.



Obr.3 Demingův cyklus jako nekončící proces



Obr.4 Osvětlení vjezdové brány do rozvodny R 245 kV TR Bezděčín

3 Studie osvětlení

Elektrické stanice (transformovny) Přenosové soustavy, jsou zaříděny do zón životního prostředí. Většina je v zóně E2, max. 5 % světelného toku jdoucího ze svítidel do horního poloprostoru. V blízkosti chráněných krajinných oblastí a hvězdáren jsou elektrické stanice zařazeny do zóny E1, tj. 0 % světelného toku jdoucího ze svítidel do horního poloprostoru.

PS jako subjekt kritické infrastruktury státu a evropské kritické infrastruktury je povinen odpovídajícím způsobem zajistit bezpečnost svých aktiv. Proto je v elektrických stanicích instalován kamerový systém pro dálkový dohled nepřetržité služby. Pro správné fungování kamerového systému s garancí dostatečného rozlišení kamerových záznamů je nezbytné zajistit za zhoršených světelných podmínek odpovídající osvětlení. Na základě požadavků ČSN EN 12464-2 je již v ČEPS instalován systém pro řízení osvětlení, které pak dává pouze takový světelný tok, který potřebují kamery pro vizualizaci podle světelných podmínek záznamu.



Obr.5 Měření kamerové osvětlenosti vjezdové brány do rozvodny R 245 kV TR Bezděčín

V elektrických stanicích rekonstruovaných v současné době jsou aplikovány požadavky na kamerové osvětlení perimetru, a to je zadáno v TN/59 (v souladu s ČSN EN 12464-2), dále je osvětlení kontrolováno v jednotlivých etapách realizace akce a na závěr je osvětlení měřeno v noci. Součástí měření je měření světelného toku jdoucího do horního poloprostoru (rušivé světlo) a zároveň jsou sledovány měřené úseky v kamerovém systému technického systému fyzické ochrany (TSFO) elektrických stanic. U nových projektů a rekonstruovaných elektrických stanic jsou realizovány světelné studie. Ty jsou podkladem při zpracování projektové dokumentace měřením na ekonomickou efektivnost navrhovaných světelných soustav.

Výhledově se počítá s možností instalace kamer s tzv. infrapřívitem. Díky tomu nebude nutné zajišťovat světelné podmínky jako v současné době, a tudíž se sníží celková svítivost (rušivé světlo) elektrické stanice.

Přenosová soustava v současné době plní podmínky právních předpisů problematiky rušivého světla „obtrusive lighting“, které jsou standardně implementovány do jednotlivých projektových řešení, a které dále plně korespondují se stanovenými podmínkami na úrovni územních a stavebních řízení v lokalitách transformoven v celé České republice.



Obr.6 Měření kamerové osvětlenosti vjezdové brány do R 420 kV TR Sokolnice

4 Normativní požadavky pro osvětlení zmíněných prostorů podle technické normy TN/59/2020 (tab. 1 až tab. 3)

V tabulkách jsou tyto parametry osvětlení:

- \bar{E}_m – průměrná udržovaná osvětlenost (lx),
- U_0 – rovnoměrnost osvětlení, poměr minimální osvětlenosti k průměrné osvětlenosti,
- G_{RL} – mezní hodnota indexu oslnění,
- R_a – index podání barev.

Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m (lx)	U_0 –	G_{RL} –	R_a –
Osvětlení komunikací u vstupní vjezdové brány	50	0,40	50	20
Komunikace vyhrazené pro pomalu jedoucí vozidla(max. 10 km/hod), i chodce	10	0,40	50	20
Objízdná vnitřní komunikace a parkoviště	5	1	-	20

Pozn.: Výška srovnávací roviny 0 m nad zemí, tj. na úrovni komunikace

Tab.1 Normativní požadavky pro osvětlení komunikací

Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m (lx)	U_0 –	G_{RL} –	R_a –
Venkovní rozvodny	10	0,40	45	20

Pozn.: Výška srovnávací roviny 1 m, čidlo luxmetru směřováno na hlídací kameru

Tab.2 Normativní požadavky na kamerovou osvětlenost

Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	\bar{E}_m (lx)	U_0 –	G_{RL} –	R_a –
Celková kontrola - přístroje	50	0,4	50	20

Pozn.: Měřené hodnoty v místě zrakového úkolu – vertikální osvětlenost

Tab.3 Normativní požadavky na osvětlení přístrojů

5 Závěr

Zpracování studií osvětlení při předprojektové přípravě a změření stávajícího stavu venkovního osvětlení jsou vhodným podkladem pro následné stupně projektové dokumentace. Při měření dosavadního stavu venkovního osvětlení lze zjistit závady na instalovaném zařízení, např. nevhodné vyklopení svítidel a zajistit následnou nápravu.

Při měření nových osvětlovacích soustav s řízením světelného toku pomocí protokolu DALI jsou zachyceny skutečné kamerové záznamy dálkového dohledu na elektrickou stanici. Tyto výsledky měření osvětlení při různých úrovních jasu jsou dobrým podkladem pro nastavení dostatečného osvětlení u hlídacích osvětlení podél plotu.

Literatura a odkazy

- [1] TN 59, Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS – Technická norma ČEPS TN/59/2020
- [2] Tomáš Novák, Ivo Ullman, Karel Sokanský, Osvětlování venkovních pracovních prostor v kombinaci s kamerovými systémy. In: *Kurz osvětlovací techniky XXVII Kouty nad Desnou*, 29. 9. –1. 10. 2009. s. 316-322. ISBN 978-80-248-2087-3
- [3] Ivo Ullman, Osvětlování venkovních rozvodů v elektrických stanicích ČEPS, a. s. In: *Kurz osvětlovací techniky XXVIII, Kouty nad Desnou*, 11. 10. –13. 10. 2010. s. 192–197. ISBN 978-80-248-2307-2
- [4] SOKANSKÝ, Karel a kol. Světelná technika Praha, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [5] HABEL, Jiří, Karel DVOŘÁČEK, Vladimír DVOŘÁČEK a Petr ŽÁK. Světlo a osvětlování. Praha: FCC Public, 2013 ISBN 978-80-86534-21-3. S. 429-431.
- [6] UMLAUF, Michal. Kontrolní a zkušební plán (KZP). Diplomová práce
- [7] Tomáš Novák a kol., Světelně-technický projekt TR Prosenice, 2021

Chování osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení při stmívání na konstantní hladinu osvětlenosti – případová studie

Pavel Valíček, Ing. Ph.D., Tomáš Novák, doc. Ing. Ph.D., VŠB TU Ostrava, pavel.valicek@vsb.cz

Abstrakt: Článek poukazuje na možné problémy s plněním požadovaných hodnot osvětlenosti v prostorách s instalovanými osvětlovacími soustavami regulovanými na konstantní hladinu osvětlenosti.

1 Úvod

Na základě dlouhodobého měření v prostorách s automatickou regulací osvětlovací soustavy na konstantní osvětlenost bylo zjištěno, že regulace osvětlovacích soustav při spolupráci s denním světlem v konkrétních prostorech nepracuje podle nastavení. Díky těmto zjištěním jsme začali provádět simulace ve světelně technickém software tak, abychom ověřili změny chování osvětlovacích soustav v pracovních prostorech v situacích, kdy vedle příspěvku denního světla přispívala k celkovému osvětlení i osvětlovací soustava umělého osvětlení.

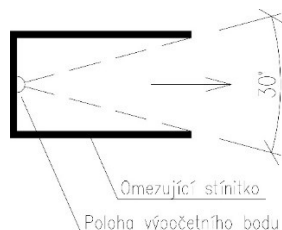
Díky možnostem světelně-technických software probíhalo modelování chování (řízení – stmívání – regulace) s využitím difuzního denního světla generovaného rovnoměrně zataženou oblohou. Přímé sluneční záření nebylo řešeno z důvodu eliminace vlivu světových stran na umístění okenních otvorů. V modelech jsme nastavovali různé situace v rámci požadovaných osvětleností a rovnoměrností v místech zrakových úkolů u osvětlovacích soustav řízených na konstantní hladinu osvětlenosti a pro různé úrovně příspěvků denního osvětlení. Není nutné zdůrazňovat, že základní nastavení požadované hladiny osvětlenosti vždy probíhalo bez přítomnosti denního světla. Článek ukazuje na různé chování řízené osvětlovací soustavy a provozované v součinnosti se změnami denního osvětlení pro různé polohy čidel osvětleností (jasu).

2 Provedené simulace

Ukázková osvětlovací soustava byla namodelována ve výpočetním software BulidingDesign s výpočetními moduly WILS a WDLS, které umožňují jak nastavení, tak regulaci umělého osvětlení a zároveň i výpočty beroucí v potaz denní osvětlení, které vychází z modelu rovnoměrně zatažené oblohy [1]. Kromě korektního nastavení odrazností a míst zrakových úkolů bylo v rámci přípravy modelu nejdůležitější nastavení parametrů přijímacího čidla použitého pro modelování, které by se svými vlastnostmi blížilo reálným vlastnostem skutečně používaných čidel.

Pro ukázkou modelování bylo ve výpočetním programu nasimulováno čidlo, které je použito i v reálné aplikaci a jeho přijímací charakteristika je omezena na 30°. Z tohoto důvodu byl pro simulaci využit výpočetní bod vyhodnocující normálovou osvětlenost ve vyšetřované rovině. Tento byl opatřen stínítkem simulujícím a omezujícím přijímací charakteristiku výpočetního bodu právě na 30°. Činitel odrazu uvnitř stínítka byl pro tuto situaci nastaven na odraznost $\rho = 0$. Tento výpočetní bod byl postupně umísťován v rámci stropu a místa zrakového úkolu v

řešeném prostoru. Na stejném principu byla namodelována i čidla s přijímacími charakteristikami odpovídajícími i vyšším úhlu.

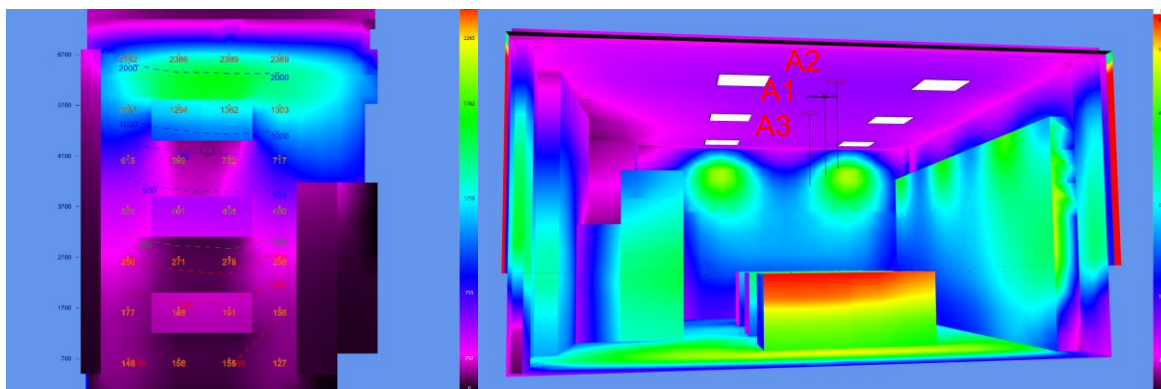


Obr.1 Model čidla použitý pro simulaci.

Při vlastních výpočtech jednotlivých simulací jsme vycházeli z principu udržení konstantní hladiny osvětlenosti na simulovaném čidle. Za výchozí stav hodnoty osvětlenosti se brala situace, že osvětlovací soustava byla zapnutá na 100 % a osvětlenost na venkovní nezastíněné rovině byla nulová. V následujících krocích byla hodnota osvětlenosti na venkovní nezastíněné rovině zvyšována na úrovně 50, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1500, 2000, 3000, 5000, 7500, 10000, 15000 a 20000 lx. Ke každé této hodnotě byl stanoven příkon osvětlovací soustavy tak, aby byla dosažena výchozí hodnota osvětlenosti na modelovaném bodu – čidle. Pomocí těchto simulací byla určena optimální poloha daného čidla ve zkoumaném prostoru.

Modelování základních kombinací umístění jednotlivých čidel v testované místnosti s jednoduchou soustavou umělého osvětlení stmívanou jako celek a mírně složitější osvětlovací soustavou denního osvětlení poukazuje na fakt, že chování regulované soustavy stmívané na konstantní hladinu osvětlenosti je silně závislé na mnoho faktorech (např. vliv polohy a přijímací charakteristiky čidel). Nejdůležitějším faktem, na který se snaží tento příspěvek upozornit nutné upozornit je, že v některých situacích dochází ke snižování nastavené hodnoty osvětlenosti a v některých naopak ke zvyšování při kombinaci vlivu umělého a denního osvětlení. To znamená, že může docházet k poklesu osvětlenosti v místě zrakového úkolu až pod hodnotu hygienického minima, nebo naopak nedojde k naplnění očekávání ve vazbě na regulaci osvětlovací soustavy a tato bude generovat v situacích souběhu denního a umělého osvětlení vyšší osvětlenosti, a tudíž i nižší úspory elektrické energie.

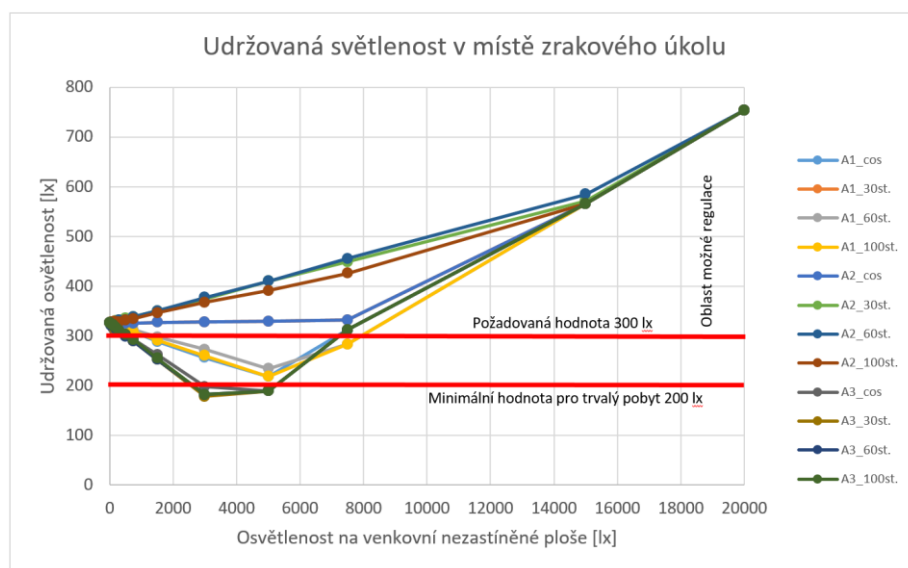
V následujícím kroku jsme prováděli simulace jak se změnou polohy čidla, tak s variantní přijímací charakteristikou čidla. Pro tyto simulace jsme zvolili přijímací charakteristiku 30°, 60° a 100° a pak variantu bez stínítka (klasický luxmetr – normálová osvětlenost). Zde se také projevila závislost volby přijímací charakteristiky a polohy čidla k dosažení ideálního stavu. Při modelování chování osvětlovací soustavy byla jako výchozí hodnota regulace, a tudíž požadovaná hodnota udržované osvětlenosti v místnosti, zvolena úroveň 326 lx. Jedná se o hodnotu, která je dosažena modelovanou osvětlovací soustavou umělého osvětlení pro 100 % příkonu na konci doby života (viz Obr. 2)[2].



Obr.2 Grafický náčrtek pozice čidel v rámci místnosti řešené místnosti a 3D pohled na rozmístění čidel.

Z grafu na obrázku Obr. 3 můžeme vidět, že ne všechna umístění čidel osvětlení dokáží poskytovat řídicí informace vedoucí k správné regulaci soustavy.

Z pohledu udržení požadované hodnoty 326 lx při konstantní hodnotě odrazností povrchů vyhověl nejlépe senzor umístěný na pozici A1 s přijímacím úhlem 30° a zároveň senzor v pozici A2 s kosinovou přijímací charakteristikou. Tento průběh kopíroval požadovanou hodnotu s nejmenší odchylkou. Dále poté vyhovují všechny senzory bez ohledu na přijímací charakteristiku v pozici A2 tudíž dále od okna. Problémem je v tomto případě vyšší příkon osvětlovací soustavy a tím i menší úspory elektrické energie. Ostatní umístění a přijímací charakteristiky jsou nevyhovující, protože během regulace klesá hodnota osvětlenosti pod požadovanou hranici. Je samozřejmé, že pro tuto konkrétní osvětlovací soustavu umělého osvětlení lze zvolit (nastavit) jakoukoliv nižší hladinu osvětlenosti než výše uvedenou hodnotu udržované osvětlenosti 326 lx.

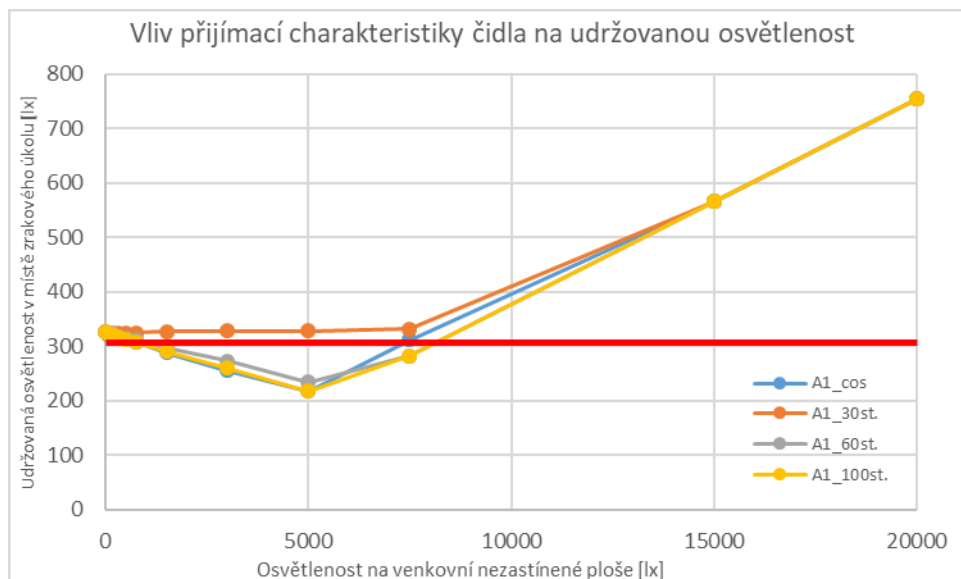


Obr.3 Graf průběhů regulace vnitřního osvětlení na konstantní hladinu osvětlenosti pro různé umístění a různé typy čidel.

Obecně lze tedy konstatovat, že není vhodné umisťovat senzory do blízkosti oken, neboť takové osvětlovací soustavy bývají během dne podregulovány a není dosahováno požadovaných osvětleností v místech zrakových úkolů. Možný způsob nalezení vhodné pozice

čidla s vybranou přijímací charakteristikou je implementace cyklického algoritmu změny polohy čidla a změn příspěvků denního světla do světelně-technického software pracujícího jak s příspěvkem umělého, tak s příspěvkem denního světla.

Z dat získaných během modelování tohoto konkrétního prostoru lze rovněž vyčíst informaci o tom, který typ čidla (přijímací úhel) je pro optimální regulaci osvětlení v místnosti nejvhodnější. Pro přehlednost jsme vyjmuli z grafu na obrázku Obr. 3 pouze hodnoty čidel instalovaných v pozici A1, která se pro tento konkrétní případ jevila jako nejvhodnější.



Obr.4 Graf regulace osvětlovací soustavy při změně úhlu přijímací charakteristiky čidla na stejné pozici.

Výsledky pro chování čidel instalovaných v poloze A1 jsou vyobrazené na obrázku Obr. 4. Nejvhodnější přijímací charakteristika čidla pro regulaci konkrétního řešeného prostoru je přijímací charakteristika čidla snímajícího úhel 30°. Ostatní přijímací charakteristiky s úhly 60°, 110° a kosinovou přijímací charakteristikou vedou k podregulování a k tomu, že osvětlenosti v místech zrakového úkolu nebudou v rámci regulace dosahovat požadovaných (nastavených) hodnot[3].

Nevhodnost volby širokých přijímacích charakteristik čidel způsobují zejména velká okna po celé straně místnosti, která tato čidla významně ovlivňují. Tyto poté neposkytují informace korespondující s osvětlenostmi na srovnávací rovině.

Je samozřejmé, že opačným případem je umístění čidla přímo v místě zrakového úkolu v pozici klasického čidla osvětlenosti. Zde se nutně prokázal opačný trend, a to vhodnost co nejširší přijímací charakteristiky tedy kosinové charakteristiky, se kterou počítají jak normy, tak softwary i měřící přístroje. Tato poloha také eliminuje vliv změn odrazných vlastností místa zrakového úkolu, jimiž se tento příspěvek nezabývá. Nicméně je nutné konstatovat, že reálné umístění regulačního čidla přímo v místě zrakového úkolu je téměř nerealizovatelné.

3 Závěr

Z výše uvedeného vyplývá, že na kvalitu regulace osvětlovacích soustav má vliv mnoho parametrů. Některé ovlivnit umíme vhodným návrhem, některé nikoliv. Ve výčtu parametrů,

keré ovlivnit nelze, lze vypíchnout chování uživatele, který například změnou materiálů s odlišnou odrazností v místě zrakového úkolu může ovlivnit ať již pozitivním či negativním vlivem vlastní proces regulace osvětlovacích soustav. Další z neovlivnitelných parametrů je přímé sluneční záření, který často uživatelé řeší ad-hoc stínícími prvky.

Výše uvedený článek se snaží poukázat na fakt, že vhodnou volbou čidla umístěného na stropě regulované místnosti, lze výrazným způsobem ovlivnit nejen míru úspor elektrické energie, ale také minimální hladiny osvětlenosti, které mohou při spolupůsobení umělého a denního osvětlení klesat až pod akceptovatelné hygienické limity. Článek zároveň řeší možnost eliminace tohoto problému již ve fázi projektování osvětlovací soustavy stmívané na konstantní hladinu osvětlenosti.

Poděkování

Tato práce byla podpořena z projektu SGS, VŠB – TUO, Česká republika, grant číslo SP2021/107 “BroadbandLIGHT – úloha veřejného osvětlení ve SMART CITY II”.

Literatura a odkazy

- [1] Stanislav DARULA a Richard KITTLER. “A Methodology for Designing and Calibrating an Artificial Sky to Simulate ISO/CIE Sky Types with an Artificial Sun”, Publisher TAYLOR & FRANCIS INC, 530 WALNUT STREET, STE 850, PHILADELPHIA, PA 19106 USA, LEUKOS Volume: 11 Issue: 2. 2015. Pages: 93-105 DOI: 10.1080/15502724.2014.977391, WOS:000349685500005
- [2] Pavel VALICEK, Tomas NOVAK, Jan VANUS, Karel SOKANSKY a Radek MARTINEK, 2016. Measurement of illuminance of interior lighting system automatically dimmed to the constant level depending on daylight. In: *2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)* [online]. IEEE, 2016, s. 1-5 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1109/EEEIC.2016.7555604. ISBN 978-1-5090-2320-2. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7555604/>
- [3] Pavel VALICEK, Tomas NOVAK, Jan VANUS, Karel SOKANSKY a Radek MARTINEK, 2016. Illuminance evaluation in automatically dimmed interior lighting systems. In: *2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4)* [online]. IEEE, 2016, s. 1-5 [cit. 2019-04-24]. DOI: 10.1109/LUMENV.2016.7745513. ISBN 978-1-5090-3305-8. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7745513/>

Metodický pokyny pro terénní měření jasu a oslnění zobrazujícím jasoměrem

Michal Kozlok, Ing., Marek Bálský, Ing. Ph.D., Petr Žák, Ing. Ph.D. ČVUT v Praze, FELkozlomi1@fel.cvut.cz,
balskmar@fel.cvut.cz, zakpetr@fel.cvut.cz

Abstrakt: Nedílnou součástí projektování a provozování osvětlovacích soustav je hodnocení a kontrola parametrů osvětlení na začátku i v průběhu jejich provozu. V současné době je toto hodnocení v převážně většině případů zúženo pouze na měření osvětlenosti, příp. jasu na stanovených srovnávacích rovinách. Požadavky na osvětlení stanovené v technických normách jsou ale komplexnější a některé parametry se v praxi vůbec nekontrolují. Příspěvkem je popsán návrh postupu provozního měření jasu zobrazujícím jasoměrem jako součást komplexního hodnocení osvětlovacích soustav.

1 Úvod

V současné praxi chybí metodické postupy, které by komplexní hodnocení osvětlení popisovaly a na kterých by byla shoda v rámci odborné veřejnosti. Nejednoznačnosti v hodnocení osvětlení mohou být příčinou jednak nedostatečné kontroly důležitých parametrů osvětlení a povolení nevhodného osvětlení např. z pohledu oslnění nebo podání barev a jednak mohou přispět k vyžadování kontrol, které nejsou součástí norem nebo nejsou smysluplné (např. hodnocení indexu oslnění UGR na svislé rovině).

Cílem příspěvku je otevření diskuze nad možností zpracování metodických postupů pro ověřování parametrů osvětlení v praxi, které by obsahovaly požadavky osvětlení uvedené v technických normách. V navazující části je uveden návrh metodiky provozního měření jasu zobrazujícím jasoměrem.

2 PROVOZNÍ MĚŘENÍ JASU ZOBRAZUJÍCÍM JASOMĚREM

Obecně provozní měření jasu se používá pro ověřování hodnot jasu u nově navržených osvětlovacích soustav, v průběhu užívání a pro porovnávání variantních řešení osvětlovacích soustav [8]. V letošním roce byly zpracovány dvě metodiky pro provozní měření jasu s využitím zobrazujícího jasoměru ILMD (Imaging Luminance Measurement Devices), metodika pro měření jasu pozemních komunikací a metodika měření oslnění v interiérech. V praxi se pro označení měřících přístrojů ILMD používají i další termíny, např. například jasová kamera, jasový analyzátor apod.

Pro standardní provozní měření jasu u starších pozemních komunikací lze místo bodového jasoměru využít zobrazující jasoměr. U pozemních komunikací s novými povrchy (méně než 3 roky) se měření jasu nahrazuje měřením osvětlenosti [4].

Hodnocení oslnění v interiérech zobrazujícím jasoměrem se provádí pouze pro konkrétní kontrolní body v místech pracovišť a pro hlavní směry pohledu pozorovatele. Hodnocením oslnění umělým světlem pomocí ILMD nelze provádět kontrolu oslnění v celé místnosti. Toto hodnocení se v souladu s technickou normou [1] provádí tabulkovou metodou. Hodnocením

oslnění denním světlem pomocí ILMD slouží k ověření vlastností ochrany před oslněním, ale neslouží k celkovému hodnocení oslnění denním světlem. Toto hodnocení se provádí podle postupu uvedeného v příslušné technické normě [5].

Odhad rozšířené nejistoty se u provozního měření uvádí v rozsahu $8 < U \leq 14$ % [8].

Vzhledem k omezenému rozsahu stránek je v následujícím textu uveden postup měření jasu pozemních komunikací pomocí ILMD. Postup měření oslnění v interiérech od denního a umělého světla pomocí ILMD je uveden v příslušné metodice, která bude volně dostupná spolu s dalšími metodikami na <https://www.spolky-csvts.cz/cms/>

3 HLAVNÍ A POMOČNÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

Pro standardní provozní měření jasu lze u pozemních komunikací jako hlavní měřidlo použít ILMD spolu s vyhodnocovacím programem. Vyhodnocovací program z naměřených hodnot jasu scény určí jasy v kontrolních bodech a vypočítá průměrné hodnoty jasů a celkové a minimální rovnoměrnosti osvětlení. Při měření jasu se pro ověření podmínek měření, pro vytyčení poloh kontrolních bodů a pro mechanické upevnění ILMD v těchto bodech používají pomocné měřicí přístroje a pomůcky. Měřicí přístroje je nutné používat s příslušenstvím dodaným nebo doporučeným výrobcem měřicích přístrojů.

3.1 Hlavní měřicí přístroj

- Měřicí přístroje ILMD se v praxi používají pro měření jasu jako náhrada za měření bodovými jasoměry.
- Pro provozní měření jasu musí mít měřicí přístroje ILMD platnou kalibraci provedenou akreditovanou laboratoří.
- U měřidel ILMD se pro měření jasu pozemních komunikací vedle fotometrické kalibrace provádí i kalibrace geometrická.
- Lhůta kalibrace ILMD pro provozní měření je 2 roky, pokud nejsou vyšším právním předpisem, vnitřním předpisem nebo laboratoří provádějící kalibraci požadovány lhůty kratší.
- Některé typy ILMD umožňují snadnou změnu nastavení optického systému (změna ohniskové vzdálenosti, ohniska, clony, objektivy a filtry). Obecně platí, že charakteristiky a jejich hodnoty popisující ILMD jsou platné pouze pro velmi specifické nastavení (ohnisková vzdálenost, ohnisko, clona atd.), které musí být uvedeno spolu s rozšířenou nejistotou ILMD výrobcem nebo laboratoří, provádějící kalibraci.
- Při měření jasu pozemních komunikací je minimální úhlová velikost, ve které se vyhodnocuje jas v jednotlivých kontrolních bodech $1'$. Maximální úhlová velikost je $20'$ v horizontální rovině a $2'$ ve vertikální rovině [4].
- Charakteristiky zobrazujících jasoměrů jsou uvedeny v dokumentu CIE [6].
- Měření i vyhodnocování měření se u ILMD liší od standardních fotometrů a tyto rozdíly je třeba zohlednit při popisu jejich vlastností [6].

- Měření i vyhodnocování měření u ILMD se provádí s využitím softwaru. Transformace z fyzikálních signálů na hodnoty jasu je složitý proces využívající algoritmy pro zpracování a kompresi obrazu.
- Měřidla ILMD obsahují velký počet čidel (pixelů). Každé z čidel má vlastní hodnoty jednotlivých charakteristik f_x [6].
- Vzhledem ke složitosti měřidel ILMD dané počtem čidel i způsobem vyhodnocování naměřených hodnot nelze, jako v případě bodových jasoměrů, z dílčích charakteristik ILMD f_x [6] stanovit, pro konkrétní měřicí úlohu, nejistotu přístroje. Nicméně obecně platí, že přístroje s menšími hodnotami f_x dosahují ve většině případů menších nejistot měření než přístroje s většími hodnotami f_x .
- Nejistoty měřidel ILMD uvádějí fotometrické laboratoře při jejich kalibraci zpravidla jako jednu hodnotu (příp. více hodnotami) ve formě rozšířené nejistoty U .

3.2 Pomocné měřicí přístroje a měřicí pomůcky

Pomocné měřicí přístroje a pomůcky používané pro měření osvětlení zahrnují:

- voltmetr - měření napájecího napětí světelného obvodu,
- teploměr - měření teploty v měřeném prostoru,
- měřidlo vzdálenosti - umístění měřicího přístroje (laserové nebo mechanické),
- stativ - pevné uchycení a přesné nastavení polohy luxmetru,
- měřidlo času - měření doby stabilizace osvětlení (stopky, hodinky).

4 OBECNÉ PODMÍNKY MĚŘENÍ

- Jasy pozemních komunikací se měří na rovných úsecích pozemních komunikací (bez zatáčení, klesání nebo stoupání).
- Jasy pozemních komunikací lze měřit pouze při klimatických podmínkách, které neovlivňují měření (sníh, déšť, mlha, vítr).
- Jasy pozemních komunikací lze měřit pouze na pozemních komunikacích s povrchy, které mají stabilizované činitele odrazu (po třech letech provozu).
- Umělé osvětlení pozemních komunikací se vzhledem k relativní stálosti parametrů měří v absolutních hodnotách jasu L (cd/m^2). Hodnoty jasu může ovlivňovat řada vnějších faktorů (teplota, napájecí napětí apod.). Proto je třeba podmínky měření zaznamenat a případně zohlednit při vyhodnocování naměřených hodnot.
- Hodnoty světelně technických parametrů umělého osvětlení ovlivňuje stav světelných zdrojů. U nových světelných zdrojů dochází na začátku provozu k významným změnám fotometrických a elektrických veličin. Z tohoto důvodu je třeba nechat světelné zdroje po předepsanou dobu v provozu (tzv. stárnutí). Po této době dosáhnou fotometrické a elektrické veličiny světelných zdrojů svých počátečních hodnot.

- Při zapnutí světelných zdrojů trvá určitou dobu než se fotometrické a elektrické parametry ustálí. Z tohoto důvodu je třeba nechat osvětlovací soustavu před začátkem měření po předepsanou dobu zapnutou (doba stabilizace). Po této době dosáhnou světelné zdroje při konstantních napájecích podmínkách stabilních hodnot fotometrických veličin a elektrického příkonu.
- V průběhu provozu dochází ke stárnutí osvětlovací soustavy a poklesu světelného toku. Před měřením je vhodné získat informace o stavu údržby a stáří osvětlovací soustavy.
- Světelný tok některých typů světelných zdrojů je závislý na teplotě okolí. Z tohoto důvodu je třeba teplotu prostředí zaznamenat, a pokud je vliv teploty významný je třeba provést korekci naměřených hodnot na teplotu.
- Světelný tok některých typů světelných zdrojů je závislý na napájecím napětí. Z tohoto důvodu je třeba zaznamenat napájecí napětí, a pokud je vliv napětí významný je třeba provést korekci naměřených hodnot na napětí.

5 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ

Před zahájením vlastního měření je třeba provést přípravu.

5.1 Shromáždění informací o měřené pozemní komunikaci nebo prostoru

- geometrie pozemní komunikace (výkresová dokumentace, situace, řezy),
- projektová dokumentace silnoproudých rozvodů s rozmístěním svítidel,
- projekt umělého osvětlení,
- účel měřené pozemní komunikace,
- informace o typu osvětlovací soustavy,
- informace o svítidlech, světelných zdrojích a předřadných přístrojích,
- informace o ovládání a řízení osvětlovací soustavy,
- informace o stáří a údržbě osvětlovací soustavy (harmonogram údržby),
- informace o provozním stavu soustavy (nesvítící sv. zdroje),

5.2 Definování kontrolních bodů

Na základě informací o měřeném prostoru se pro měření použije referenční srovnávací rovina z projektové dokumentace osvětlení. Pokud není k dispozici projektová dokumentace, vybere se vhodný reprezentativní úsek pozemní komunikaci mezi dvěma světelnými místy na rovném, přímém úseku pozemní komunikace.

Při měření jasů pozemní komunikace je pozorovatel ve vzdálenosti 60 m před začátkem referenčního pole ve výšce 1,5 m nad vozovkou. V příčném směru se pozorovatel umisťuje postupně do středu každého jízdního pruhu. Při měření pomocí ILMD jsou kontrolní body na zvoleném referenčním úseku stanoveny obslužným programem.

5.3 Příprava osvětlovací soustavy

- Před měřením je třeba nechat světelné zdroje v provozu po stanovenou dobu (tzv. stárnutí), aby dosáhly počátečních hodnot fotometrických a elektrických veličin. Doba stárnutí u výbojek je 100 hodin, u LED modulů pro všeobecné osvětlování 0 hodin, pokud výrobce neuvede jinak.
- Před vlastním měřením je třeba, světelné zdroje, které již dosáhly doby stárnutí, nechat v provozu, aby došlo ke stabilizaci jejich fotometrických veličin a elektrického příkonu. Přitom je třeba zajistit konstantní napájecí podmínky. Za stabilizovaný se světelný tok považuje tehdy, pokud měřená hodnota jasů při měřeních s odstupem několika minut třikrát po sobě nevykazuje výrazné změny. U výbojových zdrojů a jiných zdrojů s luminoforem se považuje za minimální dobu stabilizace světelného toku 20 minut. U uzavřených svítidel může být tato doba delší.
- V případě, že je osvětlovací soustava ovládána a řízena řídicím systémem osvětlení provede se kontrola a nastavení řídicího systému na požadovanou úroveň.
- Při měření je třeba vyloučit vliv denního osvětlení (měření po setmění) i světla parazitních světelných zdrojů, které by ovlivnily měření (reklamy, světlomety automobilů apod.).

5.4 Příprava měřicích přístrojů

Před měřením je vhodné ILMD teplotně stabilizovat v souladu s pokyny výrobce.

Před měřením se provede kontrola baterií a stavu jejich nabití.

6 POSTUP MĚŘENÍ

Vlastní provozní měření jasů zahrnuje doplňkové měření a hlavní měření. Při doplňkovém měření se měří faktory ovlivňující měření osvětlení (teplota vzduchu, napájecí napětí apod.). Tato měření slouží k ověření podmínek, zda je možné za daného stavu měření provádět a případně se z naměřených hodnot odvodí korekční činitele, které se použijí při vyhodnocení měření. Při hlavním měření se měřidlem ILMD získají informace o rozložení jasů scény, o polohách kontrolních bodů a o hodnotách jasů v kontrolních bodech. Tyto fotometrické a geometrické informace se zpracují v počítačovém vyhodnocovacím programu.

6.1 Doplňkové a pomocné měření

Měření teploty

Doporučuje se provést měření teploty na začátku a konci měření. Teplota okolí může ovlivňovat nejen velikost světelného toku vyzařovaného svítidly, ale také přesnost měření ILMD.

Měření napětí

Napětí se měří na svorkách měřeného světelné obvodu. Při měření svítidel s elektronickými předřadnými přístroji je toto měření pouze orientační a korekce na napětí se zpravidla neprovádí.

Vytyčení kontrolního pole

Na povrchu vozovky se vytyčí kontrolní pole zahrnující celý jízdní pás pomocí předmětů, které budou ve výsledné fotografii dobře patrné a budou jednoznačně vymezovat měřené kontrolní pole definováním jeho rohů. Při měření jasu pozemní komunikace pomocí ILMD se síť kontrolních bodů fyzicky nevytyčuje. Je vytvořena při zpracování měření obslužným programem.

6.2 Hlavní měření

- ILMD se nastaví v souladu s požadavky výrobce nebo laboratoře provádějící kalibrací (ohnisková vzdálenost, clona atd..).
- Při měření je třeba eliminovat veškeré parazitní zdroje světla (denní osvětlení, světlo ze světlometů automobilů apod.), které by ovlivňovaly měření.
- Při měření je třeba zajistit, aby nedocházelo k clonění světla, dopadajícího z osvětlovací soustavy do kontrolních bodů (překážky, osoba provádějící měření).
- V případě, že je osvětlovací soustava vybavena řídicím systémem osvětlení nastaví se hladina jasu, pokud je to možné, na maximální hodnotu.
- Pokud soustava pracuje v různých provozních režimech (např. normální a adaptivní osvětlení u pozemních komunikací) provádí se měření jasu v kontrolních rovinách v každém provozním režimu, pokud není dohodnuto jinak.
- Měřicí přístroj se umístí do předepsaných poloh pozorovatele (čl. 5.2.).
- V předepsané poloze se přístroj ILMD umístí do požadované výšky a orientuje se rovnoběžně s podélnou osou pozemní komunikace. Pro zajištění dostatečné přesnosti měření je vhodné pro upevnění ILMD použít stativ.
- Po umístění, orientaci a zaostření ILMD v poloze pozorovatele se pořídí snímek.
- Měření jasu se provede pro předepsané (čl. 5.2) polohy pozorovatele ve všech jízdních pružích.

7 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Snímky z ILM D jsou zpracovány pomocí programu, který převede data z obrazového snímače na jasy scény. Z celkového obrazu jasu scény se v souladu s požadavky příslušné technické normy [4] stanoví průměrný jas jízdního pásu z jasů v měřeném kontrolním poli pro všechny požadované polohy „i“ pozorovatele $L_{av,i}$ (cd/m²) a minimální jas $L_{min,i}$ (cd/m²). Dále se určí minimální $L_{min,jp,i}$ a maximální $L_{max,jp,i}$ hodnoty jasů v osách jednotlivých jízdních pruhů. Z uvedených hodnot jasů se pro jednotlivé polohy pozorovatele stanoví rovnoměrnosti jasu.

Celková rovnoměrnost jasu jízdního pásu povrchu pozemní komunikace:

$$U_{o,i} = \frac{L_{min,i}}{L_{av,i}} \quad (-) \quad (1)$$

Podélná rovnoměrnost jasu povrchu jízdního pásu pozemní komunikace:

$$U_{l,i} = \frac{L_{min,jp,i}}{L_{max,jp,i}} \quad (-) \quad (2)$$

Ze stanovených jasů a rovnoměrností se pro výsledné hodnocení uvažuje nejnepříznivější hodnota jasu z jasů ve všech jízdních pruzích. Postup vyhodnocení naměřených hodnot pomocí IMLD je součástí dodávaného programu pro měření pozemních komunikací.

Naměřené hodnoty jsou hodnoty nekorigované. Pokud je měření ovlivněno určitým vnějším vlivem (teplota, napětí, spektrum světelného zdroje apod.) provede se korekce naměřených hodnot jasů.

$$L_{av,k} = K_{dj} \cdot K_U \cdot K_T \cdot L_{av} \quad (\text{cd/m}^2) \quad (3)$$

kde je:

K_{dj}	korekční činitel na měřený světelný zdroj (-),
K_U	korekční činitel napětí (-),
K_T	korekční činitel teploty (-),
L_{av}	nekorigovaná hodnota jasu v kontrolním bodě i (cd/m ²),
$L_{av,k}$	korigovaná hodnota jasu v kontrolním bodě i (cd/m ²).

Při měření nových osvětlovacích soustav (kolaudační měření) se průměrné hodnoty jasu vynásobí činitelem údržby použitým v projektové dokumentaci a stanoví se hodnoty průměrného jasu $L_{av,k,m}$ na konci intervalu údržby podle vzorce:

$$L_{av,k,m} = L_{av,k,0} \cdot z \quad (\text{cd/m}^2) \quad (4)$$

kde je:

$L_{av,k,0}$	počáteční hodnota průměrného jasu (cd/m ²),
z	činitel údržby (-).

V dalším kroku se stanoví nejistoty měření. Rozšířená nejistota se přepočítá z procent (%) na kandely na metr čtvereční (cd/m^2) a připojí se k výsledným korigovaným hodnotám jasů. Například korigovaná průměrná hodnota jasu bude $L_{av,k} = 1,3 \text{ cd. cd}/\text{m}^2$ a rozšířená nejistota bude $U = 13\%$. Přepočítaná rozšířená nejistota bude $U = 0,169 \text{ cd}/\text{m}^2$. Výsledek bude mít následující tvar:

$$L_{av,k} = (1,3 \pm 0,169) \text{ cd}/\text{m}^2$$

Naměřené hodnoty s nejistotami se porovnají s požadavky technických norem, právních předpisů, případně projektu. Podle výsledků měření mohou nastat čtyři následující situace:

- a) Pokud je zjištěná hodnota i s intervalem rozšířené nejistoty sledovaného parametru nad požadovaným limitem, považuje se to za vyhovující stav.
- b) Pokud je zjištěná hodnota i s intervalem rozšířené nejistoty sledovaného parametru pod požadovaným limitem, považuje se to za nevyhovující stav.
- c) Pokud je zjištěná hodnota nad limitem, ale spodní mez intervalu rozšířené nejistoty je pod limitem, nelze tvrdit, že stav je vyhovující.
- d) Pokud je zjištěná hodnota pod limitem, ale horní mez intervalu rozšířené nejistoty je nad limitem, nelze tvrdit, že stav je nevyhovující.

Na závěr vyhodnocení se uvede, zda podmínky osvětlení zjištěné měřením vyhovují hodnotám požadovaným právními předpisy a technickými normami, popřípadě zda odpovídají projektu.

V případě, že naměřené hodnoty neodpovídají požadavkům norem, je třeba navrhnout řešení jak stav napravit. Zpravidla se požaduje, aby takého řešení bylo rychle realizovatelné a finančně nenáročné.

8 Závěr

Metodické postupy musí být praktické a obsahovat jasná a jednoznačná pravidla a postupy, které by zajistily kontrolu všech parametrů osvětlení ovlivňující jeho kvalitu a současně byly v souladu s právními předpisy i technickými normami. Hodnocení musí být komplexní, ale současně jednoduché, aby bylo časově i finančně přijatelné a realizovatelné. Vhodnou platformou pro případnou budoucí diskuzi nad zpracováním takových metodických pokynů by mohla být pracovní skupina v rámci České společnosti pro osvětlování (ČSO). Tyto metodiky by do budoucna mohly být postupně zpracovány pro většinu aplikační oblasti:

- hodnocení denního osvětlení,
- hodnocení umělého normálního osvětlení ve vnitřních prostorech,
- hodnocení umělého nouzového osvětlení,
- hodnocení osvětlení venkovních pracovních prostorů,
- hodnocení osvětlení pozemních komunikací,
- hodnocení osvětlení v tunelech,
- hodnocení rušivého světla.

Požadavky na osvětlení uvedené v technických normách se podle způsobu kontroly dělí na parametry kontrolované měřením a na parametry, které se kontrolují na základě údajů poskytnutých výrobcem (katalogové listy, fotometrické údaje). Například pro kancelářské prostory jsou v technické normě [1] definovány požadavky pro následující parametry:

1. osvětlenost rovinné plochy E_{av} (lx),
2. rovnoměrnost osvětlení $U_{o,av}$ (lx);
3. rušivé oslnění UGR (-);
4. válcová osvětlenost E_c (lx);
5. rovnoměrnost válcové osvětlenosti $U_{o,c}$ (-);
6. index podání barev R_a (-);
7. mezní jas svítidel L_{65° (cd/m^2);
8. návrh plánu údržby;

Přímým měřením se kontroluje osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení. Rušivé oslnění se kontroluje pomocí tabulek UGR poskytnutých výrobcem, mezní jasy svítidel se kontrolují podle fotometrických údajů výrobce a index podání barev podle katalogových listů svítidel. Plán údržby se kontroluje v projektové dokumentaci. Jednou ze součástí metodiky hodnocení parametrů osvětlení by měl být i postup pro hodnocení parametrů přímým měřením. V současné době již existují metodiky pro měření osvětlení luxmetrem [2] a pro měření osvětlení jasoměrem [3].

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory, březen 2012;
- [2] MPM 8.1/01/20 Metodika měření denního a umělého osvětlení luxmetrem, ČMS
- [3] MPM 8.2/01/20 Metodika měření venkovního osvětlení jasoměry, ČMS
- [4] ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření, 6/2016
- [5] ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov, 8/2019
- [6] CIE 244:2021 Characterization of Imaging Luminance Measurement Devices (ILMDs)
- [7] ČSN EN 13032-1 + A1 Světlo a osvětlení – Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel – Část 1: Měření a formát souboru údajů, říjen 2012;
- [8] ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení, únor 2014;

Nový mezinárodní elektrotechnický slovník – Osvětlení

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

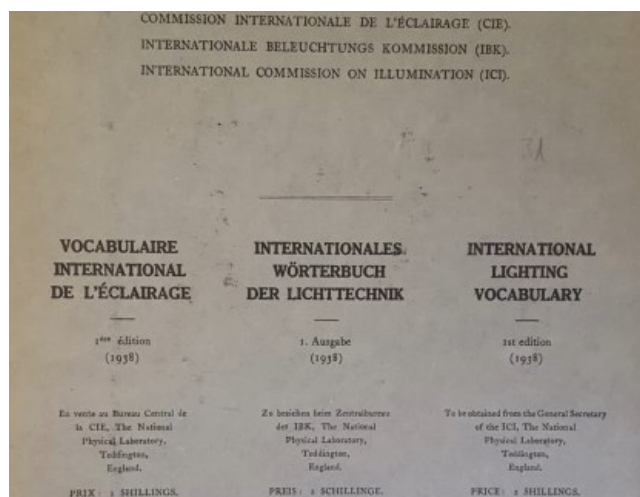
Abstrakt: Koncem minulého roku, v prosinci 2020, vydalo Mezinárodní elektrotechnická komise (IEC) slovník z oblasti osvětlení IEC 60050-845 „Mezinárodní elektrotechnický slovník - Osvětlení“. Tento slovník nahrazuje slovník ČSN IEC 50(845) z roku a vznikl ve spolupráci s Mezinárodní komisí pro osvětlování (CIE). Je tematicky členěn do 12 kapitol a obsahuje celkem 1 347 termínů a definic. Příspěvek představuje vývoj terminologie v oblasti světelné techniky a seznamuje s organizací termínů ve slovníku a obsahy jednotlivých kapitol.

1 Úvod

Terminologie je nauka o termínech, tj. o odborných názvech, a o způsobu jejich vytváření a sestavování do systémů. Terminologie se v čase přirozeně vyvíjí

- se změnami jazyka dané jeho přirozeným vývojem,
- s rozvojem vědy, techniky a lidského poznání.

Zavedení, pojmenování a vymezení termínů v rámci určitého oboru je pro komunikaci mezi odbornou veřejností velmi důležité. Terminologie v oblasti světelné techniky má poměrně dlouhou historii. Práce na prvním slovníku světelné techniky začaly již v roce 1921 v rámci Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) na jejím 5. zasedání a první mezinárodní slovník osvětlení (ILV) byl vydán v roce 1938 (obr. 1). Vydání dalších slovníků následovalo v letech 1957, 1970, 1987, 2011. Poslední vydání je z roku 2020, kdy byl slovník vydán jako norma [1].



Obr.1 Mezinárodní slovník osvětlení z roku 1938

Cílem Mezinárodního slovníku osvětlení (ILV) je prosazování mezinárodní standardizace při používání veličin, jednotek, symbolů a terminologie související s vědeckou i praktickou oblastí světla a osvětlování, barvami a viděním, měřením optického záření v ultrafialové, viditelné a infračervené oblasti, fotobiologií a fotochemií a zobrazovací technikou. Slovník obsahuje definice a základní informace nezbytné pro pochopení a správné použití zavedených termínů.

V roce 2015 byla zřízena technická komise CIE JTC 8, jejíž působností je oblast termínů a definic v ILV. Její činnost zahrnuje koordinaci terminologie v rámci divizí CIE, koordinaci s IEC [2] a koordinaci s ISO/TC 12 [4]. Výsledkem práce této komise je nové vydání ILV a provázání se slovníkem IEC. Na základě koordinace mezi CIE a IEC byl koncem roku 2020 vydán slovník IEC [2]. Tento slovník se v současné době připravuje k zavedení do soustavy českých národních norem.

2 Uspořádání termínů

V novém mezinárodním slovníku IEC [2] jsou termíny a definice uvedeny v angličtině a francouzštině. Termíny bez definic jsou uvedeny v dalších jazycích: arabštině, němčině, italštině, japonštině, korejštině, polštině, portugalsštině a čínštině.

Každé terminologické heslo odpovídá pojmu a v hlavních jazycích obsahuje:

- *číslo IEV* - tři části oddělené pomlčkami, první část je číslo části (3 číslice) pro osvětlení je toto označení 845, číslo oddílu (2 číslice) a číslo hesla (3 číslice).
- *písmenný symbol množství nebo jednotky* (např., *E*, lux, lumen),
- *preferovaný termín* - hlavní terminologické heslo v daném jazyce zapsané tučným písmem. Za ním mohou být uvedeny *synonyma* vytištěna na samostatných řádcích pod preferovaným výrazem. *Preferovaná synonyma* jsou tučným písmem a přípustná a zastaralá synonyma jsou vytištěna obyčejným písmem. Před zastaralým synonymem je uveden text „ZASTARALÝ“. Pokud v daném jazyce neexistuje žádný vhodný výraz, upřednostňovaný výraz se nahradí pěti tečkami takto: „.....“
- *atributy* - poskytující další informace související se specifickým použitím termínu, národní variantou nebo gramatikou (za termínem a synonymem). Jsou zapsány běžným písmem na stejném řádku, např.: **přenosové vedení**, <v elektrizačních soustavách>
- *neverbální vyjádření* - příklady a poznámky k heslu
- *zdroj* - pojem převzatý z jiné části IEV nebo z jiného směrodatného terminologického dokumentu s / bez úpravy, např.: ZDROJ: IEC 60050-131: 2002, 131-03-13, upraveno

Termíny v dalších jazycích jsou za terminologickými položkami v hlavních jazycích IEV

3 Oddíly slovníku

Nový mezinárodní slovník obsahuje celkem 1 347 hesel, které jsou uspořádány do dvanácti následujících oddílů:

- 845-21 Záření, veličiny a jednotky (114 hesel)
- 845-22 Vidění, podání barev (125 hesel)
- 845-23 Kolorimetrie (86 hesel)
- 845-24 Vyzařování, optické vlastnosti materiálů (143 hesel)
- 845-25 Radiometrická, fotometrická, kolorimetrická měření, fyzikální čidla záření (116 hesel)
- 845-26 Aktinické účinky optického záření, (87 hesel)
- 845-27 Světelné zdroje (136 hesel)
- 845-28 Součásti světelných zdrojů a jejich příslušenství (64 hesel)
- 845-29 Světelná technika a denní osvětlení (187 hesel)

- 845-30 Svítidla (73 hesel)
845-31 Vizuální signalizace (148 hesel)
845-32 Zobrazování (68 hesel)

21 Záření, veličiny a jednotky

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

záření – rozdělení, parametry, jevy (polarizace, interference, difrakce) ...,
základní pojmy - poměrná spektrální světelná účinnost, standardní fotometrický pozorovatel,
veličiny - radiometrické, fotometrické a fotonové (tok, svítivost, jas, osvětlenost, energie) ...,
jednotky – lux, lumen, kandela (lx, lm, cd) ...,
energetické veličiny související s osvětlením - měrný výkon, světelný účinek

22 Vidění, podání barev

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

struktura lidského oka - sítnice, čípky, tyčinky, žlutá skvrna, slepá skvrna ...,
vidění – centrální, periferní, fotopické skotopické, mezopické ...,
vady zraku - šeroslepost, barvoslepost, deuteranomálie, deuteranopie, dichromázie ...,
jevy související s viděním – Purkyňův, Stiles–Crawfordův, Helmholtzův–Kohlrauschův
barevný vjem – barva, barevný tón, chroma, index podání barev, kolorimetrický posuv...,
procesy a vlastnosti zrakového systému - adaptace, akomodace, zraková ostrost ...,
prostorové vlastnosti vidění - zorné pole, pohledové pole, zorný úhel ...,
podmínky vidění – míhání, oslnění, závojevý jas

23 Kolorimetrie

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

základní pojmy – barva, barevný podnět, funkce spektrálního složení barevného podnětu ...,
druhy barevných podnětů - achromatický, chromatický, metamerní, monochromatický ...,
druhy světla - iluminant, D, normalizovaný, simulátor denního světla ...,
zákony v kolorimetrii - Grassmannovy, von Kriesův, Abneyův ...,
popis barevného podnětu - trichromatická soustava, složky, kolorimetrické funkce, rovnice ...,
kolorimetrické soustavy - CIE 1931, CIE 1964, kolorimetrický pozorovatel ...,
diagram chromatičnosti - čára spektrálních světél, teplotních zářičů, denního světla ...,
popis barevných podnětů – dominantní vlnová délka, čistota, teplota chromatičnosti ...,
kolorimetrické prostory – CIE LUV, CIE LAB, rovnoměrný CIE 1964

24 Vyzařování, optické vlastnosti materiálů

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

teplotní záření - teplotní zářič, šedý zářič, teplota záře, emisivita, energetická hladina ...,
zákony popisující tepelné záření - Planckův, Wienův, Stefan-Boltzmannův ...,
luminiscence a typy - fotoluminiscence, elektroluminiscence, katodoluminiscence ...,
typy a vlastnosti materiálu - odraz, prostup, rozptyl (přímý, rozptylný, smíšený) ...,
rozptylný povrch a jeho vlastnost - Lambertovský povrch, Lambertův kosinusový zákon,

veličiny popisující vlastnosti materiálů - činitele odrazu a prostupu a pohlcení, činitel jasu, *typy filtrů* – selektivní, neselektivní, barevný, šedý klín ..., *vlastnosti a vzhled povrchů* - zákal, vlnitost, zrnění, podlesk, pomerančová kůra ...,

25 Radiometrická, fotometrická, kolorimetrická měření; fyzikální čidla záření

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

definice a typy etalonů – základní, sekundární, pracovní ..., *měření veličin* – radiometrie, fotometrie, kolorimetrie, vizuální, fyzikální ..., *měřicí přístroje* - radiometr, fotometr, kolorimetr, luxmetr, jasoměr, gonifotometr, leskoměr ..., *druhy čidel* – fotoelektrické, tepelné, maticové, kvantové, fotodiody, fototranzistor..., *parametry měřicích přístrojů* - fotoelektrický proud, temný proud, odezva, doba odezvy ..., *geometrie měření* - souřadnicový systém, fotometrický střed, geometrie 0°, 8°, 45°a, 45°x ..., *zákony u měření* – zákon o fotometrické vzdálenosti, fotometrický inverzní čtvercový zákon ...,

26 Aktinické účinky optického záření

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

definice - aktinita
působení záření - fotická makulopatie, fotokarcinogeneze, fotomorfogeneze, fotovytvrzování .,
terapie - fototerapie, helioterapie, světelná terapie ...,
veličiny – efektivní dávka, aktinická dávka, intenzita dávky, fotobiologická dávka ...,
typy záření – erytémové záření, germicidní záření
periodické změny – biologický rytmus, cirkadiánní rytmus, fotoperioda, fotoperiodismus ...,
nebezpečí spektrální – nebezpečí ultrafialové ozáření, nebezpečí modrého světla ...,
nebezpečí vzdálenosti – pro oko, pokožku, pro sítnici ...,

27 Světelné zdroje

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

druhy světelných zdrojů – primární, sekundární, vyměnitelný, nevyměnitelný ...,
typy a varianty světelných zdrojů – teplotní, výbojové, polovodičové ...,
složení a typy polovodičových zdrojů - LED přechod, LED součástka, LED modul ...,
směrový světelný zdroj - osa optického svazku paprsků, úhel svazku paprsků ...,
speciální světelné zdroje - germicidní výbojka, IR a UV zářič, spektrální zdroj ...,
testování – etalony, referenční výbojka, zkouška života, výpadek, teplota okolí ...,
parametry a vlastnosti světelných zdrojů - život, napětí, proud, příkon, účinnost, stárnutí ...,

28 Součásti světelných zdrojů a jejich příslušenství

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

součástí světelných zdrojů - vlákno, baňka, patice, objímky, elektrody, hořáky ...,
příslušenství světelných zdrojů - startér, zapalovač, předradník, předradný přístroj ...,

29 Světelná technika a denní osvětlení

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

základní pojmy - světelná technika, osvětlovací technika, světelné prostředí ...,

osvětlovací soustava - celková, místní, odstupňovaná, kombinovaná ...,
nouzového osvětlení - únikové, bezpečnostní, náhradní ...,
charakter osvětlení - přímé, převážně přímé, smíšené, převážně nepřímé, nepřímé ...,
způsob osvětlení - směrové, rozptýlené, plošné, bodové, akcentové ...,
popis vyzařování svítidel - rozložení svítivosti, pásmový tok, úhel poloviční svítivosti ...,
výpočetní metody a jejich parametry – toková, bodová, činitel využití, index místnosti ...,
mnohonásobné odrazy - součinitel vzájemné výměny, činitel vazby, činitel konfigurace ...,
složky denního světla a záření - globální, přímé, oblohové, sluneční ...,
popis denního světla – oblohy podle CIE, činitel denní osvětlenosti, vlastnosti atmosféry ...,
soustavy denního osvětlení - okno, světlík, sluneční clona, světlovod ...,
požadavky na osvětlení – místo zrakového úkolu, činitel údržby, osvětlenost, jas ...,
rušivé vlivy osvětlení - zóna životního prostředí, rušivé světlo, světelné znečištění ...

30 Svítidla

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

definice – svítidlo, světlometu ...,
typy svítidel podle vyzařování - souměrné, nesouměrné, širokouhlé ...,
typy svítidel podle provedení - obyčejné chráněné, nevýbušné, nárazuvzdorné, přenosné ...,
typy svítidel podle instalace - závěsné, stahovací, zápusťné, stropní, stolní ...,
typy světlometů - úzkouhlý, širokouhlý, reflektorový, čočkový, Fresnelův, tvarovací ...,
speciální svítidla - pro akvária, pro doly, pro tunely, přilbové, těžní ...,
optické a ochranné části svítidel - refraktor, reflektor, difuzor, mísa, stínidlo, mřížka ...

31 Vizuální signalizace

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

definice – návěst, návěstidlo ...,
světelné návěsti - rytmické světlo, zábleskové světlo, blikající světlo, zakrývané světlo ...,
návěstidla a světla v lodní dopravě - maják, sektorové světlo, směrové světlo, vodící světlo ...,
návěstidla a světla v letecké dopravě - překážkové světlo, letištní maják, krátká příčka ...,
návěstidla a světla v pozemní dopravě - semafor, dálkový světlomet, potkávací světlomet ...,
pásma tunelu - příjezdové, prahové, přechodové, dělicí, vnitřní, výjezdové ...,
typy dopravních značek a informačních tabulí - fluorescenční, reflexní, proměnná ...,
vlastnosti značek – výška znaku, čitelnost, oddělenost znaků, srozumitelnost ...,
informace k pozemní komunikaci - příčný směr, podélný směr, azimut instalace ...,
osvětlení pozemních komunikací - celková rovnoměrnost, podélná rovnoměrnost, činitel okolí.

32 Zobrazování

V tomto oddíle slovníku jsou uvedeny termíny související s následujícími tématy:

vlastnosti zobrazení - data barevného obrazu, správa barev, reprodukce barev, bod bílé ...,
zobrazovací zařízení - plochý displej, LCD displej, plazmová obrazovka, OLED displej ...,
kódování a popis přenosu obrazu – formát profilu ICC, stav obrazu, atributy kódování obrazu.

4 Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení

Vedle mezinárodního elektrotechnického slovníku z oblasti osvětlení je v soustavě národních technických norem zavedena ještě jedna terminologická norma z oblasti osvětlení, zahrnující zejména termíny z jednotlivých aplikačních oblastí světlené techniky. Obsahuje celkem 267 hesel a v terminologické části je norma členěna do 6 částí

- zrak a vidění (16 hesel),
- světlo a barva (80 hesel),
- osvětlovací zařízení (51 hesel),
- denní světlo (11 hesel),
- osvětlovací soustavy (98 hesel),
- měření osvětlení (11 hesel).

Literatura a odkazy

- [1] CIE S 017/E:2020 ILV: International Lighting Vocabulary, 2nd Edition
- [2] ČSN IEC 60050-845 ed. 2 - Mezinárodní elektrotechnický slovník (IEV) Kapitola 845 – Osvětlení, 2021
- [3] ČSN EN 12665 Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení, 8/2018
- [4] ISO 80000-7 „Veličiny a jednotky-Část 7: Světlo a záření“

Foxtrot 2 a řízení (nejen) osvětlovacích soustav

Jaromír Klaban, Ing., Teco a.s., Kolín, klaban@tecomat.cz, www.tecomat.cz

Abstrakt: V příspěvku jsou popsány aktuální technické vlastnosti a možnosti systému Tecomat Foxtrot 2 využitelné pro statické a dynamické řízení jednotlivých svítidel a celých osvětlovacích soustav a to jak interiérových, tak exteriérových včetně veřejného osvětlení. Zmíněny jsou jeho možnosti integrace všech provozních souborů či technologií v domě, budově nebo areálu do jednotného systému navázaného na monitoring a efektivní řízení využití energií z více zdrojů elektrické energie včetně bateriových uložišť.

1 Úvod

Z hlediska ovládání svítidla v dnešní době již nestačí pouhé zapnutí a vypnutí nástěnným vypínačem. Dnešní doba žádá stmívání, ovládání podle přítomnosti osob, podle denní doby, podle intenzity vnějšího osvětlení, koordinací více svítidel najednou, měření aktuální spotřeby, její archivaci, minimalizaci nákupu energie ze sítě a využití vlastních zdrojů fotovoltaické energie případně té, která je uložena v lokálním bateriovém uložišti. Stále častější je požadavek na koordinaci osvětlení s provozem jiných technologií v objektu například žaluzií a ostatní stínící techniky. Na trhu jsou zdroje světla s předřadníky umožňující řízení teploty chromatičnosti a samozřejmě RGB svítidla umožňující vygenerovat jakoukoliv barvu.

Kralování Edisonovy žárovky skončilo a kromě ní na trhu najdeme nejrůznější výbojková svítidla a dnes především dominující zdroje světla na bázi LED. Z hlediska ovládání kromě zapnutí a vypnutí vypínačem vzniklo několik standardů. Nezákladnější je fázové řízení intenzity světla u zdrojů přímo připojovaných na střídavé síťové napětí, které přirozeně fungovalo na klasické žárovky a které se z důvodů kompatibility naučily i LED žárovky (ale jen ty označení jako stmívatelné). Další principy ovládání jsou již orientovány na řízení pomocí přenosu dat a do řízení osvětlení začínají pronikat nejrůznější sběrnice a protokoly. Mezi ně patří např. DMX pro rychlé ovládání intenzity i barev původem z oblasti řízení jevištní techniky. Do dvacátých let vstupujeme s dominantní rolí sběrnice DALI resp. DALI2.

Tím se pro výrobce svítidel relativně zjednodušila situace a požadavek na říditelnost jejich produktu mohou vyřešit vestavěním DALI předřadníku. Projektant a realizátor pak ale stojí před úkolem tato svítidla napojit na nějakou „hlavu“, Teprve ta splní všechny požadavky provozovatele nejen na samotné světlo, ale také na způsob ovládání, na design vypínačů, na měření spotřeby a na všechny další vazby uvedené již v prvním odstavci. To vše v alternativě na dálku, nejlépe z mobilního zařízení a navíc ještě kyberbezpečně. Měl by také počítat nejen s požadavky na prvotní instalaci a oživení, ale na případný servis a změny v průběhu celé životnosti instalace osvětlovací infrastruktury

2 Foxtrot 2

Úvodní tři odstavce nadhodily témata, která všechna dohromady řeší integrálně například systém Tecomat Foxtrot dnes již ve druhé generaci. Následující kapitoly a odstavce jsou věnovány stručnému popisu a vysvětlení jak jednotlivé požadavky Foxtrot 2 řeší do té míry, aby ujistil projektanty i koncové uživatele, že s tímto systémem vyřeší všechny současné i budoucí požadavky kladené na osvětlovací soustavy.

2.1 Centrální moduly

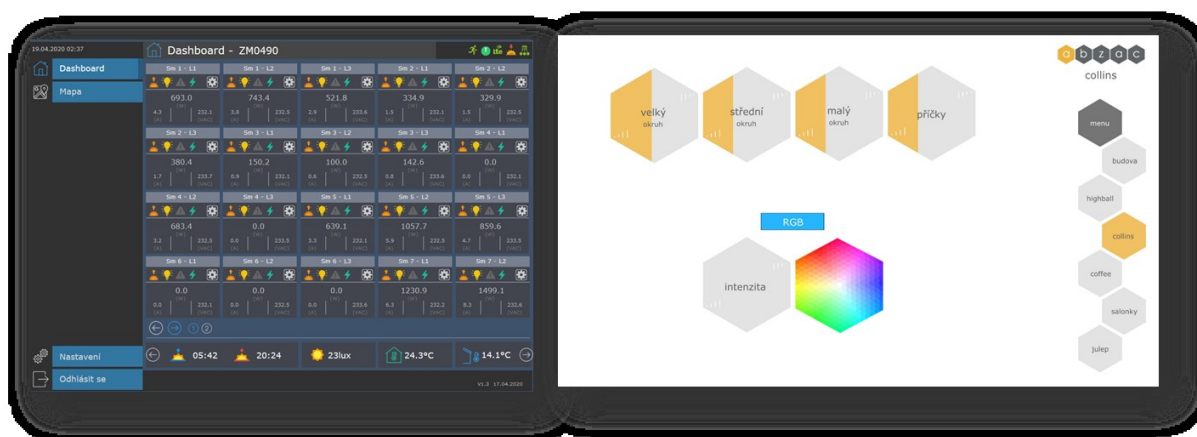
Jsou popsány v rámci obr. 1.



Obr.1 Tři velikostní verze základních (centrálních) modulů Tecomat Foxtrot 2. Nejmenší CP-2090 se šíří tří jističových modulů je bez vstupů a výstupů, CP-2095 s osmi vstupy a šesti reléovými výstupy a CP-2097 celkově s patnácti vstupy a třinácti výstupy. Šesti a devíti modulové verze mohou nést integrovaný LTE modem pro přímé připojení do internetu. Všechny mají konektivitu do dvou LAN sítí, čtyř sériových komunikačních kanálů a rozšiřitelnost vstupů a výstupů na systémových sběrnicích: rychlé TCL2 a dvou vodičové CIB Common Installation Bus® tedy instalační s dosahem až 500 m.

Napájení celého systému včetně distribuovaných periférií je na úrovni 24 V DC a lze jej zálohovat baterií i na více hodin. Systém po výpadku napájení si udržuje všechna data a svůj stav tak, aby po obnovení napájení pokračoval přesně tam, kde předtím skončil.

Centrální modul má až 5 násobnou IP konektivitu. Dvě na Ethernet konektorech, dvě na Wifi, jedné integrované a jedné připojené přes USB port a poslední pátá je na vestavěném LTE modemu. Každá centrála má web server, systémové web stránky a především uživatelské grafické volně programovatelné interaktivní web stránky. Lze na nich vytvořit specifické ovládání pro každou aplikaci jiné.



Obr.2 Ukázka integrovaného grafického uživatelského rozhraní. Vlevo přehled jednotlivých fází vystupujících ze zapínacího místa – rozvaděče veřejného osvětlení (VO). Vpravo ovládání interiérového osvětlení v Centru barmanské asociace vycházející a citující logo ve tvaru šestiúhelníku.

Centrální modul obsahuje i paměť pro archiv měřených dat a stavů. Obsah je přístupný v síti LAN úplně stejně jako NAS tedy jako síťově přístupné datové úložiště dle příslušných IT standardů.

A na závěr samozřejmost: systém je volně programovatelný podle harmonizované normy IEC 61131-3 a systémový integrátor tak může aplikační přizpůsobit individuálním požadavkům konkrétní instalace a zadání uživatele nebo investora.

2.2 Rozšiřující moduly

Kromě rozšiřujících modulů se diskrétními či analogovými vstupy a výstupy standardními ve světě automatizace, disponuje systém Foxtrot 2 na své dvou vodičové instalační sběrnici CIB Common Installation Bus® širokou škálou modulů buď specializovaných na osvětlení, nebo vhodných pro integraci funkcí v osvětlovací technice běžných ale třeba i nových a unikátních.

Z hlediska ovládání a zadávání scén uživatelem jsou k dispozici interiérové nástěnné moduly. Viz Obr. 3.

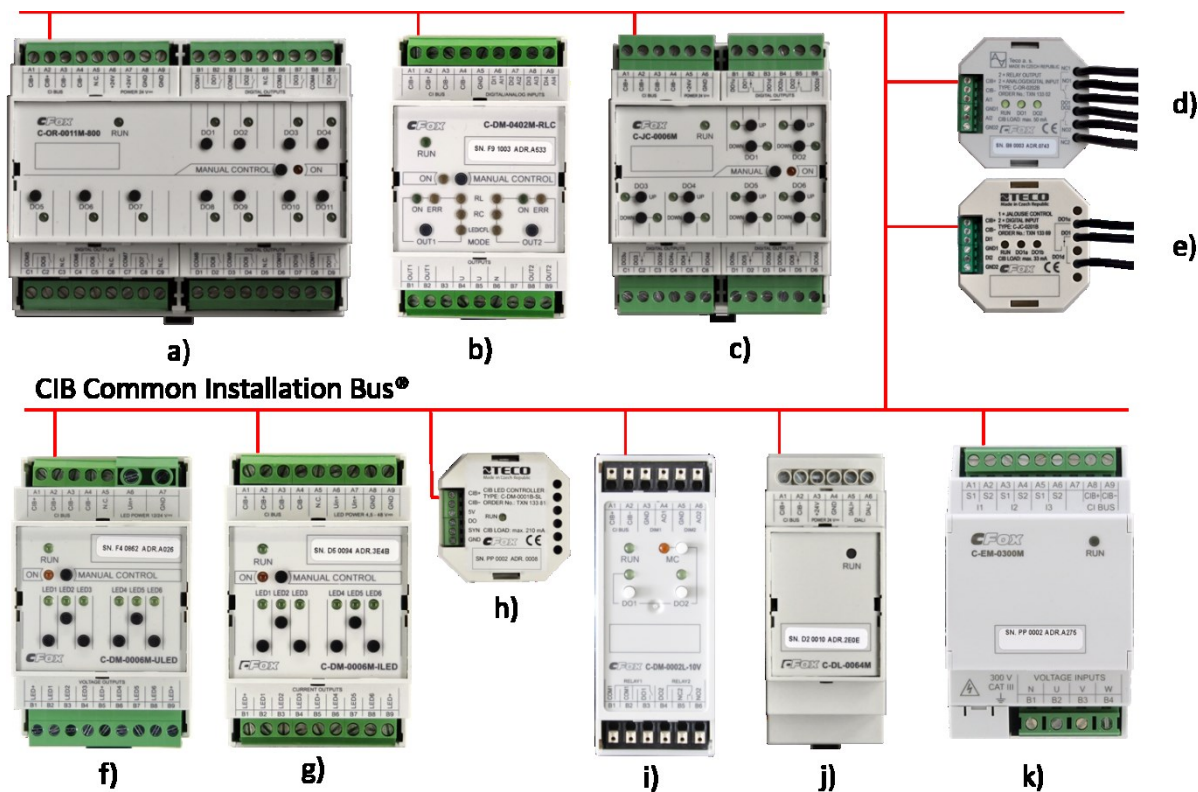


Obr.3 Stručná ukázka provedení připojitelných nástěnných ovladačů. Počínaje klasickými i CIB sběrníčovými „vypínači“ v designech hlavních světových i tuzemských výrobců až po skleněné dotykové ovladače s různě provedenými displeji a dokonce s individuálními popisy a ikonami. Sběrníkové ovladače většinou integrují různé varianty snímačů vnitřního prostředí – teploty, vlhkosti, koncentrace CO2, pohybu a samozřejmě také vnitřního osvětlení.

Z hlediska aktorů ovládajících světelné zdroje přímo nebo přes sběrnice jsou na sběrnici CIB k dispozici moduly do rozvaděče i do instalační krabice. Na obr. 4 jsou vybrané tyto moduly:

- a) 11ti násobný spínací modul s relé každé s odolností 800A náběhového proudu (inrush current)

- b) Dvoukanálový fázový stmívač 230V, 2x 500W. Výstupy lze propojit a zvýšit zátěž na 1kW resp. spojit 2 moduly a stmívat 2kW zátěž. Lze nastavit induktivní zátěž (klasické transformátory) nebo kapacitní zátěž – elektronické transformátory a stmívatelné LED žárovky.
- c) 6 kanálový žaluziový aktor – ukázka kombinace jiných než osvětlovacích technologií.
- d) Dvoukanálový reléový modul pro max. 80 A inrush current.do instalační krabice
- e) Jednakanálový modul ovládání žaluziového pohonu do instalační krabice



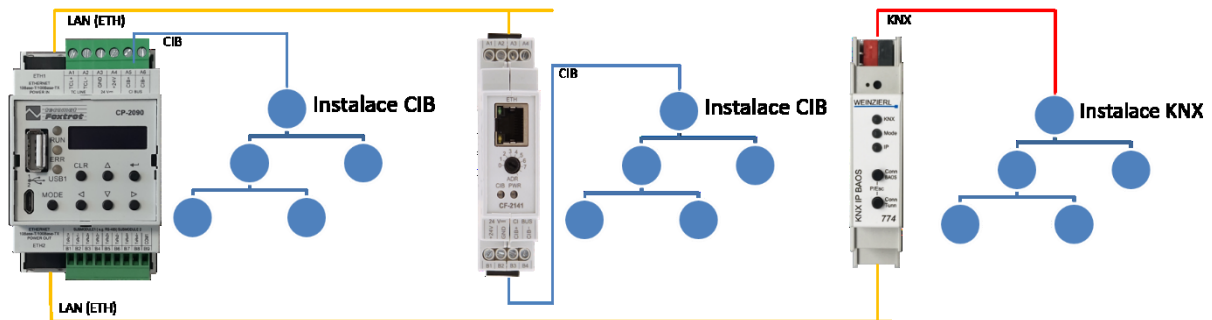
Obr.4 Ukázka CIB sběrnicových modulů s aktory využitelnými pro řízení osvětlovacích soustav. Naznačeno je připojení na dvou vodičovou instalační sběrnicí CIB Common Installation Bus®, kterou lze libovolně větvit a rozprostřít po budově nebo areálu do vzdálenosti 500m. Na jednu větev lze připojit až 32 modulů, pod jednou centrálou může být až 10 větví CIB. Zajišťuje reakce celé soustavy do 200-300 ms.

- f) 6 kanálový stmívač LED pásků. Možno řídit jako 2x RGB kanál
- g) 6 kanálový stmívač přímo LED čipů. Možno řídit jako 2x RGB.
- h) Modul pro řízení LED pásků s individuálně řízenými adresovatelnými LED čipy
- i) Dvoukanálový modul řízení předřadníků ovládanými napětím 0-10V
- j) Modul mastera sběrnic DALI pokrývající celý adresovací prostor 64 DALI předřadníků na jedné větvi.

- k) Modul rychlého 3 fázového elektroměru pro přesná i orientační měření podružné spotřeby světelných okruhů, což bývá často součástí požadavků na modernizaci osvětlení, např. v halách.

2.3 Rozšiřování systémových sběrnic, integrace KNX

Jednou z největších předností systému Tecomat Foxtrot 2 je jeho stavebnicová rozšiřitelnost, ne trhu největší flexibilita a sortiment rozšiřovacích modulů a jeho otevřenost vůči integraci systémů třetích stran. Důkazem toho je obr.5.



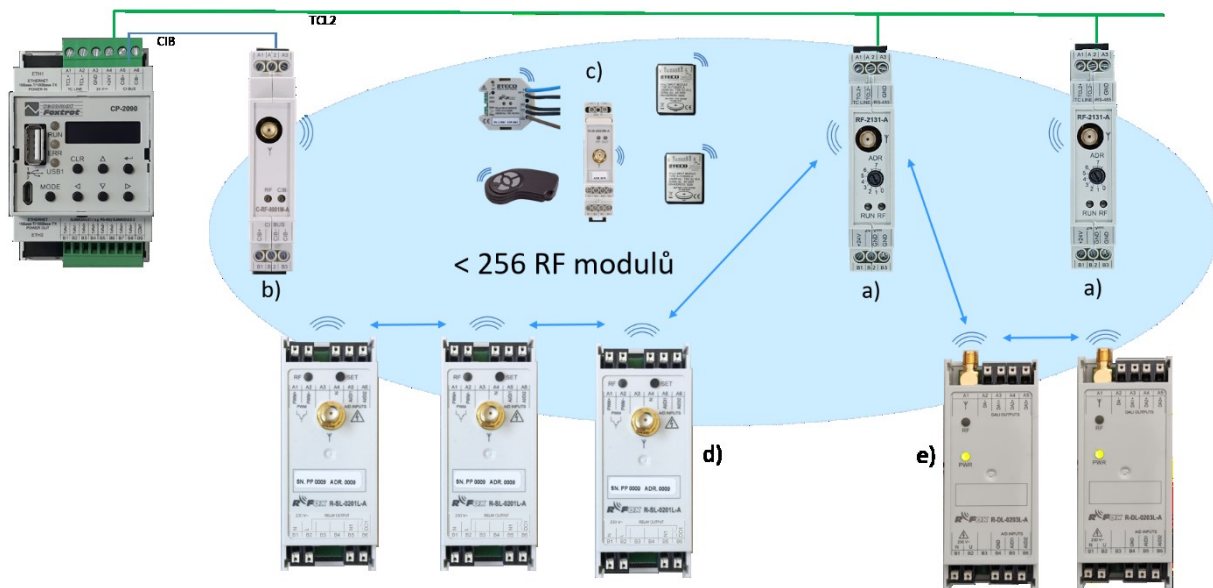
Obr.5 Centrála Foxtrot 2 umožňuje pro rozšiřování rozsahu instalace v budovách využít i standardní datové sítě a stávající strukturovanou kabeláž například mezi patry. Master další větve sběrnice CIB (na obrázku uprostřed) se připojuje přes LAN. Centrála takové Ethernet porty má dva. Více CIB masterů (max. však 10) lze připojit např. přes standardní LAN switch. Napravo je zobrazen přes LAN připojitelný modul BAOS, který je převodníkem dat a telegramů z KNX instalace. Obrázek ukazuje, že pod Foxtrot lze integrovat i celou instalaci KNX a svěřit mu řešení nadřazených řídicích úloh, nebo integraci KNX instalace do jedné aplikace s dálkovým zabezpečeným přístupem přes internet.

Stejným nebo technicky podobným způsobem lze pod jednu centrálu integrovat další technologie v domě, především energetiku kombinující dodávku elektřiny ze sítě, z vlastních obnovitelných zdrojů, integrovat chytrou elektromobilitu, žaluzie, kotelnu, zabezpečovací a přístupovou techniku. Stručně řečeno nakombinovat jakoukoliv sestavu TZB – Technického zařízení budov.

2.4 Bezdrátové rozšiřující moduly

Foxtrot 2 nabízí nativně také integraci bezdrátových modulů. Opět s pomocí obrázku je naznačeno rozšíření o komunikační moduly, které vytvoří pokrytí daného objektu nebo venkovního prostoru. Základní principy sítě RFox1 vysvětluje popisek obrázku.

Z hlediska řízení osvětlení se soustředíme na moduly označené písmeny d) a e). Modul e) je určen pro řízení předřadníku pomocí pulsní šířkové modulace (PWM) umí pouze 1 výstupní hodnotu. Je určen pro vestavbu například do lampy VO (veřejného osvětlení), která modulu poskytuje příslušné krytí. Modul d) je inovací, umí 3 nezávislé mastery sběrnice DALI resp. DALI 2. Každý master umožňuje přiřadit až 6 předřadníků. Oba dva moduly mají vlastní autonomní funkci. Především uložený celodenní časový program.



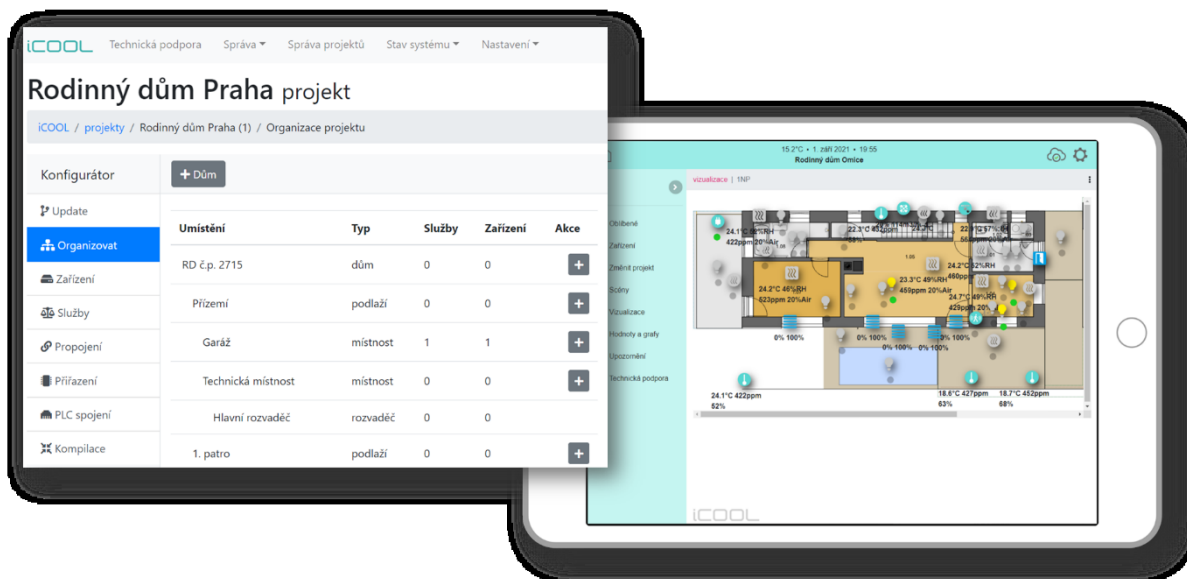
Obr.6 Princip ve Foxtrotu 2 integrované bezdrátové sítě RFox2. Pracuje v bezlicenčním pásmu 868 MHz, tvoří ji jeden nebo více radiových Masterů typu a) tedy připojených přes sběrnici TCL2 nebo b) připojených přes sběrnici CIB. Síť RFox2 adresuje až 256 modulů, přístup k nim zajišťuje buď přímo Master nebo si telegram moduly mohou mezi sebou retranslovat, zkráceně „hopovat“.

Centrální modul zajišťuje pouze iniciační nastavení autonomního programu, případně jeho změnu a pokud možno cyklicky srovnává aktuální čas vnitřních zálohovaných hodin v modulu. Obrázek naznačuje hopování těchto modulů, které se za určitých okolností může využívat pro individuální komunikaci a řízení lamp veřejného osvětlení z centrálního modulu Foxtrot 2, který může být umístěn v zapínacím místě, odkud navíc řídí a monitoruje všechny silové okruhy rozvaděče veřejného osvětlení a navíc bezdrátově komunikuje s centrálním dispečinkem technických a servisních služeb města či obce.

2.5 iCOOL4 – sestavení řídicího algoritmu bez programování

Přestože základní výhodou Foxtrotu je jeho volná programovatelnost, pro opakující se a standardizované úlohy lze od roku 2020 nově využívat systém iCOOL4 firmy ICT Expert, který je generátorem HW konfigurace kompletní instalace pod Foxtrotem, zároveň generátorem aplikačního programu a navíc i uživatelského grafického rozhraní nad Foxtrotem. Požadavky se zadávají formou popisu objektu, místností, zařízení, služeb, logického propojení, generování konfigurace a pak přiřazení konkrétních vstupů a výstupů na konkrétní aktory a sensory.

Celá konfigurace, kterou může provést přímo např. i projektant, končí připojením konkrétního Foxtrotu přes zabezpečenou Virtuální privátní síť (VPN) a závěrečnou kompilací standardním překladačem Mosaic, nahráním výsledku do Foxtrotu a jeho spuštěním. To vše bez zásahu programátora, bez jakéhokoliv spouštění programovacího prostředí Mosaic a navíc na dálku



Obr.7 Vlevo ukázka dialogu popisu organizace domu nebo budovy formou online dialogu ve standardním prohlížeči, Vpravo výsledné uživatelské rozhraní včetně vizualizace, kterou si uživatel může na tabletu sestavit a upravit sám.

3 Závěr

Příspěvek měl za cíl seznámit čtenáře se základními HW, SW a komunikačními možnostmi nové generace systému Tecomat Foxtrot 2 pro projekty řízení světla a osvětlovacích soustav. Zdůraznil, že systém je použitelný nejen na projekty specializované úzce jen na osvětlení, ale i na ty, které přicházejí a budou přicházet čím dál častěji a to v propojení s dalšími provozními soubory TZB v objektu často s připojením na různě velká dispečerská pracoviště.

Na závěr příspěvek naznačil nový směr, kterým se budou ubírat opakující se, standardizované a rozsahem větší a velké integrované instalace v nových i rekonstruovaných objektech formou automatizovaného generování aplikačního programu a jeho následné dálkové správy v průběhu celého životního cyklu instalace.

Literatura a odkazy

- [1] Teco a.s. – Online katalog Tecomat; <https://catalog.tecomat.cz/>, 2021

Implementace BIM do světelné techniky

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

Co je to BIM

- ▶ BIM - Building Information Modeling
- ▶ Jiný (nový?) přístup k projektování staveb
- ▶ N-rozměrný databázový společný digitální model obsahující všechny potřebné údaje o stavbě
 - ▶ Soubor navzájem propojených digitálních informací
 - ▶ 3D modely a technické vlastnosti stavebních a jiných konstrukcí a zařízení všech profesí
 - ▶ Podporuje zobrazení různých pohledů na model – 2D (půdorysy, řezy), 3D, tabulky, textové výstupy
 - ▶ Může obsahovat postup výroby
 - ▶ Konečným výsledkem může být model pro správu objektu
- ▶ Projektování se mění od kreslení čar a vkládání bloků k 3D modelování na základě existujících databází výrobků různých výrobců
 - ▶ Nekreslí se čáry a kružnice, ale základy, stěny, okna, svítidla ...



Obrázek 1 - Dříve



Obrázek 2 – Dnes

Výhody a nevýhody BIM

Výhody

- Místo většího množství různých 2D výkresů (půdorysů, řezů, pohledů) existence jednoho společného modelu, ze kterého bude možno zobrazit jakýkoliv pohled
- Zobrazení možno nastavit pro různé stupně dokumentace
- Úpravou modelu v jakémkoliv pohledu se upraví všechny pohledy
- Snadná specifikace materiálu

Nevýhody

- Cenová a HW náročnost BIM modeláře
- Rozsáhlé soubory dat
- Různé formáty souborů
- Obtížnější orientace ve velkém modelu
- Současná nejednotnost v rámci různých norem, EU, Česka, různých software
 - Komplikace při spolupráci různých profesí

Software k BIM modelování

- Autodesk Revit
- ArchiCAD

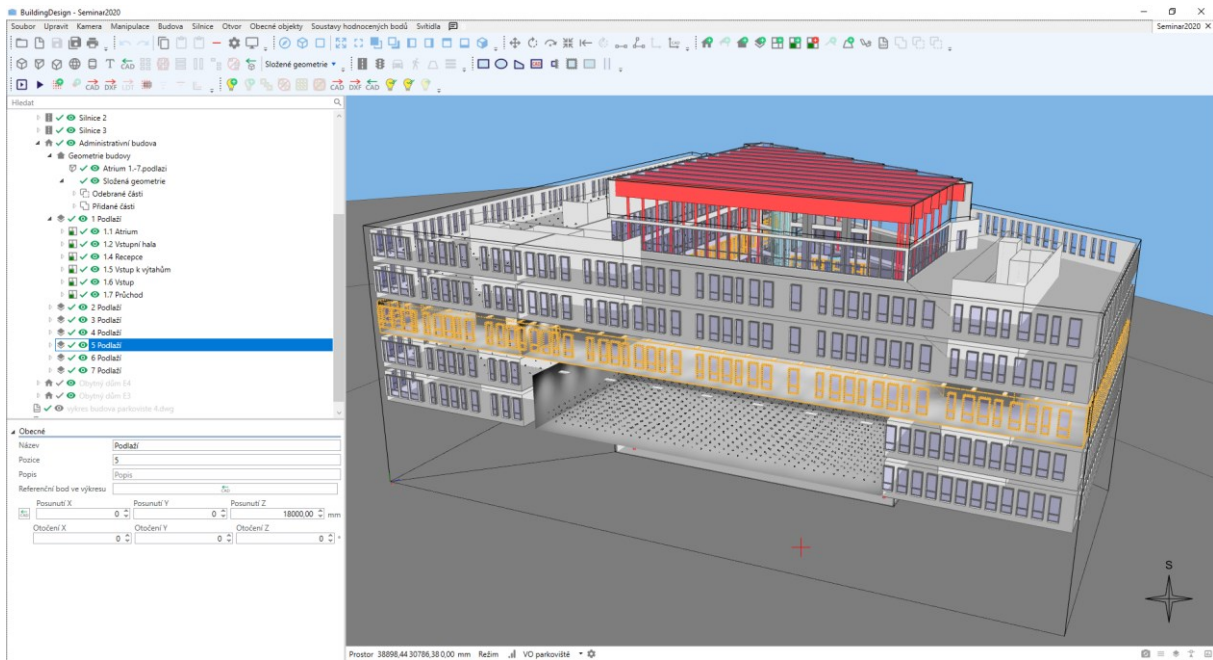
- Allplan (Nemetchek)
- Arcadia BIM
- Casua 3D
- 3DS ?
- BricsCAD ?
-

Veřejné formáty souborů – BIM modelů

- IFC - Industry Foundation Classes – rádooby obecný převoditelný soubor
- RFA – pro Revit
- GSM – pro ArchiCAD
- 3DS – 3D model ?

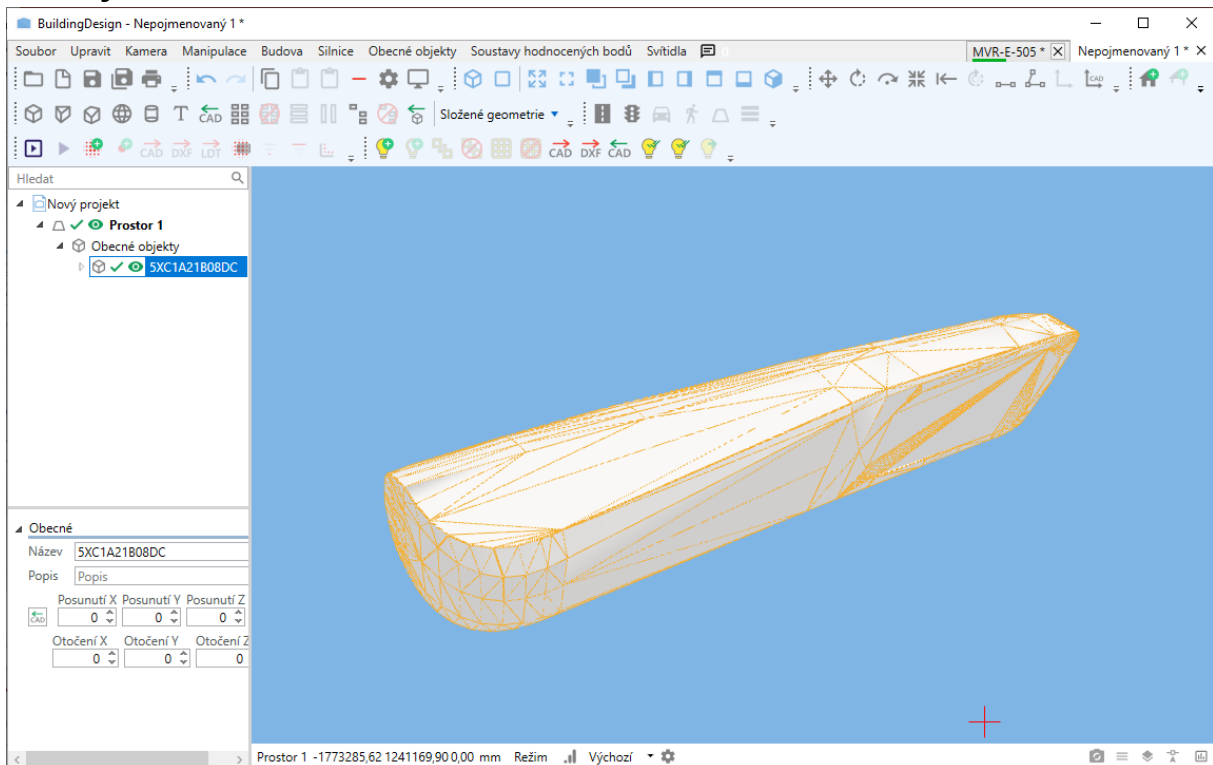
Cíle implementace BIM do světelné techniky

- Nebude nutno ve výpočetních programech zadávat místnosti, okna apod., ale bude možno model celé stavby načíst a přímo s ním pracovat
- V do programu načteném modelu provede technik výpočet denního osvětlení, návrh umělého osvětlení a navržená svítidla (výsledky) přidá do společného BIM modelu
- Bude možno použít BIM modely svítidel v projektu - již mají někteří výrobci ke stažení na webu
 - <https://www.bimproject.cz/cs/> (Revit, ArchiCAD)
 - Na www stránkách některých výrobců
 - Většinou se nejedná o IFC (obecné soubory) ale soubory pro konkrétní BIM aplikace
 - Tyto je možno použít do BIM aplikací
- Ve specializovaném BIM modeláři provést návrh ostatních přístrojů, úložných konstrukcí ...

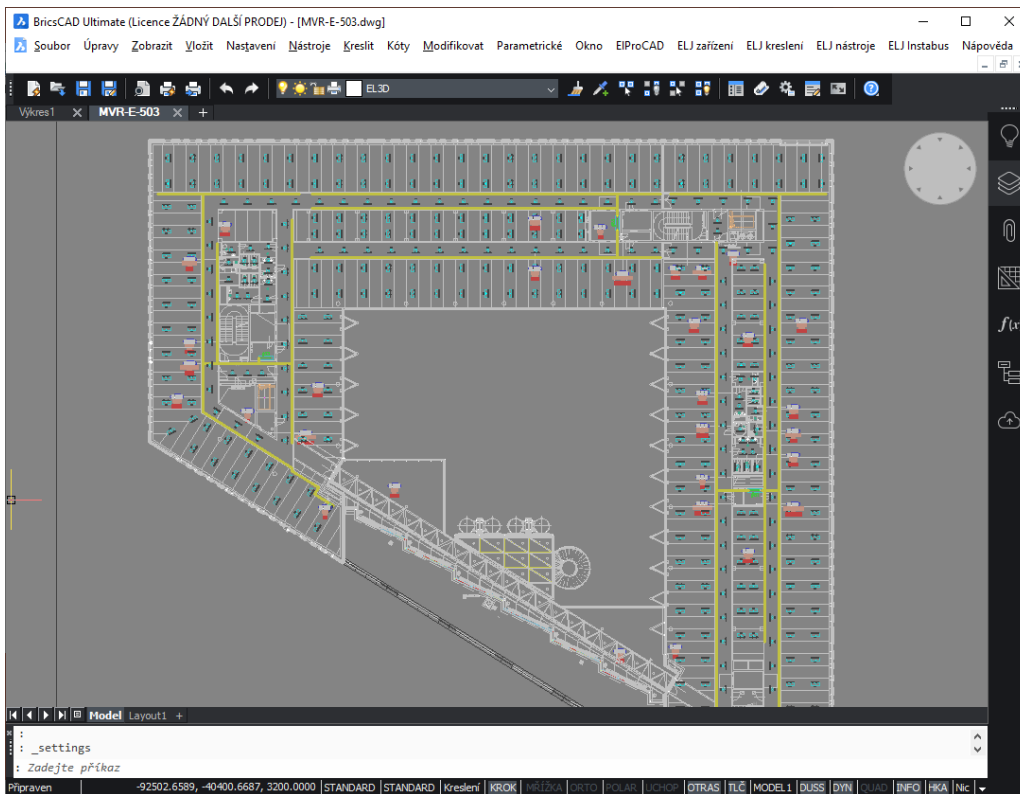


Obrázek 3 - 3D model

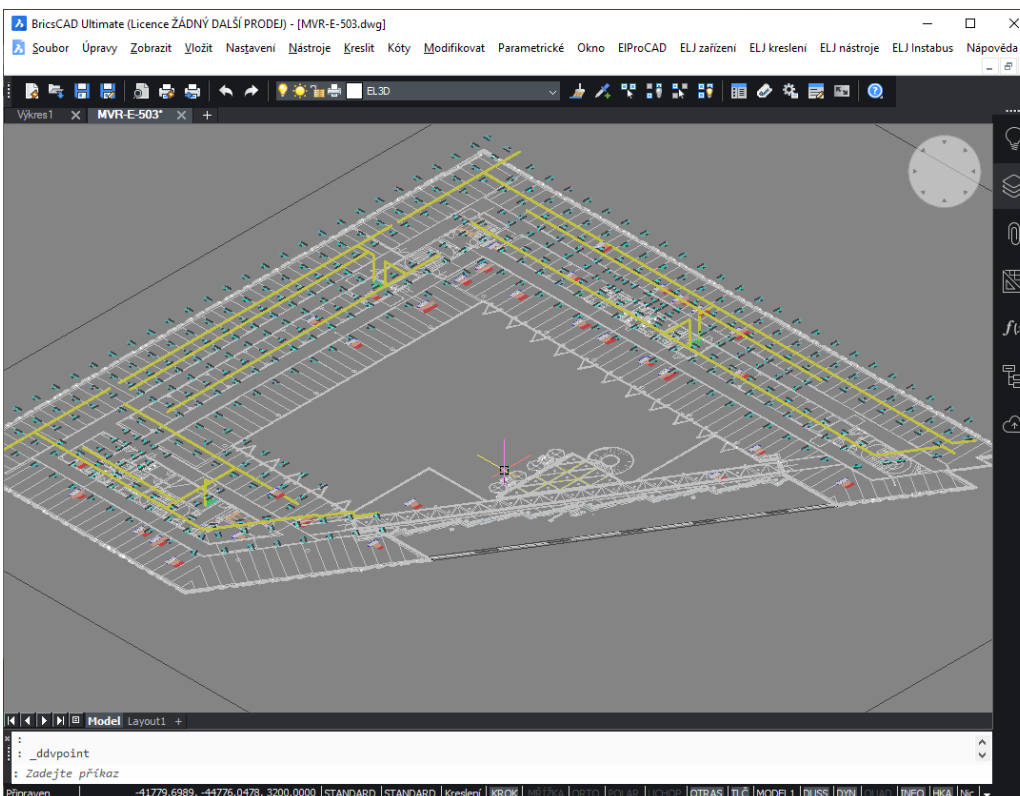
Ukázky směřování řešení BIM



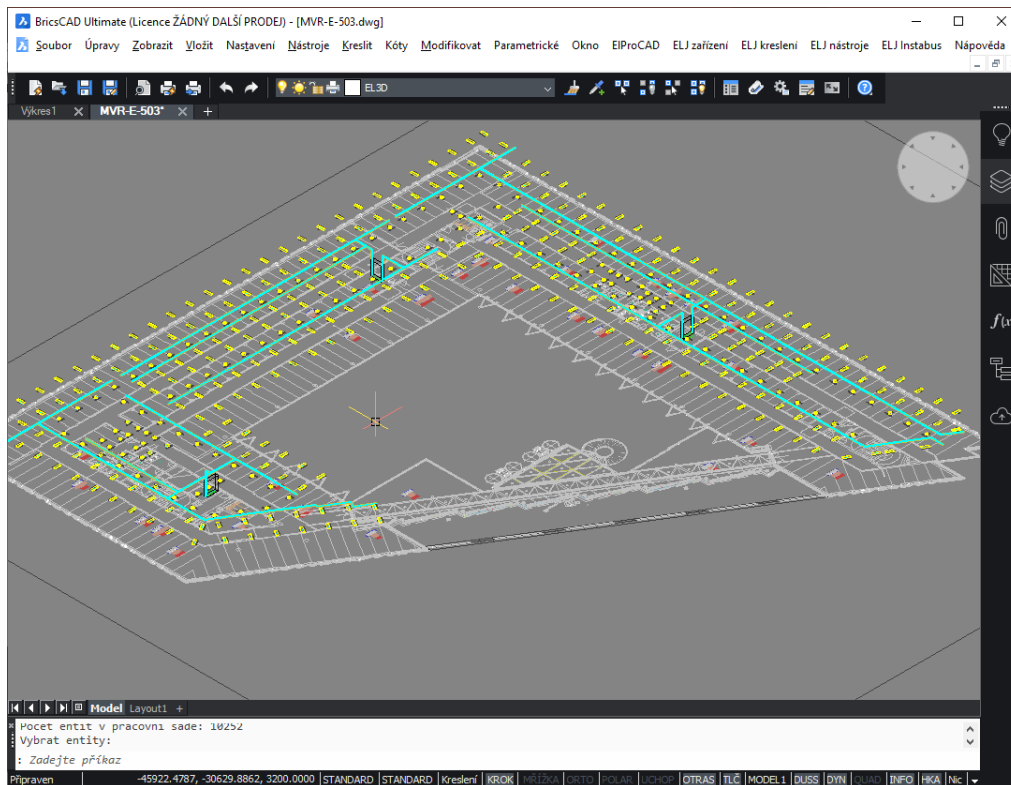
Obrázek 4 - Model svítidla vložený do BuildingDesign



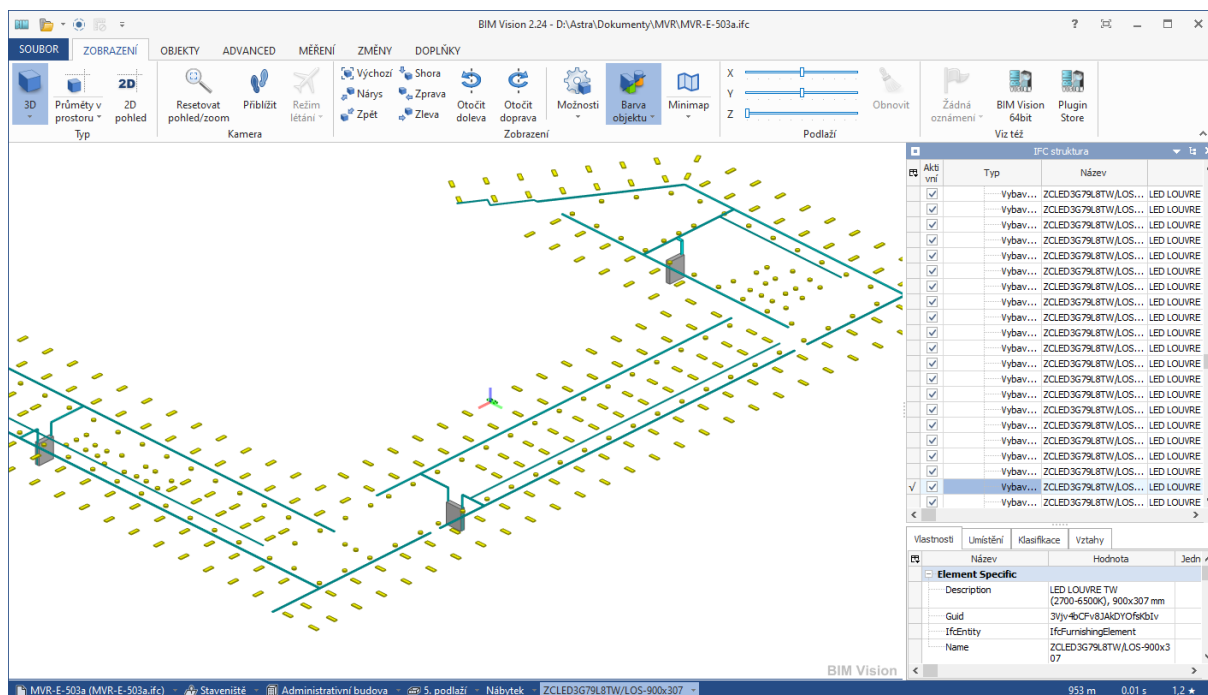
Obrázek 5 - Půdorys k exportu do 3D



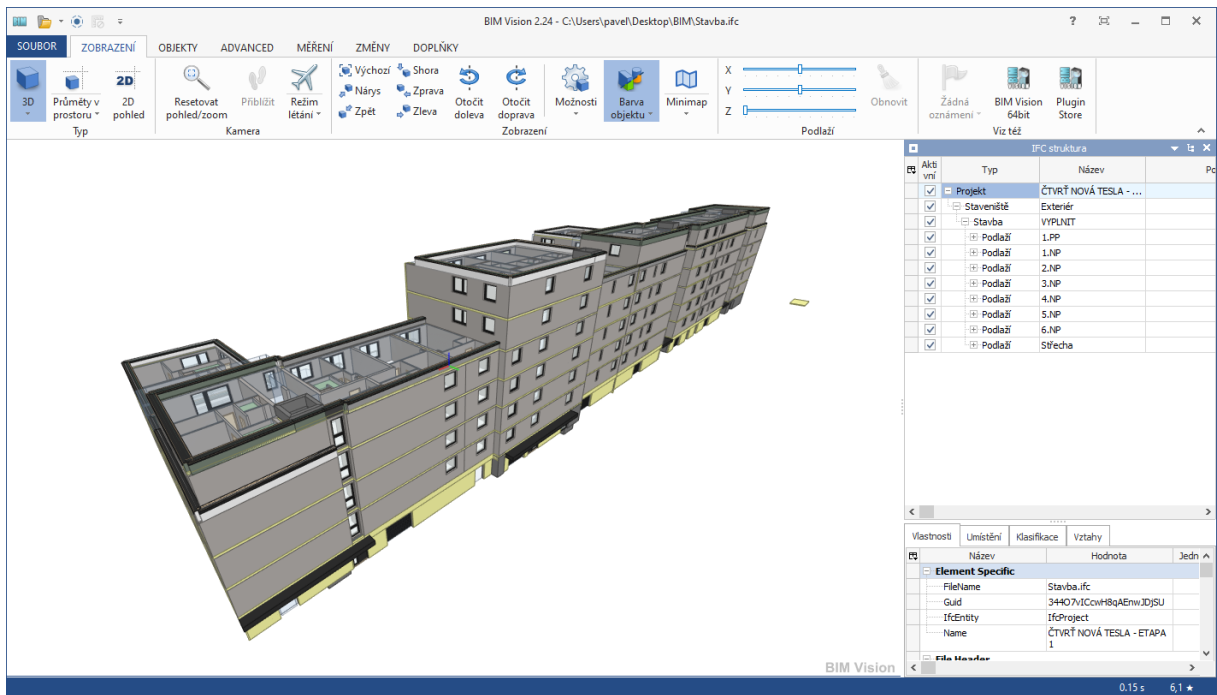
Obrázek 6 - 3D pohled v CADu k exportu



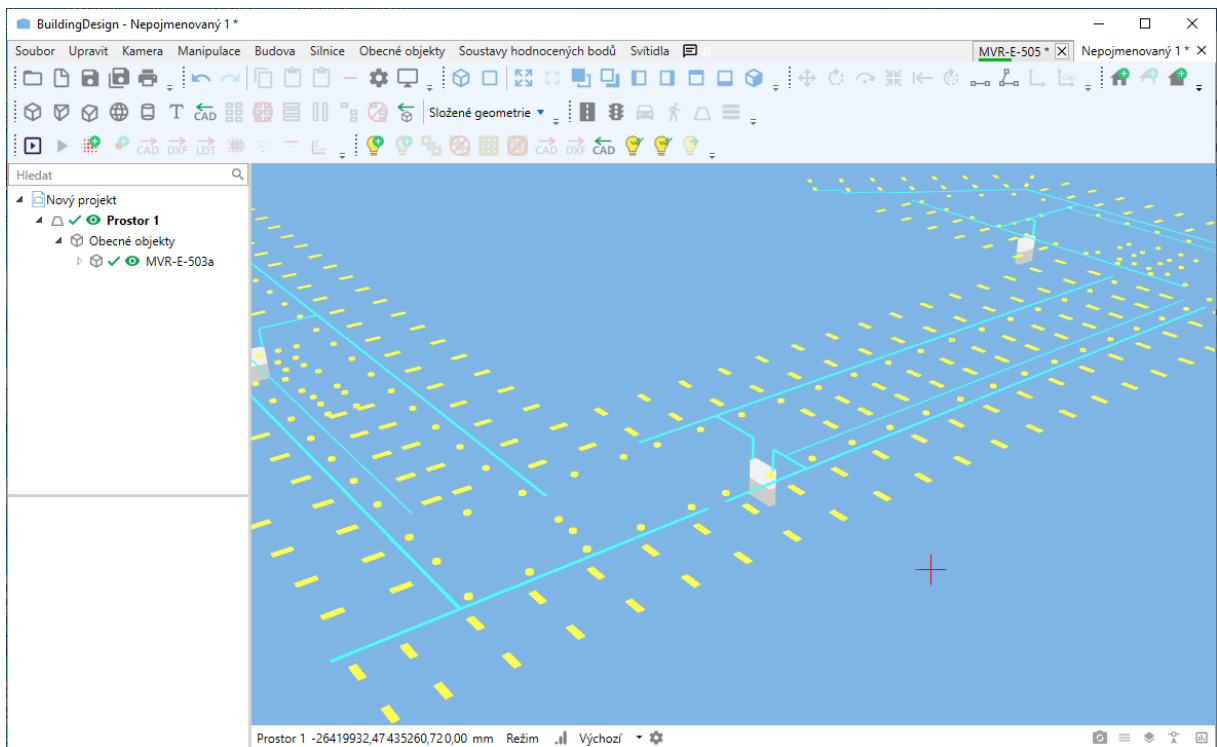
Obrázek 7 - 3D model elektro v CADu



Obrázek 8 - 3D model v CAD vision



Obrázek 9 - 3D model stavby v CAD vision



Obrázek 10 - 3D mode elektro v BuildingDesign

Národní technická norma na omezení rušivého světla

Petr Žák, Ing. Ph.D., Marek Bálský, Ing. Ph.D., ČVUT v Praze, FEL

zakpetr@fel.cvut.cz, balskmar@fel.cvut.cz

Abstrakt: Téma rušivých účinků venkovního osvětlení na okolní prostředí postupně prostoupilo do veřejné debaty a veřejného prostoru a v porovnání s nedávnou minulostí je jedním z často diskutovaných témat. V důsledku stále větší pozornosti i závažnosti je tato problematika zahrnuta i do nově připravovaných právních předpisů v oblasti stavebního práva, tedy stavebního zákona a navazujících prováděcích vyhlášek. Nově vznikající legislativa byl jeden z hlavních důvodů vzniku nové technické normalizační komise (TNK) v rámci České agentury pro standardizaci pod názvem Světelné znečištění – rušivé světlo.

1 Úvod

Současná vládní koalice měla jako jeden ze svých cílů v rámci volebního období provést změny ve stavebním právu zejména z důvodu celkového urychlení procesu výstavby. V současné době je již nový stavební zákon schválen s platností od 01. 07. 2023. Souběžně se schvalováním stavebního zákona probíhala a stále probíhá příprava nových prováděcích vyhlášek. Jedna z vyhlášek bude obsahovat technické požadavky na výstavbu. Do této vyhlášky má být začleněno řešení problematiky související s rušivými účinky umělého osvětlení ve venkovním prostředí. Stávající představa je taková, že vyhláška by měla obsahovat pouze základní požadavky a regulace na omezení rušivých účinků umělého osvětlení. Konkrétní parametry a limitní hodnoty těchto parametrů by měly být obsaženy v nové technické normě, na kterou by se měla vyhláška odkazovat.

2 Technická normalizační komise

V pohledu na problematiku rušivého světla je odborná veřejnost rozdělena na dva názorově odlišné skupiny s poměrně jasně vyhraněným pohledem na danou problematiku. V minulosti byla určitá snaha problematiku rušivého světla řešit v rámci TNK76 Osvětlování. K tomuto účelu byla zřízena subkomise, což je určitá platforma pro odbornou diskusi nad konkrétním problémem nebo oblastí. Subkomise o problematice rušivého světla se sešla pouze jednou a ve své činnosti nepokračovala. Vzhledem k tomu, že čas pro nalezení řešení problematiky v rámci technické normy se zkracoval, Ministerstvo životního prostředí (MŽP) požádalo Českou agenturu pro standardizaci (ČAS) o založení TNK zaměřené přímo na tuto problematiku s cílem vytvořit technickou normu, na kterou by se mohly nově připravované právní předpisy odkazovat.

Výběr členů TNK vycházel ze dvou základních hledisek. Prvním hlediskem bylo, aby počet členů nebyl příliš velký. Druhým hlediskem bylo zastoupení pokud možno všech oblastí, zasažených rušivými účinky umělého světla a odborníky z oboru světelné techniky z praxe i akademické sféry. Deklarovaným cílem TNK je vytvoření národní technické normy pro omezení účinků rušivého světla na okolní prostředí. V rámci úvodních debat a s ohledem na harmonogram tvorby nových právních předpisů byl časový prostor pro vytvoření normy nastaven na jeden rok. Současně byl určen harmonogram jednání jednou měsíčně a pro každé

jednání byl stanoven základní obsah. Časově lze obsahové náplně jednotlivých jednání rozdělit do tří témat: informativní, návrhová a schvalovací.

Účelem informativní části jednání, která v podstatě nahrazuje činnost původně založené subkomise a která již proběhla, bylo seznámit členů TNK jednak s rušivými účinky osvětlení v jednotlivých oblastech a dále se současnými přístupy k řešení této problematiky v rámci evropských a národních norem a mezinárodních doporučení a s praktickými zkušenostmi s aplikací těchto přístupů v praxi.

Účelem druhé části, která již také proběhla, bylo navržení struktury a obsahového rámce technické normy a základních pravidel pro návrh normy. Po diskuzi a odsouhlasení struktury, obsahové rámce a pravidel pro tvorbu normy bylo navrženo paragrafové znění.

V poslední části, která probíhá, je projednávání a připomínkování návrhu normy v rámci TNK a následně jejího rozeslání v rámci připomínkování dalším subjektům (MMR, MZ, MŽP, MD, ČSO, SRVO atd.), kterých se bude navrhovaná technická norma týkat.

3 Předmět normy

Předmětem normy je omezení rušivých účinků umělého osvětlení vyzařovaného venkovními i vnitřními osvětlovacími soustavami v době bez denního světla do venkovního prostředí. Nová norma řeší rušivé účinky světla z pohledu základních požadavků na stavby [1]:

- ochrana zdraví,
- ochrana životního prostředí,
- bezpečnost při užívání, provozu a údržbě,
- úspora energie.

Norma bude stanovovat požadavky pro nově budované osvětlovací soustavy s ohledem na rušivé účinky související s vlivem na přírodu (živočichy a rostliny), člověka, bezpečnost dopravy (oslnění), astronomická pozorování, vzhled veřejných prostranství a krajinný ráz. Norma bude obsahovat podmínky pro omezení rušivých účinků světla u venkovních osvětlovacích soustav pro osvětlení pozemních komunikací, venkovních pracovišť, venkovních sportovišť, architektury, reklamních ploch, staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci. Bude obsahovat také podmínky pro omezení umělého světla pronikajícího vodorovnými a šikmými osvětlovacími otvory do venkovního prostředí v noční době u staveb pro zemědělství, výrobu a skladování, provozovaných v noční době. Nová norma nebude stanovovat požadavky na dočasné osvětlení (např. vánoční dekorační osvětlení) ani požadavky na parametry svítidel, světlometů a světelných návěstidel u dopravních prostředků v silniční, železniční, letecké a lodní dopravě.

4 Současný stav

Ve venkovním prostředí se umělé osvětlení používá v řadě aplikačních oblastí jako je osvětlení pozemních komunikací, venkovních pracovišť, sportovišť, architektury, reklamních panelů nebo staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci. Povinnost osvětlovat určité prostory se obecně uvádí v závazných právních předpisech. Pro část uvedených aplikačních oblastí, konkrétně pozemní komunikace, venkovní pracoviště a sportoviště je tato povinnost uvedena v příslušných právních předpisech [2], [3], [4], [5]. Právní předpisy zpravidla nestanovují požadavky na osvětlení, ale odkazují se další, ve většině případů nezávazné, dokumenty,

kterými jsou velmi často technické normy. Požadavky v odkazovaných normách jsou pak závazné. Požadavky na osvětlení prostoru s daným účelem se vyjadřují světelně technickými parametry a jejich limitními hodnotami. V technických normách jsou uvedeny požadavky na osvětlení pozemních komunikací [6], venkovních pracovišť [7] a sportovišť [8]. Požadavky na osvětlení jsou uvedeny i v dalších dokumentech např. v příručkách sportovních svazů (např. FIFA, FIS), v technických zprávách CIE [9].

Světelný tok vyzařovaný osvětlovací soustavou dopadá nejen do oblasti, kterou osvětluje, ale také mimo tuto oblast a může působit rušivě na okolní prostředí. Pro omezení rušivých účinků venkovního osvětlení jsou v některých aplikačních oblastech (venkovní pracoviště a sportoviště) [7], [8] uvedeny parametry a jejich limitní hodnoty, kterými se rušivé účinky umělého osvětlení omezují.

5 Základní koncept rušivých účinků umělého osvětlení

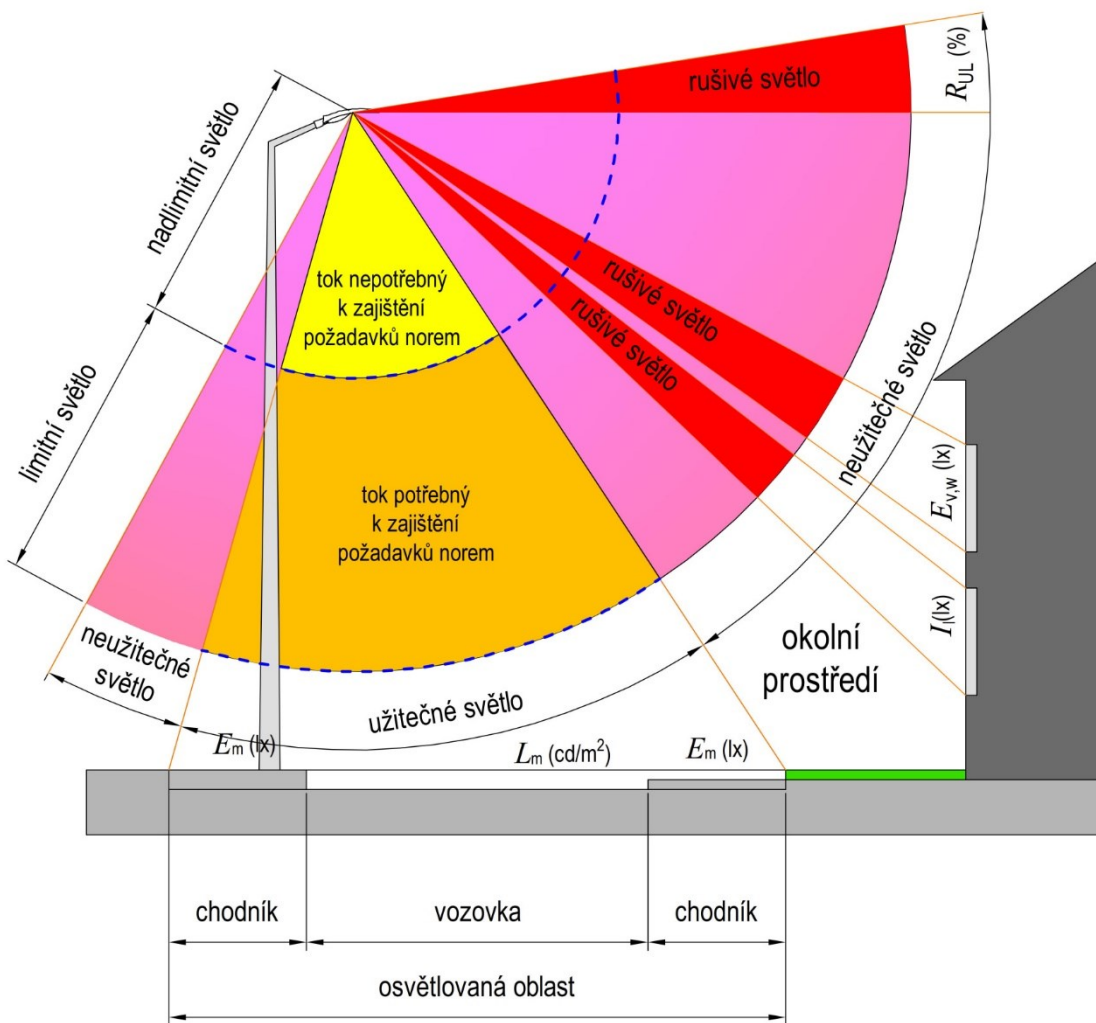
Světlo uměle vytvářené v průběhu noční doby člověkem je určeno pouze pro potřeby člověka a pro konkrétní zrakové činnosti. Přirozené přírodní prostředí uměle vytvořené světlo v průběhu noci nepotřebuje, naopak světlo v noční době narušuje přirozené prostředí živočichů i rostlin. I pro člověka není světlo v noční době složkou přirozeného přírodního prostředí, ale v průběhu civilizačního vývoje člověk začal umělé světlo v noční době využívat již v dávných dobách a v určitém smyslu se tomuto fenoménu přizpůsobil a v případě potřeby jej dokáže omezit nebo odstranit.

Lidská sídla jsou v dnešní době již přirozenou součástí krajinného rázu a to jak v denní, tak noční době. Noční obraz sídla by měl být takový, aby umělé světlo, které je fenoménem dnešní civilizace, výrazně nenarušovalo přirozený krajinný ráz se sídlem. Nemělo by ale také narušovat krajinný ráz přírodního prostředí bez sídel, kdy umělé světlo ze vzdálených sídel může ovlivňovat krajinný ráz přírodního prostředí v noční době „světelným závojem“ nebo zvýšením umělé záře oblohy, která omezuje pozorování noční hvězdné oblohy.

Jedním ze způsobů jak řešit rušivé vlivy související s umělým osvětlením je maximální omezení zátěže životního prostředí umělým světlem v noční době. Toto řešení má dvě úrovně. První je rozhodnutí, zda se dané venkovní prostory musí nebo nesmí osvětlovat. Toto rozhodnutí souvisí s veřejným zájmem a řeší se v rámci závazných právních předpisů. Pokud se daná aplikační oblast musí nebo může osvětlovat, pak je třeba stanovit požadavky, které mají být dodrženy, aby osvětlovací soustava plnila svůj účel a současně stanovit požadavky na omezení rušivých účinků venkovních osvětlovacích soustav.

Rušivé vlivy umělého osvětlení na jednotlivé složky životního prostředí jsou tak rozsáhlé a rozmanité, že při řešení tohoto problému a nastavování požadavků na jejich omezení nelze vycházet z citlivostí jednotlivých částí životního prostředí, ale je třeba se snažit maximálně omezit rušivé účinky v rámci možnosti, které nabízí současný technický stav světelné techniky.

Umělé světlo se do venkovního prostředí dostává z venkovních i vnitřních osvětlovacích soustav a tvoří jej dvě složky, světlo užitečné a neúčinné (obr. 1). Světlo užitečné dopadá do oblasti, pro kterou je osvětlovací soustava navržena a světlo neúčinné dopadá mimo tuto oblast. Obě uvedené složky přispívají k rušení okolního prostředí, ale přístup k řešení jejich rušivého vlivu je odlišný. Vzhledem k tomu, že užitečné světlo je potřebné k zamýšlenému účelu, tedy k osvětlení určité aplikační oblasti, lze jeho rušivé účinky omezit jeho optimalizací. Neúčinné světlo, které není potřebné k osvětlení určité aplikační oblasti, lze teoreticky eliminovat, což technicky není možné, a proto se hovoří o minimalizaci této složky.



Obr.1 Části světelného toku ve venkovním prostředí

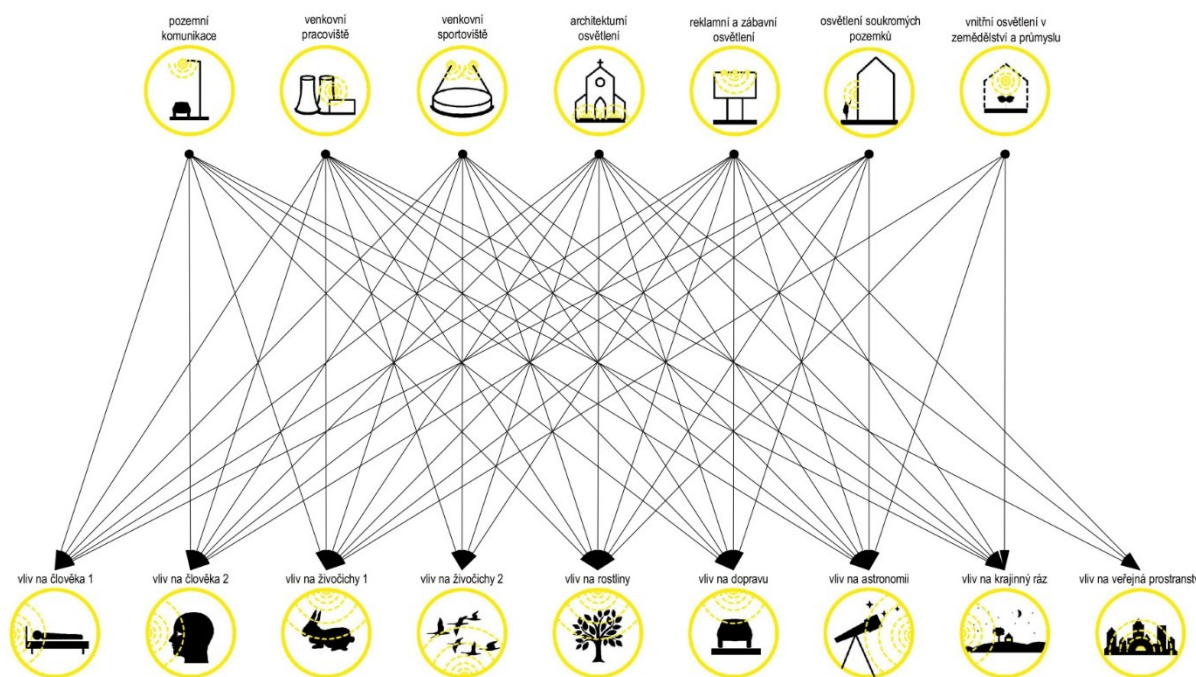
Užitečné světlo, resp. světelný tok dopadající do oblasti, kterou osvětlovací soustava osvětluje, lze rozdělit na světelný tok limitní a nadlimitní. Limitní světelný tok je nezbytný k zajištění požadovaných kvantitativních parametrů osvětlení. Nadlimitní tok již není nezbytný a nepřispívá k zajištění požadovaných kvantitativních požadavků osvětlení. V praxi je určitý nadlimitní tok nutný ke krytí poklesu světelného toku při provozu osvětlovací soustavy, ke kterému dochází vlivem jejího stárnutí. Vedle toho je nadlimitní tok ve fázi projektování ke krytí tolerančního intervalu hodnot světelně technických parametrů světelných zdrojů a svítidel uváděných výrobcí a ke krytí nejistot provozních měření při kontrole osvětlení. Požadavky na

osvětlení se mohou v průběhu doby provozu měnit vlivem změny účelů využití prostoru nebo změnou parametrů, které požadavky na osvětlení určují. Osvětlení se dimenzuje na nejnáročnější požadavky v průběhu provozu soustavy. Pokud se v průběhu noci změní povaha činnosti, je možné snížit úroveň osvětlení. Například u pozemních komunikací se při změně parametrů provozu (intenzity dopravy) změní požadavky na osvětlení normální / adaptivní.

Neužitečné světlo dopadá mimo oblast, kterou osvětlovací soustava osvětluje. Ideálním řešením rušivých účinků v případě této složky by byla její eliminace (odstranění). Vzhledem k nedokonalosti technických prostředků (světelné zdroje, svítidla), které se v osvětlovacích soustavách používají, nelze tuto složku eliminovat, ale lze ji minimalizovat. V praxi se vliv neužitečného světla kontroluje prostřednictvím parametrů a jejich limitních hodnot, kterými se popisují rušivé účinky světla na okolní prostředí.

6 Zdroje světla a rušivé vlivy

Problematika rušivého světla je složitá jednak množstvím rušivých vlivů, počtem aplikačních oblastí, kterou jsou potenciálním zdrojem rušivých účinků (obr. 2) i kompetencemi za řešení této problematiky v rámci státní správy (tab. 1).



Obr.1 Vazba mezi zdroji světla a rušivými vlivy

V současné době je struktura požadavků normy z důvodu přehlednějšího použití jak v rámci projektování, tak následné kontroly vázána na jednotlivé aplikační oblasti. Toto řešení, ale zatím není finální podobou.

Tab.1 Rušivé vlivy osvětlení ve vztahu k aplikačním oblastem, parametrům a požadavkům na výstavbu

APLIKAČNÍ OBLAST	POŽADAVKY NA STAVBY / KOMPETENCE / RUŠIVÉ VLIVY / PARAMETR							mimo požadavky na stavby
	mechanická odolnost a stabilita	požární bezpečnost	ochrana zdraví	ochrana životního prostředí	bezpečnost při užívání, provozu a údržbě	úspora energie	udržitelné využívání přírodních zdrojů	
	MMR?	MV?	MZ	MŽP	MD, MV	MPO	MŽP	
			vliv na člověka 1, vliv na člověka 2	vliv na živočichy 1, vliv na živočichy 2, vliv na rostliny, krajinný ráz	vliv na dopravu (oslňení)	vliv na energetickou náročnost		vliv na veřejná prostranství, vliv na astronomická pozorování
	x	x	E_{vi}, I_1	$R_{UL}, \Phi_{nl}, T_{cp}, I_1$	I_{1s}, T_{cp}	$P \rightarrow \Phi_{nl}$	x	I_{1s}, R_{UL}
Veřejné osvětlení	x	x	ano	ano	??	ano	x	ano
Osvětlení venkovních pracovišť	x	x	ano	ano	ano	ano	x	ano
Osvětlení venkovních sportovišť	x	x	ano	ano	ano	ano	x	ano
Slavnostní osvětlení	x	x	ano	ano	ano	ano	x	ano
Osvětlení reklamních informačních zařízení a staveb	x	x	ano	ano	ano	ano	x	ano
Osvětlení staveb pro bydlení a rodinnou rekreaci	x	x	ano	ano	??	??	x	ano
Vnitřní osvětlení staveb pro zemědělství, výrobu a skladování (v normě dost nekonzistentní - preference přesunu do vyhlášky)	x	x	x	ano	ne	ne	x	ano

7 Závěr

Další vývoj v činnosti TNK se bude odvíjet nejen od schopnosti členů TKN najít podobu normy, na které bude konsensuální shoda nejen v rámci členů TNK, ale také mezi TNK, odbornou veřejností a subjekty, kterých se problematika dotýká. Současně bude ovlivněna vývojem ve schvalovacím procesu právních předpisů a jejich výslednou podobou.

Literatura a odkazy

- [1] Zákon č. 283/2021 Sb. Stavební zákon
- [2] Vyhláška č.104/1997 Sb. Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.
- [3] Nařízení vlády č.361/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- [4] Vyhláška č.104/1997 Sb. Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- [5] Nařízení č. 10/2016 Sb. hl. m. Prahy, kterým se stanovují obecné požadavky na využívání území a technické požadavky na stavby v hlavním městě Praze (pražské stavební předpisy)
- [6] ČSN EN 1302-2 Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky
- [7] ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory
- [8] ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť
- [9] CIE 094-1993 Guide for floodlighting

Jak se dopracovat ke statusu světelného

Petr Žák, Ing. Ph.D., ČVUT v Praze, FEL

zakpetr@fel.cvut.cz

Abstrakt: Kvalitní vzdělání v každém oboru je základem úspěšného uplatnění v praxi. V rámci České společnosti pro osvětlování byla založena pracovní skupina pro vzdělávání ve světelné technice, jejímž cílem je ověřit možnosti zajištění vzdělávání a získání osvědčení o vzdělání v tomto oboru v rámci českých právních předpisů a možnosti spolupráce na mezinárodní úrovni s asociací ELEA (European Lighting Expert Association).

1 Úvod

V rámci České společnosti pro osvětlování byla založena pracovní skupina iniciovaná ČSO RS Praha pod názvem „Vzdělávání ve světelné technice“ Jejím deklarovaným cílem je prověřit a popsat možnosti zajištění vzdělávání a profesní kvalifikace v oblasti světelné techniky v České republice v rámci právních předpisů, stanovit obsahový rámec vzdělávání v oblasti světelné techniky a koordinovat toto vzdělávání v rámci odborné komunity na celostátní úrovni.

2 Předmět

Činnost pracovní skupiny má pokrývat dvě spolu související oblasti. První se týká certifikovaného vzdělávání v oblasti světelné techniky v rámci národních právních předpisů a vydávání osvědčení o profesní kvalifikaci v této oblasti. Zahrnuje rozbor právních předpisů a prověření postupů pro získání autorizace na vydávání osvědčení o profesní kvalifikaci v oboru světelné techniky a zjištění požadavků na garanta těchto činností. Zahrnuje také prověření možností uplatnění osvědčení o profesní kvalifikaci v praxi (ČKAIT, ČKA, státní správa, atd.). V rámci této první oblasti bude prověřena možnost spolupráce se zahraničními subjekty a možnost implementace již existujících systémů vzdělávání a ověřování profesní kvalifikace (European Lighting Expert Association).

Druhá oblast se týká obsahového rámce vzdělávání v oboru světelné techniky. Zahrnuje rozbor současného vzdělávání v oblasti světelné techniky v České republice i v zahraničí (akademická oblast i odborné společnosti např. CIE). Součástí je také specifikace současných požadavků z praxe. Na základě výše uvedených rozborů a informací bude navržen možný obsahový rámec vzdělávání ve světelné technice.

3 Výstup

Výstupem pracovní skupiny bude technická zpráva „Vzdělávání ve světelné technice“ obsahující popis procesu zavedení certifikovaného systému vzdělávání a vydávání osvědčení o profesní kvalifikaci v oblasti osvětlení a obsahový rámec vzdělávání ve světelné technice. Pracovní návrh obsahu technické zprávy, který může být v průběhu činnosti pracovní skupiny upraven je následující:

- A. Certifikované vzdělávání ve světelné technice
 - A.1 Uplatnění oboru světelná technika v praxi
 - A.2 Vzdělávání ve světelné technice v ČR a zahraničí

- A.3 Právní rámec vzdělávání v ČR
 - A.4 Osvědčení o profesní kvalifikaci a podmínky pro jeho vydávání
 - A.5 Uplatnění osvědčení o profesní kvalifikaci v praxi
 - A.6 Proces zavedení certifikovaného vzdělávání v oboru světelná technika
- B. Obsah vzdělání v oboru světelná technika
 - B.1 Současné obsahové rámce vzdělání v oboru světelné techniky v ČR a zahraničí
 - B.2 Návrh struktury kvalifikačních stupňů
 - B.3 Obsahový rámec pro jednotlivé kvalifikační stupně

4 Harmonogram

Harmonogram činnosti pracovní skupiny je členěn do následujících etap:

1. etapa (6 měsíců): příprava a organizace setkání se zahraničním partnerem, Matthias Hessling European Lighting Expert Association (ELEA),
2. etapa (9 měsíců): rozbor současného uplatnění oboru světelné techniky v praxi a vzdělávání v oboru světelné techniky v ČR i v zahraničí (akademická oblast, CIE) (pozn. paralelně s 1. etapou)
3. etapa (3 měsíce): rozbor právních předpisů v oblasti vzdělávání, možností certifikovaného vzdělávání v ČR a uplatnění osvědčení o profesní kvalifikaci v praxi,
5. etapa (5 měsíců): popis procesu zavedení certifikovaného vzdělávání v ČR,
6. etapa (4 měsíce): návrh struktury kvalifikačních stupňů a obsahového rámce těchto stupňů,
7. etapa (3 měsíce): zpracování technické zprávy, připomínkování a vydání technické zprávy.

5 Přínosy

Uvedené přínosy nejsou cíle pracovní skupiny, ale jsou určeny pro její obhajobu a popisují přínos pracovní skupiny v širších souvislostech.

Odborný přínos

Vzdělání v oboru světelné techniky je v současné době vázáno v převážně míře na vysoké školy, kde výuka probíhá na elektrotechnických a stavebních fakultách. Rozsah vzdělávání je relativně malý v důsledku čehož postrádá větší praktické zaměření, na které by bylo možné v praxi navázat. Pro praxi je proto důležitá možnost rozšíření praktických znalostí a dovedností v rámci další profesní kvalifikace. Možnost dalšího odborného vzdělávání je také zásadní s ohledem na rychlý vývoj v oblasti světelné techniky (světelné zdroje, řídicí systémy atd.), s ohledem na nové poznatky z oblasti vizuálních i nevizuálních účinků světla i s ohledem na zavádění řady nových technických norem a předpisů.

Společenský přínos

Povědomí o světelné technice a její kredit na celospolečenské úrovni je v současné době nízký. Zvyšování profesní kvalifikace lidí z oboru světelné techniky přispěje k vyšší kvalitě řešení osvětlení v praxi i k lepší a kvalitnější informovanosti v rámci laické i odborné veřejnosti. To postupně může zajistit zvyšování povědomí o světelné technice a posílit kredit ČSO jako garanta odborné úrovně v oblasti osvětlování a důvěryhodného partnera pro orgány státní správy, samosprávy i další subjekty.

Přínos pro životní prostředí

Vyšší kvalifikace v oboru světelné techniky zvýší kvalitu návrhů osvětlení. Projektanti získají větší přehled i nadhled a osvětlovací soustavy budou navrhovány nejen s ohledem na hlavní účel, tedy zajištění světelného prostředí pro danou zřakovou činnost, ale také s ohledem na minimalizování rušivých vlivů na okolí a s ohledem na udržitelný rozvoj (využívání denního osvětlení, zajištění kvalitního výhledu, snižování energetické náročnosti, zajištění zrakové pohody, možnost individuálního přizpůsobení, snadná údržba, využívání vhodných materiálů, omezení světelného znečištění, zajištění recyklovatelnosti použitých zařízení).

Dynamický směr VO po roce 2018

Za ČSO RS Brno zpracoval: Ing. Radim Václavíček, vaclavicek@cso-brno.lighting, <http://www.cso-brno.lighting>
Odborná spolupráce: RNDr. Hana Konrádová, Ph.D., Univerzita Karlova, doc. RNDr. Zdeňka Bendová, Ph.D.,
Univerzita Karlova, doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Pavel Suchan, Akademie věd
České republiky

Abstrakt: Zásadní změny v poznatcích o fotoperiodickém řízení organismů až na buněčné úrovni a převratný nástup LED technologie do světelné techniky začátkem 21. století přivedly vědeckou komunitu k úvahám o novém pohledu na účinky a přínos umělého světla. Ve společenském kontextu akcentované pozornosti na klimatické změny Země a celkového posunu v respektování přirozeného životního prostředí dochází i na revizi přístupu k tomu, jak pohlížet na instalaci zdrojů světla do veřejného prostoru a jak čelit problémům s rušivým světlem a fenoménem „světelného znečištění“.

1 Impulsy pro novou generaci VO

Letos jsou to právě 3 roky od spuštění provozu projektu VO s využitím svítidel pro “Eco-Friendly” noční osvětlování tam, kde je snaha minimalizovat dopady vyzařování do přirozeného prostředí. Projekt celkem logicky vzbudil pozornost u odborné, ale i laické veřejnosti a získal cenu E.ON Energy Globe Award 2018, jedná se o projekt označovaný “Cyklostezka Jesenice”.

Z technického pohledu se jednalo o řešení využívající dynamické řízení intenzity a filtraci bílých LED pro potlačení modré složky spektra. Zároveň to byla první instalace tohoto produktu na evropské půdě (předchozí realizace s filtry C&W * se týkaly většinou oblastí s vyšším stupněm ochrany životního prostředí na americkém kontinentu).

Okamžik, kdy byl dokončený projekt slavnostně uveden do provozu za účasti ministra životního prostředí, můžeme označit za počátek českého období vážných debat a případných sporů o to, jak má VO do budoucna vypadat, co musí splňovat, kdo o jeho podobě může rozhodovat atd.

Návrhy projektů VO byly v minulých dobách připravovány a posuzovány téměř výhradně pohledem “energetickým” a “ekonomickým” (zde ponecháme stranou obecnou motivaci k budování VO s ohledem na zajištění “bezpečnosti” či “pocitu bezpečí”). U jesenické cyklostezky ovšem padla zažitá konvence jednostranného posuzování přes lineární logiku energeticko-ekonomických čísel, i když ta rozhodně také nemohou být při investicích z veřejných prostředků opomíjena.

To, že vedení obce našlo realizátora s otevřeným přístupem k inovativním technologiím, a navíc pořádný kus odvahy vystoupit z tisíckrát opakovaných schémat, se stalo i hmatatelným příkladem pro další obce a subjekty v oboru světelné techniky.

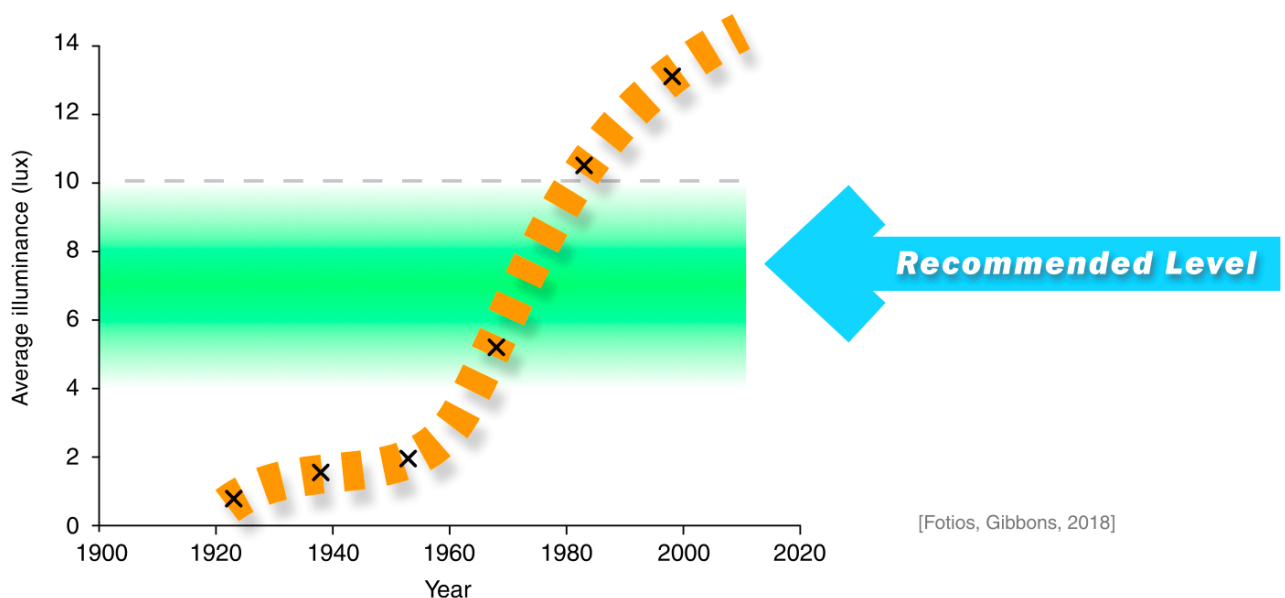
2 Motivace ke změnám

Bylo zmíněno, že projekt cyklostezky v Jesenici se koncepčně liší od těch předchozích a za svou "jinakost" si vysloužil náležitou pozornost a také ono ocenění v soutěži E.ON. Proč se ale lidé u zrodu této realizace rozhodli takto si komplikovat život a vydat se neprošlapanou cestou, jaká motivace je přivedla k tomuto postupu?

Primárním důvodem k návrhu osvětlení s dynamickým průběhem intenzity a případně i kontrolou spektrálního charakteru záření je ekologický fenomén zvaný "světelné znečištění" /převzato z *anglického Light Pollution*/.

O tomto průběžně rostoucím jevu narušování přirozených podmínek nočního prostředí umělým světlem se vědecká obec i veřejnost začala dozvídat od astronomů, kteří reportovali výrazný skok ve světelném příspěvku u městských aglomerací od poloviny minulého století. Do té doby lidstvo žilo s naprosto samozřejmým předpokladem, že noční prostředí je "nebezpečné", a že je společenským úkolem civilizace tmu porazit zvýšeným úsilím v instalacích stále většího počtu silnějších a účinnějších zdrojů světla do veřejného prostoru.

Nyní když máme možnost zpětného posouzení se ukazuje, že v otázce intenzit byly kvantitativní hodnoty pro účelnou bezpečnost ve vyspělých zemích dosaženy zřejmě někdy na přelomu 70. a 80. let /viz Obr. 1 / a následující vývoj by bylo přínosné zaměřit přednostně na kvalitativní parametry ve smyslu optimalizace kam, jak a kdy se svítí a nikoli dále navyšovat světelné toky. Bohužel dle každoročního vyhodnocení růst celkově vyzářeného světla lidmi neustále pokračuje v řádu několika procent za rok, což jsou z pohledu planetární rovnováhy opravdu dramaticky vysoká čísla [3], [4].



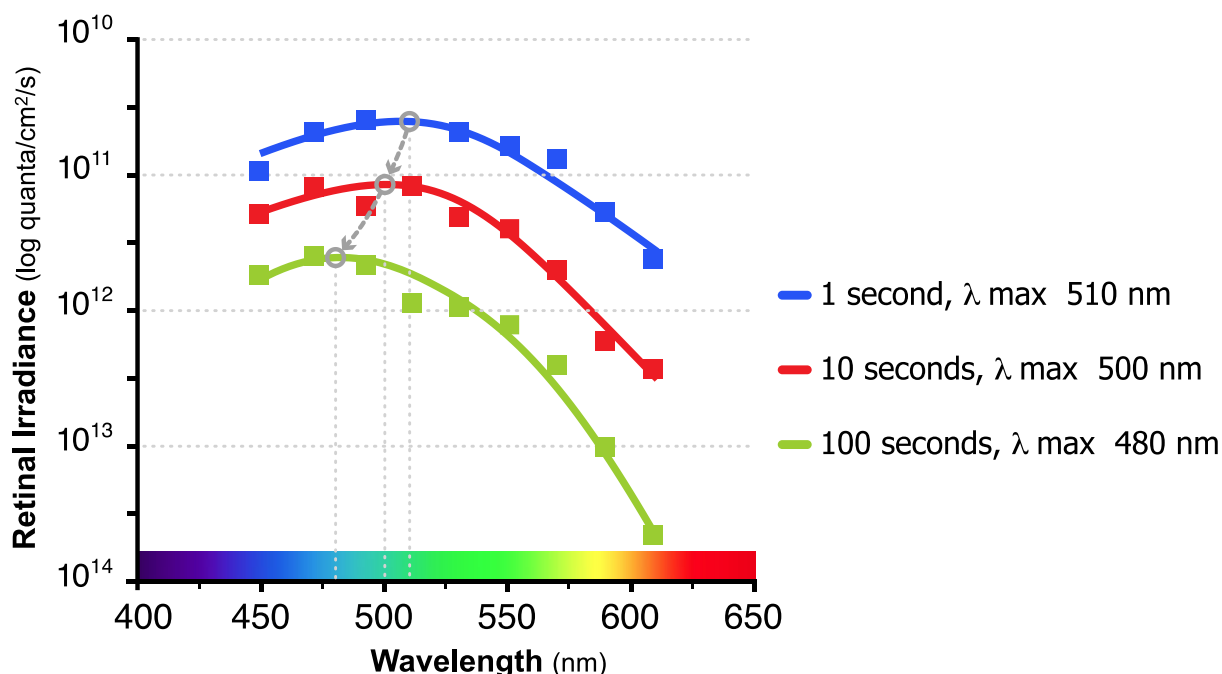
Obr.1 Postupné zvyšování průměrné osvětlenosti na silnicích Velké Británie přesáhlo úroveň považovanou za optimální již na konci minulého století [5]

Mimo atmosférický rozptyl světla v podobě nepřírozené záře v širším okolí měst a průmyslových lokalit je potřeba ještě zmínit srovnatelně závažný problém “rušivého světla” /v mezinárodní zdrojích uváděno jako “Obtrusive light”/. Tím je míněno přímé nežádoucí působení umělých zdrojů světla v jejich blízkém okolí, případně na dohled pozorovatele.

Tyto projevy nočního svícení do exteriéru se ovšem netýkají jen člověka jako zamýšleného příjemce vyrobeného světla, naopak tím výraznějším důsledkem, kterého se vědci obávají, je dopad na ekosystémy, které mimo jiné tvoří základnu našeho potravního řetězce. Bez těch “správných” rostlin by nám totiž všechny běžné potraviny zmizely.

Na rostlinách coby primárních producentech přímo či nepřímo závisí ostatní organismy, lidstvo nevyjímaje. Podobně jako u živočichů, i rostliny řídí své nejdůležitější vývojové procesy fotoperiodicky.

Vědecké týmy hledající cesty, jak trend světelného znečištění zastavit (nebo alespoň zmírnit), dochází k průniku názorů ohledně využití technických prostředků k tomu, aby se mohlo v obydlených lokalitách nadále svítit pro zajištění dostatečného zrakového komfortu ve večerních hodinách, ale zároveň snížit celkový úhrn vyzářené energie za celou noc. Velkou šancí jak v takovém zadání reálně uspět již s dnešními technologiemi jsou právě dvě kategorie změn zmíněné v úvodu. První se týká dynamického řízení intenzit a druhá pak změn ve spektrálním složení světla. Zajímavý potenciál poskytuje kombinace změny obou těchto parametrů v promyšleně spráženém režimu, kdy lze výhodně využít nelineárních vlastností lidského zraku souvisejících např. se spektrální závislostí pupilárního reflexu a také celkově nelineárním vnímáním jasu /viz Obr. 2/.



Obr.2 Spektrální závislost pupilárního reflexu lidského oka vykazuje nelineární průběh a dokumentuje řádově odlišnou reakci na modré světlo (450-500 nm) oproti např. oranžovému světlu ze sodíkových výbojek (~ 590 nm). Reakční citlivost se snižuje s dobou expozice a posouvá se ke kratším vlnovým délkám [1]

3 Světlo pro budoucnost

V návaznosti na zmíněný projekt se v řadách světelných techniků dostaly do samého popředí otázky ohledně toho, jak má či "musí" vypadat ideální osvětlení veřejného prostoru. Bohužel se velká část prezentovaných názorů podřizovala osobním preferencím a zájmům, nebo také značně naivním předpokladům bez předchozího hlubšího zamyšlení nad významem a integrací VO do života člověka a biologického prostředí planety v kontextu 21. století. Jedním z typických unáhlených pohledů na optimální umělé osvětlení bývá inspirace v přirozeném denním osvětlení, kdy si snadno spojíme tu zrakovou a celkovou pohodu uprostřed slunečného dne s předpokládaným ideálem. Výsledkem těchto myšlenek potom bývá snaha osvětlovat noční prostředí tak, aby vypadalo skoro jako ve dne, což technikovi může připadat jako skvěle zvládnutý úkol s pocitem vítězství nad tmou. Biologové ovšem mají v tu chvíli jasno, že to vlastně znamená v principu konec podmínek, za kterých tu miliardy let vznikala a fungovala jakýkoli život, se kterým se běžně setkáváme - téměř všechny organismy na Zemi totiž v souvislosti s její rotací potřebují k životu střídání světla ve dne a tmy v noci. I několik málo dní mimo tento přirozený cyklus působí některým organismům značné komplikace základních životních funkcí.

Svícení intenzivním bílým světlem napodobující den i v noci zjednodušeně znamená, že tradiční přirozená noc v daném prostředí byla zrušena, a to je potřeba si uvědomit ještě před tím, než se pustíme do hodnocení kladů a záporů takového řešení.

Proč se tu ale v textu k VO najednou píše o biologickém pohledu? Není osvětlení náhodou kompetencí světelných techniků a elektro-inženýrů?

Na oficiálních akcích a v textech z oblasti světelné techniky se běžně dozvídáme, např. že "VO se buduje aby se ušetřila elektrická energie" nebo "aby se využili dotace z EU" apod., málokdy se ale mluví o tom, že by se budovalo pro "zrakové potřeby člověka". Člověk je totiž zatím jediným organismem, pro kterého má VO potenciál kladně vnímaného přínosu, a protože toto hlavní využití světla směřuje ke zraku živého tvora, tak je zcela logické, že funkční řešení je užitečné hledat právě s odborníky z oborů, kde se potřebami a fungováním živých tvorů zabývají.

A když uvážíme principy řízení společnosti ve které žijeme, není zrovna žádoucí ponechat utváření veřejného prostoru pouze na úzce zaměřených technických oborech nebo komerčních subjektech, byť by jejich odbornost byla sebelepší.

V souvislosti s uvedeným významem střídání dne a noci pro život je v moderním uvažování o účelném využití umělého světla vhodné převzít od biologů základní termín "cirkadiánní cyklus", což je označení pro periodické opakování základních procesů v organismech v rámci jedné otáčky Země okolo své osy (což formálně označujeme jako den s dělením na 24 hodin). Vlastní výraz "circa dian" vyjadřuje genetické nastavení tzv. "vnitřních hodin" organismů, které v izolaci od solárního cyklu vykazují mírně rozdílné, ale podobně dlouhé cykly s periodou přibližně jeden den, tedy našich 24 hodin. Tento vnitřní cyklus je výsledkem evoluce života v podmínkách střídání světla a tmy, avšak zatím evoluce nepokročila tak daleko, aby tento cirkadiánní časový systém dokázal zvládnout časové dezinformace, které sebou přináší „zasvětlování“ nočního prostředí.

4 Dynamika ve VO

Pokud začneme uvažovat o tom, jak uspokojit požadavky na osvětlení veřejného prostoru v podmínkách střídání ročních období (annuální cyklus) tak, aby bylo vyhověno konkrétní zrakové úloze společně s nároky na ekonomické parametry provozu a ještě s ohledem na zachování přirozeného životního prostředí, celkem nevyhnutně se s možnostmi současných technologií dostaneme k myšlence “dynamického” systému, který by byl schopen měnit výsledné světlo s přihlédnutím k relativní fázi zmíněného 1-denního cyklu. Samozřejmě i přizpůsobení tomu ročnímu cyklu je důležité, když se v zeměpisných podmínkách ČR mění délka denního svitu mezi létem a zimou v rozmezí ~ 50-100%.

Když je řeč o dynamické změně světla, kterých vlastností by se to mělo (nebo mohlo) týkat? Na prvním místě seznamu bude zřejmě intenzita (resp. osvětlenost), nejenže je historicky nejsledovanějším parametrem u zdrojů umělého osvětlení, ale má přímou souvislost jak se zrakovým “výkonem”, tak i s provozními náklady. Navíc když vezmeme v úvahu, že různé stmívací technologie byly reálně provozovány i v minulém století, tak to bude zřejmě základní funkce i u toho uvažovaného “dynamického” osvětlení. Ovšem při hlubším obeznámení s problematikou dynamických změn v podmínkách přirozeného osvětlení v rámci cirkadiánního cyklu zjistíme, že mimo změn v intenzitě dochází i ke značným změnám v relativním rozložení zářivé energie na ose vlnových délek, tedy “spektrálního složení” světla /dále značeno též mezinárodní zkratkou SPD - Spectral Power Distribution/.

Takže na druhém místě se v dynamickém osvětlování mluví o změně spektrálního charakteru, což je bohužel velmi často zjednodušeno na změnu “barevnosti” nebo “teploty chromatičnosti”. To, že při biologicky motivované změně SPD dojde i ke změně člověkem vnímané barevnosti světla v obrazové části vidění, je ale fakticky jen jakýsi průvodní jev či “vedlejší efekt”. Takovou změnu SPD lze v mnoha případech nepřímou vyčíslit i jako změnu náhradní teploty chromatičnosti v Kelvinech (CCT), což pochopitelně svádí k dojmu, že by se mělo jednat o ten hlavní důvod. Tím klíčovým impulsem pro optimalizaci SPD jsou ovšem synchronizační signály, které jsou ve spojitosti s určitým složením spektra vnímány u biologických příjemců (u člověka hovoříme o “neobrazovém vidění”, NIF - Non Image Forming).

Pro někoho mohou již tyto 2 požadavky na řízení intenzity společně se spektrálním průběhem představovat dostatečně ucelenou a na realizaci náročnou úlohu. K přirozenému ideálu však ještě jedna důležitá položka v řešení chybí, tou je “distribuce” zářivého toku, tedy geometrické uspořádání a vztahy mezi počtem světelných zdrojů, jejich velikostí a pozicí osvětlovaných ploch a příslušných pozorovatelů.

O dynamických systémech zahrnujících i logické provázání změn geometrie v distribuci světla s jeho intenzitou a SPD však aktuálně uvažuje jen malá skupina vývojářů, takže s reálnou instalací takto komplexního systému se ve veřejném prostoru v blízké době ještě setkávat asi nebudeme.

To co ale už můžeme na vlastní oči zažít jsou první pilotní projekty zahrnující programovatelné řízení prvních dvou vlastností, tedy intenzity a SPD, pro které se u nás v posledních letech vžilo označení “bio-dynamické” /*souvisí s inspirací přírodou a obvyklým subjektem přijímajícím světlo*/. Výrobci na mezinárodním trhu pro své nejnovější produkty splňující zásady svícení šetrného k přírodě a zraku člověka přišli ještě s novým přívlastkem “Dark Sky Friendly” /*navazuje na organizace a území chránící tvz. “tmavou oblohu”*/, záměr zůstává samozřejmě shodný.

Reakce dodavatelů techniky pro VO na mezinárodním i našem trhu v posledním roce jasně říkají, že hlavní bariéry v hledání řešení pro ohleduplné svícení v nočním režimu nejsou na straně technologií. Je zřejmě na těch, co VO navrhují a spravují, aby aktuálním možností a požadavkům ze strany konečných uživatelů věnovali svou pozornost.

Příklady projektů s technologií pro bio-dynamiku:

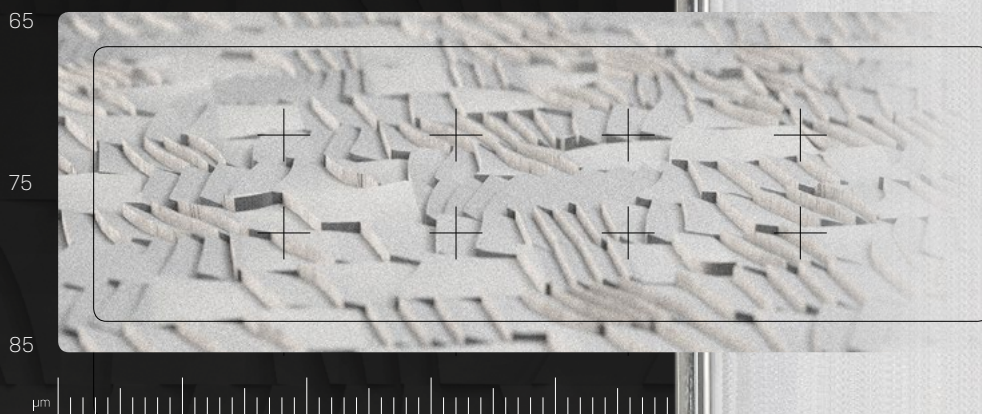
- Pilotní test prvního BD-svítilna pro trh EU, VUT Brno 2019 (Tungsram BD)
- Kraví Hora, Brno 2019 (Tungsram BD)
- Sušice ČR, Dynamic Light - Interreg Central Europe EU, 2017-2019
- Řevnice, Corso Pod Lipami, 2018
- Havlíčkovo Borová, Lumbio, 2020
- Cumbria Dark Sky, Cumbria County Council UK, 2020 (Thorn NightTune)

/pozn: k 1.10. 2021 jsou v ČR evidovány realizované projekty s celkem přes 1 000 svítidel řady Tungsram SLBt Biodynamic/

**C&W Energy Solutions, USA - dodavatel osvětlení pro ekologicky chráněná území*

Literatura a odkazy

- [1] CIE TN 003:2015 - First International Workshop on Circadian and Neurophysiological Photometry 2013
- [2] CIE S 026/E:2018 - System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light
- [3] The Dark Side of Light: A Transdisciplinary Research Agenda for Light Pollution Policy, Ecology and Society, 12.2010
- [4] Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent, Ch. C. M. Kyba et al., ScienceAdvances, 2017
- [5] Road lighting research for drivers and pedestrians: The basis of luminance and illuminance recommendations, S. Fotios, R. Gibbons, Lighting Research & Technology, 1.2018
- [6] Review of the Class and Quality of Street Lighting, Crabb, Beaumont, Webster, 2009.
- [7] Biorytmy a světlo v noci, doc. Z. Bendová (Pátečníci - Stream 5.3.2021), <https://www.youtube.com/watch?v=DPucyzq_XVU>
- [8] Photoreceptor inputs to pupil control, M. Spitschan, Journal of Vision, 8.2019



01

Sofistikovaná **nanostuktura** s mimořádnými optickými vlastnostmi

02

Vysoká optická účinnost **94%**

Svítilno je opatřeno transparentním krytem (difusorem) vybarveným reliéfní **nanooptickou strukturou** vyrobenou unikátní technologií.

Hodnota **UGR** se pohybuje v rozmezí 16,9 až 25, je výsledkem **plně řízené distribuce světelného paprsku**.

Svémi unikátními optickými vlastnostmi splňuje i **mimořádné požadavky pro velmi náročná a specifická prostředí**.



Modelové řady **Solatube®** jsou jedinečné osvětlovací systémy, které naprosto **mění představy** o tom jaké množství světla je ze světlovodů o tomto průměru možné dostat.

Originální **světlovody Solatube®** jsou vybavené patentovanými technologiemi od kopule, přes odrazivý materiál až ke stropnímu difuzéru. Kopulová **technologie Raybender® 3000** a reflexní **zrcátko LightTracker™** vytvářejí účinný povrch zachytávající denní světlo (EDCS), který je výrazně větší v porovnání s ostatními světlovody. Unikátní patentovaný odrazivý **materiál Spectralight® Infinity** je jediným materiálem vyvinutým pouze pro naše světlovody a jeho vlastnosti podporují **mimořádný výkon** našich produktů.

Modely Brighten Up® Series a **SolaMaster® Series** jsou díky těmto zásadním patentům **výrazně výkonnější** nežli běžné světlovody či tubusové světlíky stejného průměru. Technická kvalita podporuje jednoduchost instalace. Pomocí našich světlovodných systémů lze proměnit tmavé vnitřní prostory na nádherně prosvětlené místnosti, kde budete moci vykonávat všední činnosti bez potřeby umělého osvětlení. **Velký výběr ze škály stropních difuzérů** současně umožňuje vytvoření jedinečného architektonického designu.

Tabulka základních parametrů

Specifikace produktu	Brighten Up® SeriesSola		Master® Series	
	160DS	290DS	330DS	750DS
Průměr tubusu	250 mm	350 mm	530 mm	530 mm
EDCS (plocha pro zachytávání denního světla)	1032 cm ²	1871 cm ²	2129 cm ²	4839 cm ²
SHGC (koeficient přijatého tepla)	0,2–0,34	0,2–0,34	0,18–0,34	0,18–0,34
Plocha osvětlení	8–14 m ²	18–24 m ²	24–36 m ²	24–36 m ²
Efektivní délka tubusu	6 m+	9 m+	15 m+	15 m+

Použití Brighten Up® Series:

vstupní haly, chodby, schodiště, koupelny, toalety, šatny, ložnice, obývací pokoje, kuchyně, jídelny, dětské pokoje, pracovny, technické místnosti atd.

Použití SolaMaster® Series:

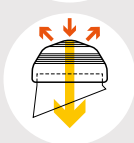
větší schodiště, kancelářské prostory, výrobní haly, učebny, tělocvičny, skladové prostory, nemocniční prostory, víceúčelové sály

Jak funguje světlovod Solatube®



1 Raybender® 3000 Technology

- opticky aktivní kopule využívá prostorové Fresnelovy čočky
- usměrňuje paprsky dopadající pod ostrým úhlem
- zabraňuje nadměrnému přísunu tepla v letních měsících
- zaručí konzistentní výkon světlovodu po celý den i rok



2 LightTracker™ Reflector

- patentované kopulové zrcátko natočené na jižní stranu
- usměrňuje paprsky dopadající pod ostrým úhlem
- zvyšuje aktivně množství světla sráženého do tubusu
- efektivní celoroční výkon světlovodu



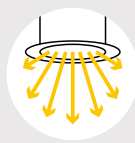
3 Spectralight® Infinity

- celosvětově nejvýkonnější odrazivý materiál
- testovaný přenos paprsku 99,7% na 1 odraz
- nemění barevné spektrum denního světla
- bez problémů převádí světelné paprsky do 15 m délky



4 Difuzéry – rozptyl světla v interiéru

- zabraňuje přenosu UVA /UVB záření
- optické (Fresnelovy) čočky umožňují dokonalý rozptyl světla
- designové difuzéry jako doplněk do interiéru



PŘIJĎTE SE PODÍVAT NA SVĚTLOVODY DO NAŠEHO SHOWROOMU NEBO K NĚKTERÉMU Z NAŠICH DEALERŮ PO CELÉ ČR!

WT-WINDOWS TOMORROW s.r.o., Spojovací 136, 252 62 Horoměřice
telefon: +420 608 918 484, e-mail: info@solatube.cz

www.solatube.cz

Sborník Kurz osvětlovací techniky XXXVI

ISBN 978-80-248-4556-2

CD-ROM