

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky



Česká společnost pro osvětlování  
Regionální skupina Ostrava



# Kurz osvětlovací techniky XXXIV

Část 2

**8. října – 10. října 2018**

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ  
Loučná nad Desnou

**ISBN 978-80-248-4221-9**

**Sborník recenzovaných příspěvků Kurz osvětlovací techniky XXXIV**

## **Partneři akce**

**Slovenská svetelnotechnická spoločnosť**

**SRVO**

**PTD Muchová, s.r.o.**

**časopis „SVĚTLO“, FCC Public**

**časopis „Elektro a trh“**

# **Děkujeme za dotace, sponzorské dary a pomoc při organizování konference**

## **OSMONT, s.r.o**

Hybrálec 129, Hybrálec, 586 01, [www.osmont.cz](http://www.osmont.cz)

## **OSTRAVSKÉ KOMUNIKACE, a.s.**

Novoveská 25/1266, Ostrava - Mar. Hory, 709 00, [www.okas.cz](http://www.okas.cz)

## **ČEPS, a.s.**

Elektrárenská 774/2, 101 52 Praha 10, [www.ceps.cz](http://www.ceps.cz)

## **OBO BETTERMANN PRAHA, s.r.o.**

Modletice 81, Říčany u Prahy, 251 01, [www.obo-bettermann.com](http://www.obo-bettermann.com)

## **LEDVANCE**

U Slavie 1540/2a, 100 00 Praha 10, [www.ledvance.cz](http://www.ledvance.cz)

## **INGE Opava, spol. s r.o.**

Stará silnice 3, Opava, 746 01, [www.inge.cz](http://www.inge.cz)

## **ZUMTOBEL LIGHTING s.r.o.**

Jankovcova 2, Praha 7, 170 00, [www.zumtobel.com](http://www.zumtobel.com)

## **HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ, s.r.o.**

Rejhotice 72, Loučná nad Desnou, 788 11, [www.hotelds.cz](http://www.hotelds.cz)

## **CENTRUM ENET**

VŠB – TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, Ostrava Poruba ,708 33, [cenet.vsb.cz](http://cenet.vsb.cz)



Konference Kurz osvětlovací techniky XXXIV, jak je již z názvu patrné, je 34. setkáním všech, kteří se světelnou technikou pracují, mají k ní co říct a mají ji také rádi.

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

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

#### **Vnitřní osvětlení**

- změny parametrů osvětlovacích soustav s LED během jejich provozu
- omezení oslnění a jeho vyhodnocování
- retrofitting
- řízení osvětlovacích soustav

#### **Venkovní osvětlení**

- optimalizace provozu osvětlovacích soustav pro osvětlování venkovních pracovních prostorů v kombinaci s kamerovými systémy
- problematika rušivého světla nejen na fasádách domů
- změny barevných parametrů osvětlovacích soustav s LED během jejich provozu

#### **Veřejné osvětlení**

- Smart city a VO
- VO a jeho zakomponování do bezpečnostních systémů
- problematika přenosu řídicího signálu do VO
- řízení VO v souvislosti s hustotou provozu

#### **Denní osvětlení a hygiena**

- vliv denního osvětlení na řízení osvětlovacích soustav
- chování luxmetrů při ověření osvětlovacích soustav osazených LED
- fotobiologické vlivy LED svítidel

#### **Elektro**

- dimenzování sítí VO v souvislosti s jejich využitím i pro ostatní spotřebu
- jištění osvětlovacích soustav v kontextu elektronických driverů
- výhody smart meteringu v osvětlovacích soustavách užívaných i pro jiné účely

#### **Workshop:**

- světelné znečištění
- smart veřejné osvětlení
- zvýšení bezpečnosti na komunikacích

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

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

# Obsah

Autor		Strana
<b>Baroš Jan</b>	Senzorický systém na bázi virtuální instrumentace	<b>1</b>
<b>Gašparovský Dionýz</b>	Aktuálne aktivity Medzinárodnej komisie pre osvetlenie CIE v oblasti rušivého svetla	<b>7</b>
<b>Gašparovský Dionýz</b>	Nová technická špecifikácia ISO_CIE DTS 22012 o určovaní udržiavacieho činiteľa	<b>18</b>
<b>Kunčický Lumír</b>	"Smart City? Smart Light?" Zkušební polygon VO v areálu VŠB-TU v Ostravě s velkým množstvím "chytrých" funkcí.	<b>26</b>
<b>Mácha Marek</b>	Využitie rozšírenej reality v procese návrhu umelého osvetlenia	<b>31</b>
<b>Raditschová Jana</b>	Osvetlenie domácností v norme EN 15193-1 Osvetlenie domácností v norme EN 15193-1 na hodnotenie energetickej hospodárnosti osvetlenia v budovách	<b>35</b>
<b>Šmíd Marek</b>	Fotometrie založená na LED světelných zdrojích - společný výzkumný projekt evropských metrologických institutů	<b>42</b>
<b>Tesař Jiří</b>	Pohled světelného technika na první veřejné osvětlení s malým negativním dopadem na životní prostředí	<b>48</b>
<b>Tesař Jiří</b>	Příklady z praxe nevhodně osvětlený dopravní prostor v závislosti na omezeném výhledu z vozidla	<b>55</b>
<b>Tesař Jiří</b>	Stanovení parametrů osvětlení na pozemních komunikacích dle ČSN CEN/TR 13201-1(výběr tříd osvětlení 9/2016), tam kde neznáme intenzitu dopravy	<b>64</b>
<b>Ullman Ivo</b>	Zkušenosti z instalace a provozu nových osvětlovacích soustav elektrických stanic PS z hlediska ekonomiky investice a ekonomiky provozu	<b>71</b>
<b>Vik Michal</b>	CIE Colorimetry 15.4 (2018) - nový standard pro měření barev	<b>77</b>
<b>Vik Michal</b>	Vliv tvaru retroreflexních prvků na viditelnost chodce	<b>82</b>
<b>Vitásek Jan</b>	Veřejné osvětlení v mlze	<b>86</b>
<b>Vitásek Martin</b>	Smart senzor pro fotometrii	<b>91</b>
<b>Zmrzlík Daniel</b>	Měření teploty chromatičnosti v kontrolním poli veřejného osvětlení	<b>101</b>
<b>Žák Petr</b>	Návrh národní metodiky pro výběr tříd osvětlení pozemních komunikací	<b>104</b>

<b>Terrich Teodor</b>	Analýza dopravní nehodovosti v noci při veřejném osvětlení v České republice	<b>110</b>
<b>Kunčický Lumír</b>	Ekonomická výhodnost - vyhodnocování veřejných zakázek na realizaci osvětlovacích soustav	<b>117</b>
<b>Suchan Pavel</b>	Světelné znečištění – řešení v minulosti, současnosti a jak dál?	<b>121</b>
<b>Běčák Petr</b>	Vyzařování světelného toku do horního poloprostoru z reálného modelu části města	<b>123</b>
<b>Valíček Pavel</b>	Řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení na konstantní hladinu osvětlenosti – volba a umístění čidel	<b>132</b>
<b>Dubnička Roman</b>	Určenie adaptačného jasu v mezopickej fotometrii s ohľadom na vizuálne pole pozorovateľa	<b>138</b>
<b>Dubnička Roman</b>	Meranie fotometrických parametrov premenlivých dopravných značení	<b>144</b>

## **Senzorický systém na bázi virtuální instrumentace**

Jan Baroš, Ing., VŠB – TUO Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství, jan.baros@vsb.cz, cbe.vsb.cz

*Abstrakt: Z důvodu blízkého nástupu průmyslové revoluce 4.0 a markantního růstu podílu SMART technologií na trhu je potřeba, aby vývoj, a hlavně testování těchto nových technologií bylo co nejrychlejší a také za co nejmenší cenu. Smart technologie jsou dnes již téměř všude kolem nás, i když to není na první pohled zřejmé. Tyto technologie jsou např.: v lednicích, automobilech, domech či samotných městech. Jednou z forem městské SMART technologie je komunikace, sběr a předávání dat pomocí viditelného světla generovaného veřejným osvětlením okolo městských dopravních komunikací. Tento článek pojednává o tvorbě senzorického systému určeném pro testování takovéto technologie.*

### **1 Úvod**

Realizovaný senzorický systém byl tvořen v rámci tvorby diplomové práce, která byla zadána KAT450. Systém se sestává z mnoha hardwarových komponent, stožárů svítidel na parkovišti, měřicího systému v rozvodně, a laboratoře s řídicím systémem pro ovládání senzorického systému. Byl kladen důraz na to, aby systém byl rozšiřitelný, vše je řešeno modulární strukturou, včetně architektury softwaru. [4]

Součástí systému jsou tyto funkcionality:

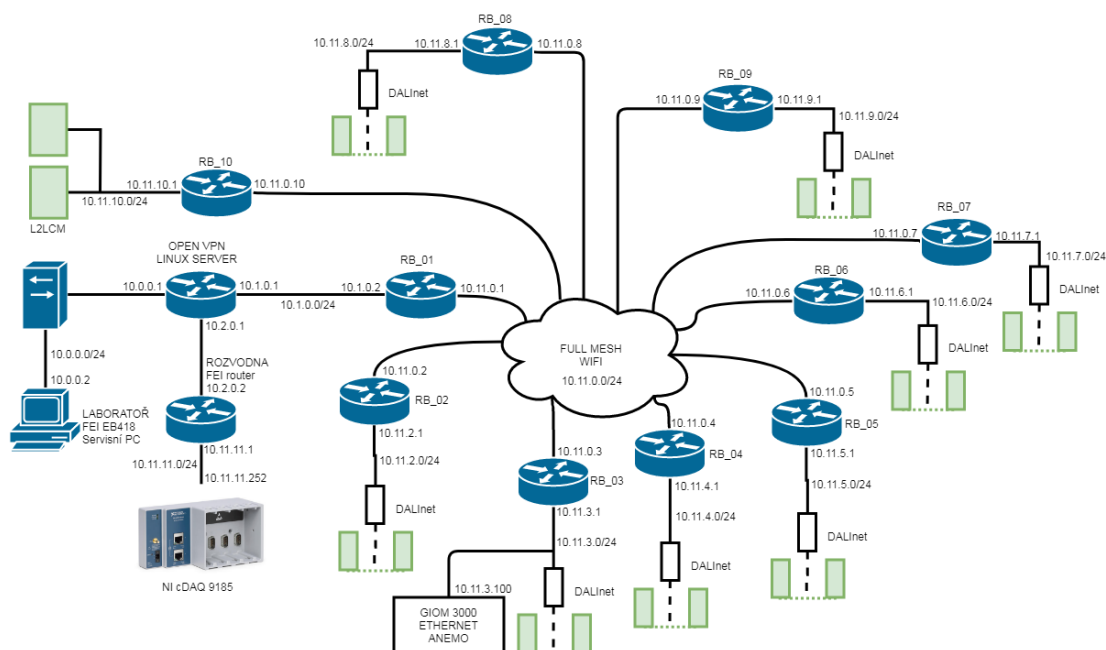
- Deset stožárů veřejného osvětlení osazené různými typy osvětlovací techniky, doplněné o SMART prvky
- Měření a sběr dat o energetických veličinách (U, I, P, P<sub>ST</sub>, P<sub>LT</sub>)
- Vyhodnocení naměřených energetických dat z hlediska vyhovění normám ČSN EN 50160 a ČSN EN 61000
- Simulace kompenzace rušivých elementů v síti pomocí aktivních filtrů na bázi numerického výpočtu
- Sběr meteorologických dat
- Implementovaný kamerový systém doplněný o rozhlasový tlapač
- Implementovaná nabíječka pro elektromobily v rámci jednoho stožáru pro testování vlivu působení nabíječky na síť osvětlení

Testovací polygon obsahuje testovací stožár, který slouží jako zkušební místo pro provozovatele veřejného osvětlení, aby si ověřili a vyzkoušeli funkčnost nově dodaného svítidla včetně zhodnocení jeho vlivu na energetickou síť. Dále je provedeno metrologické měření vybraných veličin a je rozhodnuto, zda vyhovují parametrům deklarovaným výrobcem.

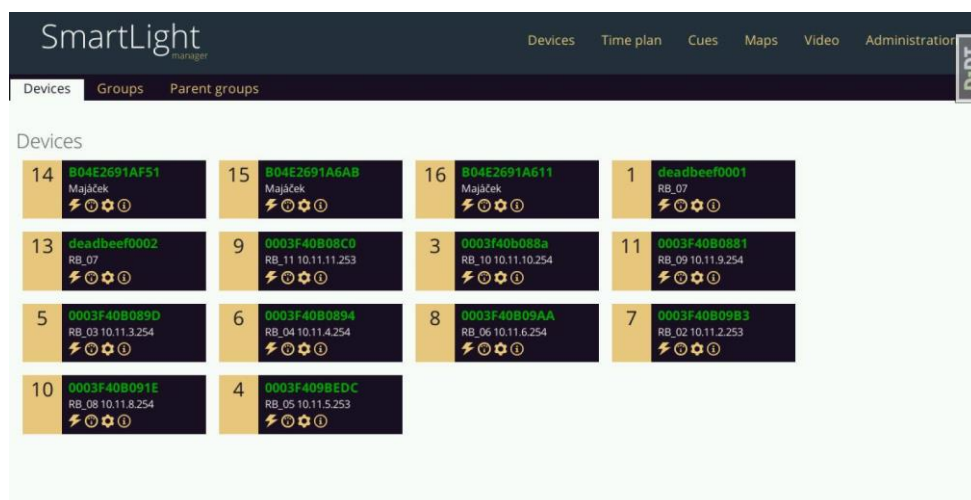
## 2 Měřicí systém

### 2.1 Server

Testovací polygon je koncipován jako hvězdicová topologie, kdy každý jednotlivý stožár komunikuje buď přímo s řídicím střediskem napřímo, či přes jednotlivé sloupy pomocí Wi-Fi signálu. Server celého systému je v rozvodně budovy Fakulty Elektrotechniky a Informatiky (dále FEI). Tento server běží na Linuxové distribuci *Debian*. Serverové PC slouží jako databáze dat polygonu, webserver (*Apache http Server*, *Daphne 2.1.0.*, *Django*), *MQTT broker (Eclipse Mosquitto)* a celkově jako centrální bod celého systému. Samotná webová aplikace pro ovládání polygonu je přístupná po zadání IP adresy serveru z prohlížeče. Je zde možné sledovat aktuální stav systému, ovládat polygon, tvořit harmonogram provozu parkoviště, sledovat kamerové náhledy či zobrazit jednotlivé stožáry v Google mapách.



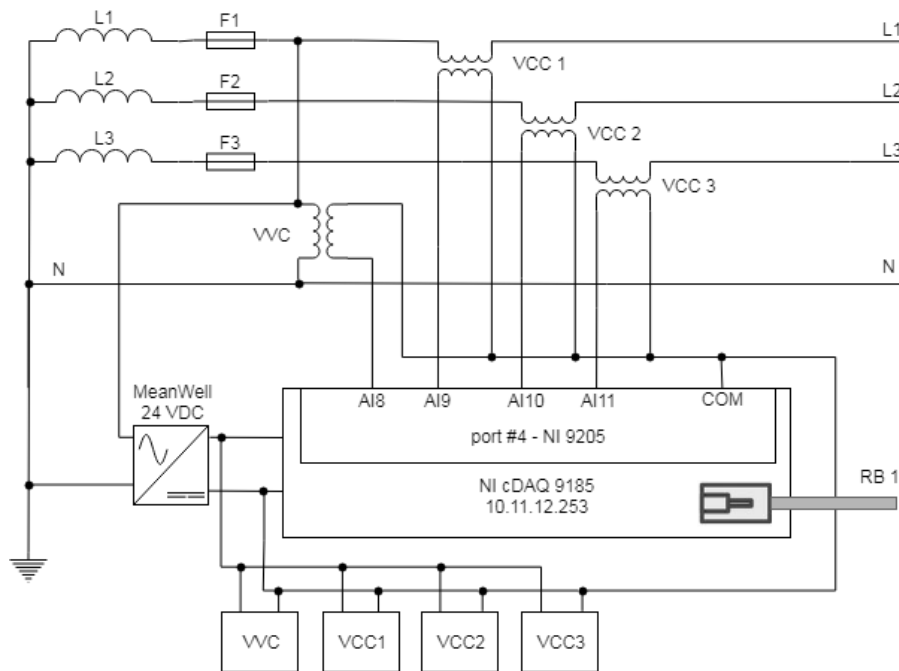
Obr.1 Topologie sítě polygonu [4]



Obr.2 Webová aplikace pro ovládání testovacího polygonu

## 2.2 Hardwarové komponenty systému

Měřicí systém je tvořen ethernetovým měřicím šasi NI cDAQ-9185 osazeným měřicím modulem NI-9205. Tento modul je vybaven přepínatelnými 32 kanály s rozsahem  $\pm 10$  V a rozlišením 16 bitů. Maximální vzorkovací frekvence je až 250kS/s, což plně vyhovuje požadavkům na měření dle normy ČSN EN 50160 a ČSN EN 61000. Jakožto převodníky z vysoké hladiny proudu a napětí na napětí nízké jsou použity převodníky firmy 32dev s.r.o. CVC-25/12.5, respektive VVC-600/300. Výstupy z těchto převodníků jsou připojeny na měřicí kartu a data jsou zaslána do počítače. Jelikož je rozvaděč parkoviště připojen přímo za transformátory 22kV/230V, lze toto napětí považovat za tvarově ideální. Proto je možné pro výpočty použít pouze jedno napětí, které se matematicky fázově posune o  $120^\circ$ , respektive  $240^\circ$ . V návrhu je však počítáno s budoucím rozšířením o další převodníky, které pokryjí zbylé fáze. Proudové převodníky jsou zapojeny na všech třech fázích, jelikož každá fáze obsahuje rozdílnou nelineární zátěž. Převodníky jsou napájeny ze spínaného zdroje 24VDC, který také napájí měřicí šasi cDAQ-9185. Výstupy z převodníků jsou vedeny, z důvodu blízkých silových vodičů, pomocí stíněného vodiče. Na každou fázi je navíc ještě připojeno Powerline zařízení umožňující komunikaci pomocí napájecí sítě. [2], [3], [4]

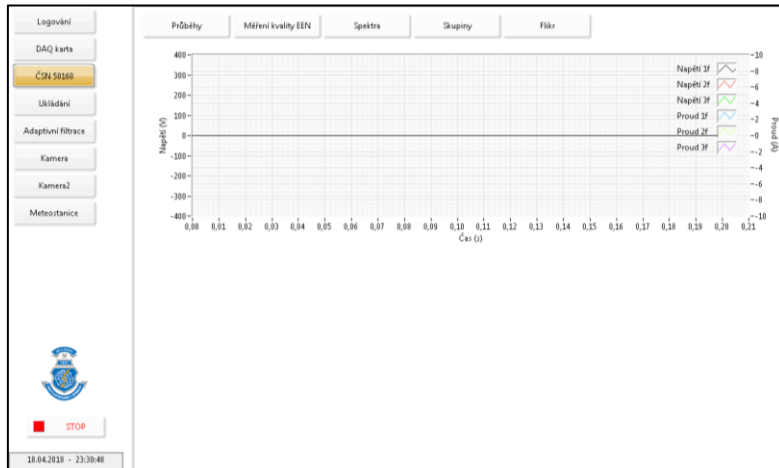


Obr.3 Schéma systému pro měření energetických veličin [4]

## 2.3 Software na bázi virtuální instrumentace

Pro velín v laboratoři byl napsán jediný software, který zvládá obsluhu, či ovládání, všech komponent na testovacím polygonu. Bylo vybráno prostředí LabVIEW z důvodu velmi jednoduché a rychlé implementace, obří podpory knihoven a také jednoduché možnosti paralelního běhu procesů. Klíčovou věcí při návrhu software pro obsluhu velínu bylo to, aby co nejvíce komponent software, jako například sběr dat, kamerový systém atd. běželo modulárně nezávisle na sobě. Dalším požadavkem byla jednoduchá rozšiřitelnost aplikace. Nebylo žádoucí, aby vývoj či implementace nových částí softwaru trvala dlouho a byla složitá. Proto bylo vybráno pluginové řešení architektury aplikace. Pluginové řešení znamená to, že každá komponenta software má vlastní proces či procesy, které jsou naprosto oddělené od ostatních pluginů. Jedinou možností, jak mohou jednotlivé pluginy komunikovat

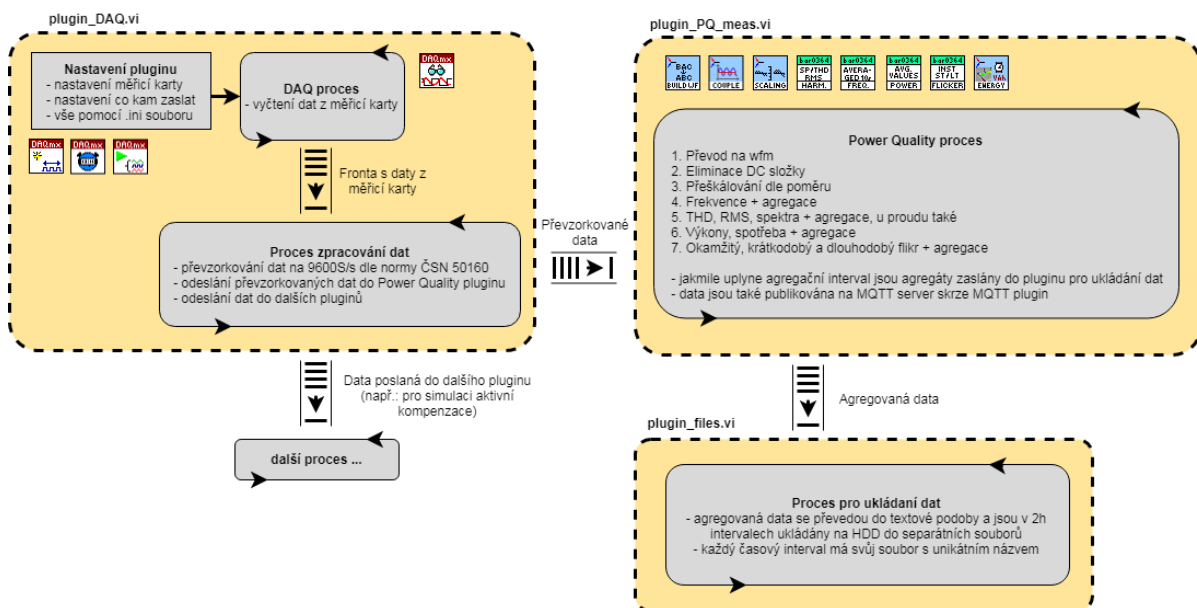
mezi sebou jsou komunikační funkce navrženy speciálně pro tuto architekturu. Dále má každý plugin svůj čelní panel, který buď je, či není zobrazen uživateli. Další vlastností této architektury je to, že uživatel si může v *main\_settings.ini* souboru navolit, které pluginy chce, a které nechce spustit. Díky tomuto je možné mít na jednom PC obsluhu měřicích karet a např. na jiném obsluhu kamerového systému. Přičemž aplikace a architektura je totožná. [4], [5]



Obr.4 Čelní panel LabVIEW aplikace s pluginem pro zobrazení měřených průběhů

V současnosti jsou implementovány tyto pluginy:

- Měření a sběr dat dle normy ČSN EN 50160 a ČSN EN 61000 pro měření kvality elektrické energie
- Ukládání agregovaných dat v uživatelsky čitelné podobě do textového souboru
- Simulace kompenzačního proudu pro adaptivní filtr
- Obsluha kamerového systému
- Ovládání jednotlivých svítidel
- Sběr dat a zobrazení dat z meteostanice GIOM 3000



Obr.5 – Zjednodušený blokový diagram jednotlivých procesů

### 3 Analýza naměřených dat

Data byla sbírána a měřena v rozmezí jednoho měsíce. Za platné období, které je vyhodnocováno dle normy ČSN EN 50160 se považuje období 23. 3. 2018 až 24. 4. 2018 vždy od 20:00 do 6:00. Je tomu tak z důvodu, že přes den byl testovací polygon vypnut a veřejné osvětlení nebylo zapnuto. Dalším analyzovaným aspektem měření bylo porovnání odběru, příkonu, a spotřeby jednotlivých etap osazení testovacího polygonu (porovnání sodíkových výbojek vs. LED osvětlení). [1]

V rámci normy ČSN EN 50160 se na provozu polygonu vyhodnocují tyto parametry:

- Velikost napájecího napětí – 95% efektivních hodnot napájecího napětí měřených v desetiminutových intervalech musí být v rozmezí  $230 \text{ V} \pm 10 \%$ . Tedy rozmezí 207 až 253 V.
- Kmitočet sítě - Střední hodnota tohoto kmitočtu se musí nacházet v intervalu  $50 \text{ Hz} \pm 1 \%$ . Tedy v rozmezí 49,5 až 50,5 Hz. V tomto rozmezí se hodnota frekvence musí nacházet minimálně 99,5 % doby kalendářního roku. Frekvence navíc nikdy nesmí překročit interval  $50 \text{ Hz} + 4 \%$  /  $-6 \%$ . Tedy 47 až 52 Hz.
- Harmonické zkreslení napěťového průběhu – běžně se pro výpočet THD uvažují harmonické složky do 50. řádu. Za normálních provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95 % středních efektivních hodnot každé jednotlivé harmonické složky napětí menší či rovno hodnotě uvedené v normě. Současně musí platit, že celkový činitel zkreslení napájecího napětí  $\text{THD}_U$  musí být menší či roven 8 %.
- Vjem flikru – Jsou stanoveny závazné limity pouze pro dlouhodobou míru vjemu flikru. Norma ČSN EN 61000 rozšiřuje tuto normu a stanovuje kompatibilní úroveň jak pro dlouhodobou míru, tak i pro krátkodobou míru. ČSN 50160 udává, že za normálních provozních podmínek musí být po 95 % času v libovolném týdenním období dlouhodobá míra vjemu flikru menší či rovna 1.

Provoz polygonu ve zkoumaném období vyhověl všem požadavkům normy ČSN EN 50160 a také vyhověl rozšiřujícím požadavkům normy ČSN EN 61000. [1], [4]

### 4 Diskuze dosažených výsledků

V rámci experimentální části diplomové práce byla vytvořena modulární softwarová platforma, která je snadno rozšiřitelná pro další aplikace. Funkcionalita navrženého systému byla ověřena v reálném provozu testovacího polygonu technologie BroadbandLIGHT. Díky použité flexibilní architektuře je navržená aplikace připravena pro další rozšíření. Jednou, z již zamýšlených aplikací, je v laboratoři EB418 měření a testování komunikace pomocí viditelného světla VLC (Visible Light Communication). Další plánovanou aplikací je vytvoření pracoviště pro měření, zpracování, filtraci a vyhodnocení kvality mluvené řeči. [4]

Z pohledu obsluhy samotného testovacího polygonu je vyvinutá softwarová platforma plně funkční a funkcionálně dostatečná. Pokud by však měla aplikace řídit nějaký komplexní řídicí systém, např.: v automatizaci, bylo by nutné více zapracovat na logování a ošetření stavů či chyb. Toto však není úlohou platformy, ale pluginů v ní obsažených. Jednou z hlavních



výhod návrhu této platformy je to, že je velmi jednoduše rozšiřitelná a jednotlivé pluginy se dají testovat i samostatně. [4]

Jedna z hlavních funkcionalit systému je jednak měření elektrických veličin v rámci testovacího polygonu, dále měření meteorologických veličin a také ovládání jednotlivých svítidel skrze MQTT protokol. Pomocí těchto příkazů lze jednotlivá světla stmívat, či úplně zhasnout. Tím pádem lze v budoucnu například na základě obsazenosti parkoviště mít plně rozsvícená pouze ta svítidla, pod kterými stojí automobily, či na základě svítivosti okolního prostředí regulovat svítivost svítidel na určitý výkon, aby byla ušetřena spotřeba elektrické energie. Dále lze třeba blikáním lampy signalizovat to, kam má příjezdějící automobil zaparkovat na prázdné parkovací místo. Další funkcionalitou je kamerový systém testovacího polygonu, který zajistí, že celé parkoviště je pod dohledem kamer. V budoucnu se počítá s implementací rozpoznání, které parkovací místa jsou prázdná. Zjistíme to na základě jednoduchého image processingu, kdy se budou sledovat jednotlivá parkovací místa, a zda se na nich vyskytuje automobil. Kamera namířená na příjezdovou cestu bude snímat SPZ příjezdějícího automobilu a na základě vyhodnocení o jakou SPZ se jedná, buď automobil pustí dále přes bránu, či nikoliv. S tímto systémem se propojí tlampač, vyskytující se na stožáru číslo 2, který může příjezdějící auto přivítat, nebo naopak říct, že nemá platnou SPZ v databázi, a proto nebude vpuštěno. Tento tlampač je dále vybaven mikrofonom, kterým může být komunikováno s lidmi pohybujícími se na parkovišti, nebo v noci na základě vyhodnocení hluku může být spuštěna varovná zpráva, která může zastrašit potenciálního zloděje. [4]

### Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 50160. 3RD ED. ČESKÁ REPUBLIKA: ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2010.
- [2] CDAQ-9185 [ONLINE]. 2017 [CIT. 2018-01-01]. DOSTUPNÉ Z: <http://www.ni.com/cs-cz/support/model.cdaq-9185.html>
- [3] NI-9205 [ONLINE]. 2017 [CIT. 2018-01-01]. DOSTUPNÉ Z: <http://www.ni.com/cs-cz/support/model.ni-9205.html>
- [4] BAROŠ, JAN. SENZORICKÝ SYSTÉM NA BÁZI VIRTUÁLNÍ INSTRUMENTACE [ONLINE]. OSTRAVA, 2018 [CIT. 2018-09-25]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://HDL.HANDLE.NET/10084/128565](http://hdl.handle.net/10084/128565). DIPLOMOVÁ PRÁCE. VYSOKÁ ŠKOLA

**Jan BAROŠ** vystudoval v roce 2018 magisterský obor Řídicí a informační systémy na Vysoké škole Báňské – Technické Univerzitě, Česká republika. Jeho výzkumná činnost se zabývá aplikací Virtuální Instrumentace a systémovou integrací novodobých SMART technologií do průmyslového prostředí. V současné době studuje doktorské studium pod vedením doc. Ing. Radka Martinka, Ph.D.

## **Aktuálne aktivity Medzinárodnej komisie pre osvetlenie CIE v oblasti rušivého svetla**

Dionýz Gašparovský, Doc. Ing. PhD., STU FEI v Bratislave, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

*Abstrakt: Príspevok sa zaoberá mimoriadne aktuálnou problematikou rušivého svetla a kladie si za cieľ predstaviť súčasné aktivity Medzinárodnej komisie pre osvetlenie CIE v tejto oblasti. Príspevok uvádza prehľad platných technických správ CIE venujúcich sa problematike rušivého svetla a v stručnosti aj výber technických správ, ktoré sa dotýkajú rušivého svetla vzniknutého v rámci rôznych aplikačných oblastí. Podrobnejšie uvádza predmet, obsah, použitie, cieľovú skupinu a v stručnosti aj základné tézy troch špecifických technických správ CIE. Približuje terminológiu rušivého svetla, extrahuje výskumné témy a otázky z výskumnej stratégie CIE a prezrádza zameranie pripravovaných technických komisií CIE, ktoré budú tieto témy a otázky riešiť. V závere príspevok sumárne hodnotí skutkový stav a naznačuje ďalší vývoj v tejto oblasti z pohľadu prevádzkovania moderných osvetľovacích sústav a interakcie svetelných technikov s odborníkmi z dotknutých súvisiacich oblastí.*

### **1 Úvod**

V súvislosti s nasadzovaním LED do vonkajšieho osvetlenia sa výrazne menia charakteristiky svetelného prostredia v zmysle spolupôsobenia jednotlivých parametrov osvetlenia ako je úroveň osvetlenia (vyjadrená osvetlenosťou alebo jasom), smerovanie svetelného toku zo svietidiel, oslnenie, spektrálne zloženie svetla atď. Zmeny nastávajú aj v rámci negatívnych účinkov umelého osvetlenia na nočné prostredie, ktoré súhrne nazývame rušivým svetlom. Negatívne vplyvy sa týkajú ľudí, zvierat, rastlín a astronomických pozorovaní. Riešenie týchto úloh je naliehavé a patrí k najvyšším prioritám v Medzinárodnej komisii pre osvetlenie CIE, ktorá na tieto aktuálne výzvy reaguje odbornými činnosťami (vypracovanie nových technických správ a revízia existujúcich, príprava normalizačných úloh) a iniciovaním spolupráce s partnerskými organizáciami.

Charakteristiky rušivého svetla sú preskúmané a požiadavky na jeho obmedzenie sú vytvorené predovšetkým s ohľadom na astronomické pozorovania. Ostatné nepriaznivé účinky umelého svetla ako napríklad vplyv na cirkadiánne rytmy počas večerných a nočných hodín, prenikanie svetla do obydľí, rušenie nočného života postrádajú kvalitný výskum, ktorý by mohol byť základom na vypracovanie normatívnych ustanovení na obmedzenie takýchto účinkov. Ďalej treba spomenúť, že predchádzajúce štúdie uvažovali so spektrom svetla bežným vo vonkajšom osvetlení so statickými úrovňami osvetlenia a účinky pestrofarebného a dynamického osvetlenia neboli predmetom týchto štúdií.

Je zrejmé, že pokroková LED technológia môže napomôcť vyriešiť mnohé problémy spojené s environmentálnymi dopadmi osvetlenia vďaka vysokému mernému výkonu, ľahkému stmievaniu a takmer neobmedzeným možnostiam riadenia osvetlenia, voľbou vhodného spektra vyžarovaného svetla, presným smerovaním svetelného toku atď. Vďaka precíznemu smerovaniu svetla tam, kde je potrebné a vďaka malým rozmerom svetelného zdroja a

kvalitnej optike získavame menej neúčelne rozptýleného svetla. LED technológia môže znamenať veľký pokrok pri znižovaní žiary oblohy.

## 2 Terminológia CIE v oblasti rušivého svetla

Základnú terminológiu v oblasti rušivého svetla obsahuje Medzinárodný svetelnotechnický slovník ILV[1]. V tejto časti si uvedieme najdôležitejšie termíny a ich definície v slovenskom preklade. Číslo v zátvorke predstavuje odkaz na položku slovníka ILV.

**Svetelné znečistenie** (17-669): všeobecný výraz súhrnne označujúci všetky negatívne účinky umelého svetla.

**Rušivé svetlo** (17-836): neúčelne rozptýlené svetlo, ktoré kvôli kvantitatívnym a smerovým vlastnostiam spôsobuje rušenie, diskomfort, rozptýlenie alebo zníženie schopnosti vidieť podstatné informácie ako napríklad dopravnú signalizáciu.

**Neúčelne rozptýlené svetlo** (17-1246, čiastočne 17-1273): svetlo vyžiarené osvetľovacou sústavou mimo hraníc objektu, pre ktoré bolo osvetlenie navrhnuté.

**Žiara oblohy** (17-1191): zvýšenie jasnosti nočnej oblohy v dôsledku odrazu žiarenia (viditeľného aj neviditeľného), rozptýleného na čistočkách atmosféry (molekúl plynu, aerosólov a pevných častíc) vo vzduchu v smere pozorovania.

**Prirodzená žiara oblohy** (17-803): tá časť žiary oblohy, ktorá sa pripisuje žiareniu z nebeských zdrojov a z luminiscenčných procesov prebiehajúcich vo vyšších vrstvách atmosféry Zeme.

**Žiara oblohy v dôsledku ľudskej činnosti** (17-755): tá časť žiary oblohy, ktorá je spôsobená umelými zdrojmi žiarenia (napr. umelým vonkajším osvetlením). Zahŕňa žiarenie, ktoré je vyžiarené priamo nahor a žiarenie, ktoré je odrazené od povrchu Zeme.

**Environmentálna zóna** (17-388): oblasť, v ktorej prebiehajú alebo sú plánované určité činnosti a kde sa odporúčajú špecifické požiadavky na obmedzenie rušivého svetla. Zóny sa označujú hodnotiacim systémom E1 až E4.

**Referenčné miesto** (17-1053): miesto (v označenej zóne v rámci danej zonácie), na ktoré sa vzťahuje hodnotenie rušivého svetla (žiary oblohy). Ekvivalentným termínom je „referenčný bod“.

**Podiel svetla (svietidla) vyžarovaného do horného polpriestoru ULOR** (17-1380): podiel nahor smerujúceho svetelného toku zo svietidla, meraný za stanovených podmienok s vlastným svetelným zdrojom (zdrojmi) a zariadením, k súčtu jednotlivých svetelných tokov rovnakých svetelných zdrojov prevádzkovaných mimo svietidla s rovnakým zariadením pri stanovených praktických podmienkach.

**Nočný klud** (17-268): časové rozpätie, počas ktorého platia prísnejšie požiadavky na obmedzenie rušivého svetla. Často sa uplatňuje ako podmienka prevádzkovania vonkajšej osvetľovacej sústavy (napr. miestnou samosprávou).

Poznámka: Pojem „svetelné znečistenie“ sa v niektorých komunitách môže považovať za expresívny a prípadne až za odborné nesprávny výraz, s čím sa stotožňuje aj autor tohoto

príspevku. Vhodným ekvivalentným termínom je „rušivé svetlo“, a to aj napriek rozdielom v slovnej formulácii definície oboch uvedených pojmov.

### 3 Aktuálne technické správy CIE – rozbor základných téz

#### 3.1 Prehľad technických správ CIE

V Medzinárodnej komisii pre osvetlenie CIE sú aktuálne v platnosti tri technické správy, ktoré sa špecificky venujú problematike rušivého svetla:

- **CIE 150:2017** Návod na obmedzenie účinkov rušivého svetla z vonkajších osvetľovacích sústav, 2. vydanie
- **CIE 126-1997** Návod na minimalizáciu žiary oblohy
- **CIE 001-1980** Návod na minimalizáciu žiary oblohy v mestách v blízkosti astronomických observatórií (spoločná publikácia IAU/CIE)

Ďalšie technické správy CIE riešia otázky rušivého svetla vo vzťahu k aplikačným oblastiam, ktoré sú ich predmetom:

- **CIE 206:2014** Účinky spektrálneho zloženia svetla pri osvetlení mestských a peších oblastí
- **CIE 115:2010** Osvetlenie komunikácií pre motorizovanú a pešiu premávku
- **CIE 136-2000** Návod na osvetlenie mestských oblastí
- **CIE 132-1999** Návrhové metódy osvetlenia pozemných komunikácií
- **CIE 129-1998** Návod na osvetlenie vonkajších pracovísk
- **CIE 128-1998** Návod na osvetlenie povrchových baní
- **CIE 094-1993** Návod na ilumináciu

#### 3.2 Publikácia CIE 150:2017<sup>[2]</sup>

Najnovším dokumentom vydaným koncom roka 2017 je druhá edícia technickej správy CIE 150.

**Účel:** Pomôcť sformulovať návod na posúdenie dopadov vonkajšieho osvetlenia na životné prostredie a poskytnúť odporúčané hranice príslušných svetelnotechnických parametrov, aby sa rušivé účinky vonkajšieho osvetlenia udržiavali v tolerovateľných medziach.

**Použitie:** Návod sa má použiť predovšetkým pre nové osvetľovacie sústavy (rušivé účinky sa najlepšie obmedzujú vhodným návrhom osvetlenia), ale návod poskytuje aj nápravné opatrenia pre existujúce osvetľovacie sústavy.

**Cieľová skupina:** obyvatelia, návštevníci, turisti, užívatelia dopravných prostriedkov, environmentalisti, astronómovia.

**Stručný obsah:**

- Potenciálne rušivé účinky a zodpovedajúce svetelnotechnické parametre
- Návrh, montáž, prevádzka a údržba osvetľovacej sústavy
- Dokumentácia návrhu osvetlenia
- Výpočet svetelnotechnických parametrov
- Meranie svetelnotechnických parametrov

Publikácia CIE 150 Ed.2:2017 sa astronomickým aspektom rušivého svetla venuje len čiastočne, zároveň je to však najvýznamnejšia a najpoužívanejšia časť tohto dokumentu.

Technická správa rozlišuje tieto účinky umelého svetla na astronomické pozorovania (zhoršenie podmienok pozorovania nočnej oblohy):

- rozptyl umelého svetla v atmosfére, ktorý vytvára žiaru oblohy
- spektrálne charakteristiky žiary oblohy, ktorá sa kryje so spektrom svetla hviezd
- priamy dopad svetla z osvetľovacích sústav na observatórium

Podstatnú časť žiary oblohy spôsobuje svetlo vyžiarené priamo zo svietidiel smerom k horizontále (blízko horizontály alebo nad ňu). Obmedzením podielu svetla vyžarovaného zo svietidla do horného polpriestoru (ULR) sa žiara oblohy dá jednoducho znížiť. ULR však nezohľadňuje svetlo vyžiarené zo svietidiel, ktoré sa odráža nahor od osvetlených povrchov. ULR sa vzťahuje na svietidlá a hodí sa na porovnanie rôznych typov svietidiel. Odrazené svetlo zohľadňuje iný parameter – UFR (podiel svetelného toku smerujúceho do horného polpriestoru), preto je vhodnejší na porovnávanie osvetľovacích sústav (štyri alebo viac svietidiel).

Svetlo vyžiarené nad horizont v zóne medzi 90° a 110° má zásadný vplyv na žiaru oblohy vo veľkých oblastiach okolo observatórií. Svetivosť je potrebné obmedzovať nasledovne:

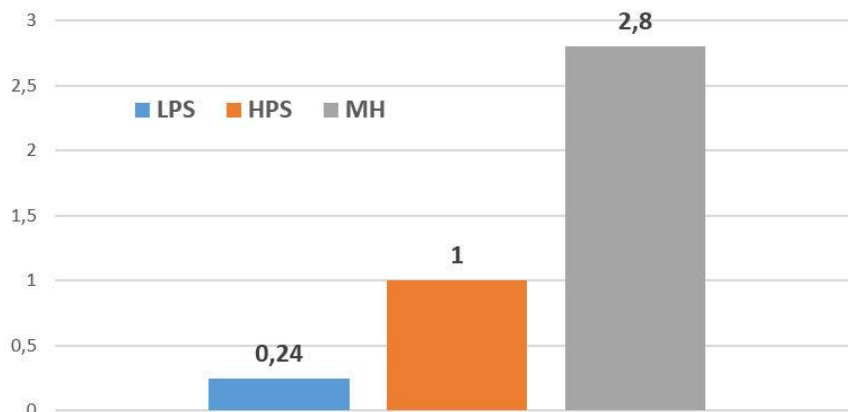
- medzi 90° a 100 °C : < 0,5 cd/klm
- medzi 100 °C a 110 °C: 0 cd

Žiara oblohy je inverzne proporčná štvrtému kvadrátu vlnovej dĺžky. Červené a teplobiele svetlo je pre astronómov vo všeobecnosti prijateľnejšie ako modré a studené biele svetlo. Astronómia preto uprednostňuje a požadujú:

- použitie nízkotlakovej sodíkovej výbojky alebo LED s podobným spektrom vyžarovaného svetla v bezprostrednej blízkosti observatória
- použitie vysokotlakovej sodíkovej výbojky alebo LED s podobným spektrom vyžarovaného svetla, ak sa observatórium nachádza oveľa ďalej od osvetľovacej sústavy

Relatívna žiara oblohy pre rôzne typy svetelných zdrojov je znázornená na obr. 1. Celkový vplyv na žiaru oblohy závisí od veľkosti osvetľovacej sústavy a od jej vzdialenosti od

observatória. Napríklad mesto s 20 000 obyvateľmi vo vzdialenosti 20 km od observatória má podobné negatívne účinky ako mesto s 1 milión obyvateľmi vzdialené 100 km od observatória.



Obr.1 Relatívna žiara oblohy pre rôzne typy svetelných zdrojov

Environmentálne zóny sú klasifikované v tab. 1. Požiadavky na podiely ULR a UFR sú pre jednotlivé environmentálne zóny uvedené v tab. 2.

Zóna	Svetelné prostredie	Príklady	Doplnkové požiadavky
<b>E0</b>	Prírodné tmavé	Rezervácie UNESCO Starlight, parky tmavého neba IDA, veľké optické observatória	Všetky miesta do 100 km od veľkého optického astronomického observatória bez ohľadu na mieru osídlenia
<b>E1</b>	Tmavé	Relatívne neobývané vidiecke oblasti	
<b>E2</b>	Málo svetlé	Riedko obývané vidiecke oblasti	Miesta do 30 km od mestského astronomického observatória a miesta od 100 km do 300 km od veľkého optického astronomického observatória bez ohľadu na mieru osídlenia
<b>E3</b>	Stredne svetlé	Bežne obývané vidiecke a mestské osídlenie	
<b>E4</b>	Veľmi svetlé	Centrá miest a iné obchodné oblasti	

Tab.1 Environmentálne zóny podľa CIE 150:2017

Svetelnotechnický parameter	Druh osvetľovacej sústavy	Environmentálna zóna				
		E0	E1	E2	E3	E4
Podiel svetla vyžarovaného do horného polpriestoru (ULR)		0 %	0 %	2,5 %	5 %	15 %
Podiel svetelného toku smerujúceho do horného polpriestoru (UFR)	Miestna komunikácia	N/A	2 %	5 %	8 %	12 %
	Budova	N/A	N/A	6 %	12 %	35 %
	Športovisko	N/A	N/A	2 %	6 %	15 %

Tab.2 Najväčšie dovolené hodnoty podielu svetla vyžarovaného do horného polpriestoru (ULR) a podielu svetelného toku smerujúceho do horného polpriestoru (UFR)

### 3.3 Publikácia CIE 001-1980<sup>[3]</sup>

**Účel:** Podporiť kolektívne aktivity CIE a IAU zamerané na minimalizáciu degradácie prostredia v okolí astronomických observatórií.

**Použitie:** Návod má slúžiť ako základ pre porozumenie, spoluprácu a aktivity vykonávané cieľovou skupinou. Technická správa vysvetľuje účinky žiary oblohy spôsobenej ľudskou činnosťou, veľkosť žiary vytvorenej umelým osvetlením, obmedzenie žiary oblohy a spôsob, ako splniť stanovené kritériá dobrou svetelnotechnickou praxou.

**Cieľová skupina:** astronómovia, svetelní technici a verejné inštitúcie.

#### Stručný obsah:

- Prírodná a umelá žiara oblohy
  - Prírodná žiara oblohy
  - Obmedzenia astronomických pozorovaní spôsobené žiarou oblohy
  - Mechanizmus vzniku umelej žiary oblohy
  - Odhad veľkosti žiary oblohy
  - Spektrálne zloženie žiary oblohy
- Metódy minimalizácie umelej žiary oblohy
  - Zdroje umelej žiary oblohy
  - Techniky minimalizácie žiary oblohy (obmedzenie úrovne osvetlenia, výber vhodnej osvetľovacej sústavy, výber vhodných svetelných zdrojov, filtrovanie svetelných zdrojov, tienenie svietidiel, časové obmedzenie prevádzky osvetľovacej sústavy)
  - Použitie techník v rôznych aplikáciách (verejné osvetlenie, iné vonkajšie osvetlenie, vnútorné osvetlenie)

- Prostriedky uplatňované miestnymi úradmi na obmedzenie nárastu žiary oblohy v dôsledku ľudskej činnosti
- Správa a odporúčania Komisie 50
- Stanovisko CIE k ochrane astronomických observatórií
- Vyhláška č. 3840 (Tucsonský zákon)

### 3.4 Publikácia CIE 126-1997<sup>[4]</sup>

**Účel:** Všeobecný návod na zníženie žiary oblohy.

**Použitie:** Technická správa stručne rieši teoretické hľadiská žiary oblohy a uvádza odporúčania pre maximálne dovolené hodnoty pre osvetľovacie systavy vo vzťahu k potrebám astronomických pozorovaní.

**Cieľová skupina:** projektanti osvetlenia, legislatívci.

**Stručný obsah:**

- Zdroje žiary oblohy
- Vzorec pre žiaru oblohy
- Meranie žiary oblohy
- CIE systém zónovania
- Odporúčania na obmedzenie žiary oblohy
- Nápravné opatrenia
- Návod na návrh osvetlenia

Publikácia CIE 126-1997 identifikuje tieto hlavné zdroje neúčelne rozptýleného svetla:

- verejné a uličné osvetlenie
- osvetlenie športovísk
- osvetlenie priemyselných podnikov, letísk a budov
- plošné osvetlenie nákupných stredísk, parkovísk, fariem, skleníkov, železníc atď.
- iluminácia budov, sôch a pamätníkov
- osvetlenie billboardov
- reklamné osvetlenie

Environmentálne zóny sú klasifikované v tab. 3. Požiadavky na podiely ULOR sú pre jednotlivé environmentálne zóny uvedené v tab. 4. Odporúčania na obmedzenie žiary oblohy podľa ULOR sú uvedené v tab. 5.



Zóna	Svetelné prostredie	Druh osídlenia	Pozemné komunikácie
E1	Oblasti s prirodzene tmavým pozadím	Národné parky, oblasti výnimočnej prírodnej krásy	Zvyčajne neosvetlené
E2	Oblasti s málo svetlým pozadím	Všeobecné vonkajšie mestské a vidiecke obytné oblasti	Osvetlené na úroveň obytných oblastí
E3	Oblasti so stredne svetlým pozadím	Všeobecné mestské obytné oblasti	Osvetlené na úroveň dopravnej komunikácie
E4	Oblasti s veľmi svetlým pozadím	Všeobecné mestské oblasti so zmiešanou obytňou a obchodnou funkciou s vysokou mierou nočnej aktivity	

Tab.3 CIE systém environmentálnych zón podľa CIE 126-1997

Zóna	ULOR <sub>inst</sub>	Astronomické aktivity
E1	0 %	Observatória (medzi-)národného významu
E2	0 - 5 %	Postgraduálne a akademické štúdie
E3	0 - 15 %	Vysokoškolské štúdie, amatérske pozorovania
E4	0 - 25 %	Príležitostné pozorovanie oblohy

Tab.4 Odporúčania na obmedzenie žiary oblohy na základe ULOR podľa CIE 126-1997

Zóna (ref. bod)	Zóna (okolie)		
	E1-E2	E2-E3	E3-E4
E1	1 km	10 km	100 km
E2		1 km	10 km
E3			1 km
E4	Bez ohraničenia		

Tab.5 Minimálna vzdialenosť medzi hranicami environmentálnych zón a referenčným miestom podľa CIE 126-1997

Pre existujúce osvetľovacie sústavy sa môžu použiť tieto nápravné opatrenia:

- nočný klud
- monochromatické svetlo
- filtrovanie svetla
- riadenie osvetlenia
- vplyv činiteľov odrazu povrchov v okolí

#### **4 Rušivé svetlo vo výskumnej stratégii CIE**

V roku 2016 Medzinárodná komisia pre osvetlenie CIE vydala výskumnú stratégiu<sup>[5]</sup>, ktorá definuje smerovanie výskumu v oblasti osvetlenia a stanovuje výskumné témy vyžadujúce urgentnú pozornosť výskumníkov. Súčasne radí tieto témy do výskumných priorít. Divízia 4 v CIE je kompetentná v oblasti vonkajšieho osvetlenia a má vlastných 10 prioritných výskumných tém, ku ktorým sa radí aj problematika rušivého svetla. Kľúčové otázky výskumnej stratégie v oblasti rušivého svetla sú nasledovné:

- Do akej miery nepotrebné neúčelne rozptýlené svetlo preniká do obytných budov a ako vplýva na ľudí, ktorí tu žijú?
- Aký vplyv môže mať umelé svetlo na zvieratá a rastliny v nočnom prostredí?
- Aký je rozdiel medzi rušivým svetlom z pestrofarebného a/alebo dynamického osvetlenia a rušivým svetlom zo statických osvetľovacích sústav? Aké zvláštne opatrenia je v tomto smere potrebné prijať pre pestrofarebné a dynamické osvetlenie?
- Aká veľkosť a usporiadanie osvetľovacej sústavy predstavuje významný príspevok k žiare oblohy? Aké medze sa dajú nastaviť na dosiahnutie prijateľných úrovní žiary oblohy?
- Je existujúci systém environmentálnych zón vhodný na praktické použitie a vyhovujúci všetkým zainteresovaným stranám s ohľadom na rovnováhu ich špecifických potrieb? Môže sa tento systém potvrdiť pre ďalšie obdobie alebo vyžaduje revíziu?

Dôležité sú aj tieto výskumné úlohy:

- modelovanie pre bežné prípadové štúdie s ohľadom na rôzne zdroje svetla, ktoré vytvárajú nočné svetelné prostredie
- modelovanie veľkých zdrojov svetla vyžarujúcich nahor
- posilnenie výskumu na objasnenie miery účinku vyžarovania svetla v oblasti < 500 nm (viď CIE 206:2014)

## 5 Aktuálne a pripravované technické komisie CIE

V súčasnosti pracujú tieto technické komisie a spravodajstvá CIE<sup>[6]</sup>, ktoré sa v čiastkových otázkach dotýkajú problematiky rušivého svetla z vonkajších osvetľovacích sústav:

**TC 4-47** Aplikácia LED v osvetlení pre dopravu a v dopravnej signalizácii

**TC 4-51** Optimalizácia verejného osvetlenia

**TC 4-55** Návod na osvetlenie športových podujatí pre farebnú televíziu a filmové systémy

**TC 4-56** Generel mestského osvetlenia

**TC 4-57** Návod na osvetlenie športovísk

**DR 4-47** LED billboardy

V súčasnosti nie je v činnosti žiadna technická komisia CIE, ktorá sa špecificky venuje problematike rušivého svetla. Zakladajú sa ale tieto dve nové technické komisie:

- **Rušivé sveto z pestrofarebného a dynamického osvetlenia a jeho obmedzenie:** Cieľom technickej správy bude poskytnúť návod na implementáciu a použitie pestrofarebného a dynamického osvetlenia vo vonkajších aplikáciách s cieľom obmedzenia účinkov rušivého svetla na astronomické pozorovania, ľudí a nočné prostredie. Vytvoríť metriku na popis rušivého svetla zo sústav pestrofarebného a dynamického osvetlenia a navrhnuť vhodné metódy na obmedzenie alebo zábranu rušivého svetla z týchto systémov.
- **Umelé svetlo a jeho vplyv na nočné prostredie:** Cieľom technickej správy bude poskytnúť návod na spôsob minimalizácie účinkov umelého svetla na nočné prostredie, vrátane vplyvu na rastliny a zvieratá. Návod bude doplnený o odporúčania úrovni osvetlenia, spektrálneho zloženia svetla a ostatných špecifických úvah pre širokú diverzitu organizmov a miest ich výskytu.

Predpokladá sa, že prvá z uvedených technických komisií bude založená na prelome septembra a októbra 2018 (t. j. v čase písania tohto príspevku), druhá do konca roka 2018. Okrem toho sa zakladá nová technická komisia s názvom „Návod na osvetlenie prvkov mestskej architektúry“, ktorá okrem návodu na osvetlenie bude riešiť aj obmedzenie rušivého svetla z týchto osvetľovacích sústav; komisia má byť založená na prelome septembra a októbra 2018.

## 6 Záver

Problematika rušivého svetla má už dlhodobo svoje miesto v Medzinárodnej komisii pre osvetlenie CIE. V minulosti však zdrojmi rušivého svetla boli osvetľovacie sústavy so statickým osvetlením a so spektrálnym zložením svetla z klasických svetelných zdrojov. V súčasnosti sa nástupom LED technológie situácia zásadne mení, vyvstávajú nové a nové otázky týkajúce sa jednak vplyvu nového charakteru osvetlenia na obmedzenie astronomických pozorovaní, jednak potreby preskúmania ďalších vplyvov rušivého svetla na nočné prostredie. Na tento účel sa v súčasnosti zakladajú nové technické komisie, ktoré sa budú týmito otázkami zaoberať.

Okrem vypracovania nových technických správ a prípadne aj noriem je potrebné revidovať existujúce publikácie CIE, i keď publikácia CIE 150 Ed.2 vydaná koncom minulého roka je ešte relatívne aktuálna. Treba však revidovať najmä staršie dokumenty CIE 001 a CIE 126, prípadne ich zlúčiť a zosúladiť. Veď mnohé pasáže sú v týchto dokumentoch duplicitné a dokonca sú a vo vzájomnom rozpore! Z prehľadu uvedeného v tomto príspevku je zrejmé, že rozpory sa týkajú aj tak závažnej veci ako je systém environmentálnych zón. Z technických správ CIE by sa mohlo vyčleniť stanovisko CIE k ochrane astronomických observatórií a mohlo by sa vydať ako aktualizovaný samostatný dokument. Na druhej strane publikácia CIE 150 by sa mohla rozdeliť na samostatné publikácie pre rôzne druhy rušivého svetla.

## PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou agentúry VEGA MŠVVaŠ SR pod číslom grantu VEGA 1/0640/17 „Sebestačné inteligentné siete a regióny a ich začlenenie do existujúcej elektrizačnej sústavy“.

## Literatúra a odkazy

- [1] CIE DIS 017:2016 ILV: International Lighting Vocabulary, 2nd Edition. Vienna: CIE, 2016
- [2] CIE 150:2017 Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installations, 2nd Edition. Vienna: CIE, 2017
- [3] CIE 001-1980 Guidelines for minimizing urban sky glow near astronomical observatories (Joint publication IAU/CIE). Vienna: CIE, 1980
- [4] CIE 126-1997 Guidelines for minimizing sky glow. Vienna: CIE, 1997
- [5] International Commission on Illumination, “CIE Research Strategy,” International Commission on Illumination. [Online]. Available: <http://www.cie.co.at/research-strategy>. [Accessed: Aug. 31, 2018].
- [6] International Commission on Illumination, “Main Technical Committees,” International Commission on Illumination. [Online]. Available: <http://www.cie.co.at/technical-work/jtcs>. [Accessed: Aug. 31, 2018].

## **Nová technická špecifikácia ISO/CIE DTS 22012 o určovaní udržiavacieho činiteľa**

Dionýz Gašparovský, Doc. Ing. PhD., STU FEI v Bratislave, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

*Abstrakt: Cieľom tohto príspevku je oboznámiť odbornú verejnosť o základných tézach pripravovanej technickej špecifikácie ISO o spôsobe určenia udržiavacieho činiteľa pre vnútorné aj vonkajšie osvetľovacie sústavy. V príspevku bude predstavený predmet technickej špecifikácie, jej ciele, zameranie a obsahová štruktúra. Príspevok si kladie za cieľ upozorniť na rozdiely medzi technickou špecifikáciou a pôvodnými smernicami CIE, z ktorých špecifikácia čerpá metodický základ, vyzdvihnúť nové prístupy a nové definície, odporučiť spôsob použitia tohto dokumentu, upozorniť na úskalía a obmedzenia naznačiť ďalší vývoj v oblasti udržiavacieho činiteľa a jeho normalizácie.*

### **1 Úvod a východiská**

Osvetľovacie sústavy je potrebné neustále udržiavať, aby spoľahlivo slúžili svojmu účelu, plnili svoje funkcie, poskytovali parametre osvetlenia v rámci stanovených návrhových intervalov a pri čo najlepšej energetickej efektívnosti. Znehodnocovanie osvetľovacej sústavy v priebehu života sa musí odhadnúť už vo fáze návrhu a vyjadruje sa prostredníctvom udržiavacieho činiteľa. Udržiavací činiteľ je kombináciou rôznych faktorov, akými sú napríklad predpokladané správanie sa osvetľovacej sústavy, vplyvy vonkajšieho prostredia, plán čistenia a údržby.

Metodika určenia udržiavacieho činiteľa je vyčerpávajúco zachytená v smerniciach CIE 097:2005<sup>[1]</sup> pre vnútorné osvetľovacie sústavy a CIE 154:2003<sup>[2]</sup> pre vonkajšie osvetľovacie sústavy. Tieto technické správy však boli vypracované ešte pre klasické svetelné zdroje ako sú žiarovky, žiarivky a výbojky a existujúca metodika určenia udržiavacieho činiteľa sa nehodí pre nové technológie ako sú svetelné diódy LED.

LED sa výrazne líši od iných typov svetelných zdrojov predovšetkým oveľa dlhšou životnosťou, nízkou mierou predčasného zlyhania a integrovaním rôznych súčastí, ktoré sa predtým považovali za samostatné. Práve tento fakt znemožňuje aplikovanie existujúcej metodiky na LED osvetlenie. Parametre pre LED zdroje a osvetľovacie zariadenia na báze LED zdrojov sú však definované normou IEC 62722-2-1<sup>[6]</sup> a zahŕňajú aj znižovanie svetelného toku (činiteľ starnutia) a predčasné zlyhanie svetelných zdrojov (činiteľ funkčnej spoľahlivosti), takže sa dá vypracovať spôsob aplikácie existujúcej CIE metodiky určenia udržiavacieho činiteľa na sústavy osvetlenia založené na LED technológii.

### **2 Normalizácia udržiavacieho činiteľa**

Napriek nepochybne kľúčovému významu udržiavacieho činiteľa doteraz nebola vypracovaná žiadna medzinárodná (alebo európska) norma, ktorá by túto problematiku riešila. V praxi sa tak doteraz používali odporúčania Medzinárodnej komisie pre osvetlenie CIE 97 a CIE 154. Oba tieto dokumenty sú zastaralé, neodrážajú súčasnú technologickú úroveň svetelných zdrojov a svietidiel, nie sú v súlade s charakteristikami čistoty prostredia a

vážnejšie problémy môžeme nájsť aj v samotnom vymedzení pojmu udržiavacieho činiteľa resp. jeho zložiek.

Je zrejmé, že vzhľadom na význam udržiavacieho činiteľa a jeho praktickú aplikáciu je nevyhnutné vypracovať medzinárodne dohodnuté postupy a požiadavky. To je úlohou príslušných normalizačných organizácií, plne v súlade s cestovnou mapou ISO a CEN pre normalizáciu v oblasti svetla a osvetlenia<sup>[10]</sup>.

Odborná verejnosť už dlho volá po modernizácii prístupov v oblasti udržiavacieho činiteľa, aktualizácii publikácií CIE 97 a CIE 154 a povýšení týchto dokumentov na normatívny status<sup>[11]</sup>. To však vyžaduje realizáciu patričného objemu výskumných úloh, čo naráža na problémy technického aj finančného charakteru. Spomeňme napríklad neúspešnú výzvu na vypracovanie technickej normy pre činiteľ znečistenia svietidiel LMF, ktoré sa malo uskutočniť pod mandátom Európskej komisie č. M/485. Podmienky výzvy boli definované tak neurčito a nevýhodne, že verejného obstarávania na spracovanie normy sa nezúčastnil ani minimálny počet záujemcov, a to ani na tretí krát. Takto možnosť vypracovania normy pod mandátom Európskej komisie nadobro zanikla. Téma udržiavacieho činiteľa je však v CEN (Európska komisia pre normalizáciu) identifikovaná ako požiadavka najvyššej priority, ako to uvádza aj cestovná mapa CEN pre normalizáciu v oblasti svetla a osvetlenia<sup>[10]</sup>.

Aktívnejšia v tomto smere bola Medzinárodná organizácia pre normalizáciu ISO v technickej komisii TC 274 Svetlo a osvetlenie. V roku 2017 bola založená spoločná pracovná skupina JWG3 v ISO/TC274 resp. spoločná technická komisia JTC 11 v CIE, ktoré vo vzájomnej spolupráci za necelé dva roky pripravili spoločný dokument – technickú špecifikáciu ISO/CIE DTS 22012:2018 „Svetlo a osvetlenie – Určenie udržiavacieho činiteľa – Spôsob použitia“<sup>[5]</sup>. Návrh tejto technickej špecifikácie bol schválený v polovici roka 2018 v ISO aj v CIE a v súčasnosti sa pripravuje jej vydanie. To znamená, že pracovný návrh technickej špecifikácie ešte môže prejsť menšími redakčnými zmenami a úpravami. Schválenie a vydanie technickej špecifikácie má na rozdiel od technickej normy výrazne rýchlejší postup a práve to je cieľom – čo najrýchlejšie prijať a zaviesť do praxe medzinárodný normatívny dokument o udržiavacom činiteli. Vydanie technickej špecifikácie sa očakáva v druhej polovici roka 2018.

Pri vypracovaní technickej špecifikácie platila zásada nedotknuteľnosti základných princípov metodiky podľa smerníc CIE 97 a CIE 154. Začiatkom roka 2018 bola v CIE založená nová prierezová technická komisia JTC 13, ktorej úlohou je zásadná revízia smerníc CIE 97 a CIE 154 so zosúladením metodiky na určenie udržiavacieho činiteľa pre vnútorné a vonkajšie osvetľovacie systavy. Vznikne tak nová smernica CIE (s novým číslom), ktorá nahradí pôvodné smernice CIE 97 a CIE 154. Bude sa zaoberať znehodnocovaním a údržbou osvetľovacích sústav všeobecne. Navrhujú sa aj štrukturálne zmeny udržiavacieho činiteľa, s možným nahradením tohto činiteľa inými činiteľmi znehodnotenia<sup>[13]</sup>. Uvažuje sa o vypracovaní nových metodík na určenie jednotlivých zložiek pre svetelné zdroje, predradníky znečistenie svietidiel a znečistenie resp. starnutie povrchov. Nominálny čas na vypracovanie novej technickej správy CIE je 4 roky – z toho vyplýva oprávnenosť vydania predbežnej technickej špecifikácie ISO/CIE DTS 22012.

### 3 Zameranie a obsah technickej špecifikácie ISO/CIE DTS 22012

Technická špecifikácia ISO/TS 22012 prináša normalizovaný spôsob určenia udržiavacieho činiteľa pre vnútorné aj vonkajšie osvetľovacie sústavy s použitím metodiky uvedenej v smerniciach CIE 097:2005 a CIE 154:2003. Predmetom technickej špecifikácie sú:

- základné informácie o princípoch udržiavacieho činiteľa a príslušné parametre pre vnútorné a vonkajšie aplikácie
- podrobný spôsob aplikácie metód na určenie udržiavacieho činiteľa pre vonkajšie a vnútorné osvetlenie (podľa CIE 097:2005 a CIE 154:2003) s použitím technológií dostupných na trhu
- vysvetlenia a príklady použitia udržiavacieho činiteľa a spôsob, ako zabezpečiť správnu prevádzku osvetľovacích sústav počas života v súlade s určenými hodnotami

Dôležité je, že technická špecifikácia neprináša novú metódu určenia udržiavacieho činiteľa, v tomto smere sa plne opiera o existujúcu metodiku zakotvenú v publikáciách CIE 97 a CIE 154, i keď zosúladzuje menšie rozdiely medzi vnútornými a vonkajšími osvetľovacími sústavami. Základným poslaním technickej špecifikácie je aktualizovať a prispôbiť metodiku CIE tak, aby sa dala aplikovať na osvetľovacie sústavy na báze LED technológií.

Obsahová štruktúra technickej špecifikácie je uvedená v tabuľke 1. Kapitoly A až D v tabuľke 1 predstavujú prílohovú časť technickej špecifikácie. Z obsahu je zrejmé, že technická špecifikácia sa na rozdiel od publikácií CIE zameriava výlučne na udržiavací činiteľ a nerieši problematiku údržby osvetľovacích sústav všeobecne.

Kapitola	Názov / Obsah
1	Predmet technickej špecifikácie
2	Normatívne odkazy
3	Termíny a definície
4	Symbole, jednotky a skratky
5	Ovplyvňujúce činitele <ul style="list-style-type: none"> <li>• Charakteristiky svietidla a/alebo svetelného zdroja</li> <li>• Vratné zmeny</li> <li>• Nevratné zmeny</li> <li>• Cykly údržby, intervaly čistenia, výmeny a obnovy povrchov</li> </ul>
6	Určenie udržiavacieho činiteľa <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stručný popis metodiky</li> <li>• Činiteľ zníženia svetelného toku</li> <li>• Činiteľ funkčnej spoľahlivosti</li> <li>• Činiteľ znečistenia svietidla</li> <li>• Činiteľ znečistenia povrchov</li> </ul>
7	Použitie udržiavacieho činiteľa <ul style="list-style-type: none"> <li>• Návrh osvetlenia</li> <li>• Dokumentácia</li> <li>• Overenie parametrov osvetlenia</li> </ul>
A	Príklady určenia udržiavacieho činiteľa
B	Tabuľky činiteľa svetelného toku (typické príklady)

C	Príklady určenia činiteľa znečistenia svietidla
D	Príklady činiteľa znečistenia povrchov

Tab.1 Obsahová štruktúra technickej špecifikácie ISO/TS 22012

K novým (a dôležitým) častiam patrí použitie udržiavacieho činiteľa pri meraní osvetľovacích sústav (overenie parametrov osvetlenia) a dokumentácia určenia udržiavacieho činiteľa. Užitočná je prílohová časť s príkladmi určenia udržiavacieho činiteľa pre vybrané typické aplikácie. Naopak, tabuľkové hodnoty v prílohách C a D sú plne prebraté z publikácií CIE napriek tomu, že je všeobecne známe, že tieto hodnoty sú značne zastaralé a ich priame praktické použitie by mohlo byť sporné.

Činitele ako zložky udržiavacieho činiteľa v kapitole 6 podrobnejšie riešia tieto špecifické prípady:

- činiteľ svetelného toku: zvláštny prípad pre riadenie na konštantý svetelný tok CLO
- činiteľ funkčnej spoľahlivosti: individuálna výmena, skupinová výmena a ich kombinácia
- činiteľ znečistenia svietidla: interiérové svietidlá, exteriérové svietidlá

Príklady určenia udržiavacieho činiteľa v prílohe A zahŕňajú tieto typické prípady:

- parkovisko: životnosť 100 000 h, individuálna výmena
- verejné osvetlenie: životnosť 100 000 h, s riadením CLO, individuálna výmena
- kancelária: životnosť 25 000 h, individuálna výmena
- sklad: životnosť 10 rokov, skupinová výmena

#### 4 Definícia a štruktúra udržiavacieho činiteľa

Udržiavací činiteľ je v Medzinárodnom svetelnotechnickom slovníku ILV<sup>[4]</sup> definovaný nasledovne:

**Udržiavací činiteľ** (osvetľovacej sústavy), skratka MF, symbol  $f_m$

je podiel osvetlenosti vytvorenej osvetľovacou sústavou po určitom čase a osvetlenosti vytvorenej novou osvetľovacou sústavou.

Udržiavací činiteľ  $f_m$  (*Maintenance Factor, MF*) sa v zmysle publikácií CIE (vrátane slovníka ILV) skladá z týchto zložiek:

$f_{LLM}$  činiteľ starnutia svetelného zdroja (*Lamp Luminous Flux Maintenance Factor, LLMF*)

$f_{LS}$  činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelného zdroja (*Lamp Survival Factor, LSF*)

$f_{LM}$  činiteľ znečistenia svietidla (*Luminaire Maintenance Factor, LMF*)

$f_{RSM}$  činiteľ znečistenia povrchov miestnosti (*Room Surface Maintenance Factor, RSMF*)



Udržiavací činiteľ sa vypočíta súčinom jeho jednotlivých zložiek:

$$f_m = f_{LLM} \cdot f_{LS} \cdot f_{LM} \cdot f_{RSM} \quad (1)$$

Udržiavací činiteľ sa podľa technickej špecifikácie ISO/CIE DTS 22012 určuje pomocou vzťahu

$$f_m = f_{LF} \cdot f_S \cdot f_{LM} \cdot f_{SM} \quad (2)$$

kde jednotlivé zložky predstavujú:

$f_{LF}$  činiteľ zníženia svetelného toku (*Luminous Flux Factor*)

$f_S$  činiteľ funkčnej spoľahlivosti (*Survival Factor*)

$f_{LM}$  činiteľ znečistenia svietidla (*Luminaire Maintenance Factor*)

$f_{SM}$  činiteľ znečistenia povrchov (*Surface Maintenance Factor*)

Všimnime si, že technická špecifikácia ISO/CIE DTS 22012 používa mierne odlišnú terminológiu v porovnaní s CIE, a to z dôvodu zovšeobecnenia prístupu pre svietidlá s integrovanými alebo samostatnými svetelnými zdrojmi. V publikáciách CIE sa svetelný zdroj vo všeobecnosti považuje za samostatný prvok vkladajú do svietidla. Porovnanie terminológie je prehľadne uvedené v tabuľke 2.

CIE 97 / CIE 154		ISO/TS 22012	
$f_{LLM}$	<i>Lamp Luminous flux Maintenance Factor (LLMF)</i> Činiteľ starnutia svetelného zdroja	$f_{LF}$	<i>Luminous Flux Factor</i> Činiteľ zníženia svetelného toku
$f_{LS}$	<i>Lamp Survival Factor (LSF)</i> Činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelného zdroja	$f_S$	<i>Survival Factor</i> Činiteľ funkčnej spoľahlivosti
$f_{LM}$	<i>Luminaire Maintenance Factor (LMF)</i> Činiteľ znečistenia svietidla	$f_S$	<i>Luminaire Maintenance Factor</i> Činiteľ znečistenia svietidla
$f_{RSM}$	<i>Room Surface Maintenance Factor (RSMF)</i> Činiteľ znečistenia povrchov miestnosti	$f_{SM}$	<i>Surface Maintenance Factor</i> Činiteľ znečistenia povrchov

Tab.2 Porovnanie terminológie zložiek udržiavacieho činiteľa v ISO/CIE DTS 22012 a v CIE 97 / CIE 154

## 5 Oplyvňujúce činitele

Technická špecifikácia v rozsahu jednej strany uvádza rozdiely medzi vratnými a nevratnými zmenami, pričom nevratné zmeny nie sú súčasťou udržiavacieho činiteľa rovnako ako v smerniciach CIE. Charakteristiky svetelných zdrojov a svietidiel sú vyjadrené prostredníctvom zníženia svetelného toku a úplného zlyhania; technická špecifikácia v tomto smere úplne zrovnoprávňuje svetelné zdroje a svietidlá a závisí od konštrukčného usporiadania svietidla, akým spôsobom sa uplatnia. Ďalej sa uvádza potreba stanovenia intervalov údržby svietidiel a povrchov vrátane ich čistenia, obnovy (v prípade povrchov) a

výměny součástí (v případě svítidel) ještě před určením udržovacího činitele; tieto požiadavky sú rovnaké ako v publikáciách CIE.

## 6 Určenie udržavacieho činiteľa

### 6.1 Činiteľ zníženia svetelného toku

Činiteľ zníženia svetelného toku je obdobou činiteľa starnutia svetelného zdroja (zložka LLMF) a podľa potreby sa uplatňuje na svetelné zdroje alebo svietidlá. Pre LED svietidlá sa má stanoviť v závislosti od intervalov výmeny svetelného zdroja alebo svietidla a prednostne sa má získať od dodávateľa svietidla v súlade s normou IEC 62722-2-1[6].

Interval výmeny môže zodpovedať strednej dobe života (medián)  $L_x$  (údaje  $B_y$  a  $F_y$  sa neuvažujú) Potom  $f_{LF}$  sa určí ako  $x/100$ . Napríklad pre  $L_{80}$  by platilo  $f_{LF} = 0,80$ . Ak sa použije iný interval výmeny, hodnotu činiteľa zníženia svetelného toku by mal poskytnúť dodávateľ svietidla. V prípade potreby sa dajú použiť aj približné hodnoty uvedené v prílohe B technickej špecifikácie. Pri klasických svetelných zdrojoch sa postupuje rovnako ako predtým (podľa smerníc CIE).

Príloha B uvádza typické príklady približných hodnôt činiteľa zníženia svetelného toku pre LED zdroje a svietidlá, získané výpočtovou metódou podľa normy IES TM-21-11[9]. Keďže pre LED sa uvádza len uzlová hodnota  $L_x$ , tabuľka obsahuje extrapolované hodnoty v rozsahu od 0 h do menovitej životnosti, najviac však do 100 000 h, s krokom 5 000 h pre  $L_{70}$ ,  $L_{75}$ ,  $L_{80}$ ,  $L_{85}$  a  $L_{90}$ .

Technická špecifikácia rieši aj problematiku riadenia na konštantný svetelný tok CLO. Závisí od špecifikácie svietidla, akým spôsobom sa uplatní. Zvyčajne sa pre svietidlá udáva svetelný tok korigovaný na CLO, potom  $f_{LF} = 1,00$  (neuplatňuje sa). Ak sa však udáva menovitý svetelný tok zdrojov, potom sa musí určiť činiteľ zníženia svetelného toku ako podiel svetelného toku svietidla na konci života a menovitého svetelného toku svietidla. Môže sa však stať, že svietidlo sa bude prevádzkovať ďalej aj po uplynutí menovitej životnosti, v takom prípade treba hodnotu činiteľa zníženia svetelného toku žiadať do výrobcu svietidla.

### 6.2 Činiteľ funkčnej spoľahlivosti

Činiteľ funkčnej spoľahlivosti je obdobou činiteľa funkčnej spoľahlivosti svetelného zdroja (zložka LSF) a podľa potreby sa uplatňuje na svetelné zdroje alebo svietidlá. Vyjadruje pravdepodobnosť, že svetelný zdroj alebo svietidlo je v danom čase stále funkčné. Pri stanovení činiteľa funkčnej spoľahlivosti sa musí použiť rovnaká hodnota životnosti ako pri stanovení činiteľa zníženia svetelného toku.

Činiteľ funkčnej spoľahlivosti závisí od spôsobu výmeny; za štandardnú sa v súčasnosti považuje individuálna výmena svetelného zdroja alebo svietidla. V prípade individuálnej výmeny platí  $f_s = 1,00$  (neuplatňuje sa). Pri skupinovej výmene sa má stanoviť pre súčasť s najkratším intervalom výmeny. Ak má viacero komponentov rovnaký interval výmeny, potom sa činiteľ funkčnej spoľahlivosti má určiť pre súčasť s najnižšou pravdepodobnosťou prežitia. Činiteľ funkčnej spoľahlivosti je potom zhodný s pravdepodobnosťou prežitia príslušnej súčasťi prípadne sa určí ako doplnok pravdepodobnosti zlyhania (podľa toho, aký údaj uvádza výrobca svietidla).

Za zmienku stojí fakt, že technická špecifikácia vôbec neberie do úvahy údaje  $B_y$  a  $F_y$ .

### 6.3 Činiteľ znečistenia svietidla

Činiteľ znečistenia svietidla sa určuje v súlade s metodikou CIE, technická špecifikácia neprináša žiadne nové postupy ani požiadavky.

### 6.4 Činiteľ znečistenia povrchov

Činiteľ znečistenia povrchov je obdobou činiteľa znečistenia povrchov miestnosti (zložka RSMF) a v zásade sa určuje v súlade s metodikou CIE triviálne pre vnútorné osvetľovacie sústavy. Pre tunely a podchody sa technická špecifikácia odkazuje na smernicu CIE 088:2004<sup>[3]</sup>. Pre ostatné vonkajšie osvetľovacie sústavy platí  $f_{SM} = 1,00$  (neuplatňuje sa).

## 7 Použitie udržiavacieho činiteľa

Udržiavací činiteľ sa používa predovšetkým pri návrhu osvetľovacej sústavy a pri meraní parametrov osvetľovacej sústavy. S použitím udržiavacieho činiteľa vo fáze návrhu osvetlenia vrátane požiadaviek na dokumentáciu sa zaoberajú aj publikácie CIE a technická špecifikácia v tomto smere neprináša žiadne nové informácie ani požiadavky. Pozitívne treba hodnotiť skutočnosť, že technická špecifikácia aspoň naznačuje možnosť výskytu rôznych typov svietidiel v rámci jednej osvetľovacej sústavy (čo publikácie CIE 97 a CIE 154 úplne ignorujú) a odporúča, aby sa pri väčších rozdieloch udržiavací činiteľ určil samostatne pre každý typ svietidla a takto sa zaviedol do návrhu osvetlenia, čo však nie je celkom možné (viď [13]).

Iná je situácia v prípade použitia udržiavacieho činiteľa pri meraní parametrov osvetlenia – v publikáciách CIE k tomuto nenájdeme žiadne informácie a v praxi sa často postupuje úplne nesprávne, keď sa pre osvetľovaciu sústavu stanoví udržiavací činiteľ v danom čase a touto hodnotou sa násobí nameraná hodnota intenzity osvetlenia alebo jasu<sup>[12]</sup>. Technická špecifikácia stanovuje správny postup použitia udržiavacieho činiteľa pri meraní osvetlenia vrátane príslušného korekčného vzťahu, ako to bolo navrhnuté v [12].

## 8 Záver

Technická špecifikácia ISO/CIE DTS 22012 je pokrokom pri normalizácii udržiavacieho činiteľa a jej význam spočíva najmä v predbežnom vyplnení priestoru, ktorý tu nateraz v tejto oblasti existuje. Súčasná metodika na určenie udržiavacieho činiteľa v publikáciách CIE 97 a CIE 154 je zastaralá, má technické nedostatky a obmedzenia. Tabuľkové hodnoty pre jednotlivé zložky udržiavacieho činiteľa sú tak zastaralé, že sú prakticky nepoužiteľné. Kým sa však vypracuje nová metodika a zverejnia nové indikatívne hodnoty zložiek udržiavacieho činiteľa, čo je proces ešte len na úplnom začiatku, technická špecifikácia je tu k dispozícii na praktické použitie pri návrhu a meraní osvetľovacích sústav (a v niektorých ďalších prípadoch). Nemá ambíciu byť normou, tá by sa mala vypracovať až po modernizácii metodiky CIE. Zatiaľ sa dá použiť ako prednorma a v praxi tento dokument nepochybne ocenia všetci projektanti, merací technici a ďalší odborníci, ktorí potrebujú určiť udržiavací činiteľ osvetľovacej sústavy.

## Podakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou agentúry VEGA MŠVVaŠ SR pod číslom grantu VEGA 1/0640/17 „Sebestačné inteligentné siete a regióny a ich začlenenie do existujúcej elektrizačnej sústavy“.

## Literatúra a odkazy

- [1] CIE 097:2005 Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems, 2nd Edition. Vienna: CIE, 2005
- [2] CIE 154:2003 The Maintenance of Outdoor Lighting Systems. Vienna: CIE, 2003
- [3] CIE 088:2004 Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses, 2nd Edition. Vienna: CIE, 2003
- [4] CIE DIS 017:2016 ILV: International Lighting Vocabulary, 2nd Edition. Vienna: CIE, 2016
- [5] ISO/CIE DTS 22012:2018 Light and Lighting – Maintenance Factor Determination – Way of Working. Geneva: ISO, 2018
- [6] IEC 62722-2-1:2014 Luminaire performance – Part 2-1: Particular requirements for LED luminaires. Geneva: CIE, 2014
- [7] IES LM-79-08 Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products. New York: IESNA, 2008
- [8] IES LM-80-08 Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources. New York: IESNA, 2008
- [9] IES TM-21-11 Lumen degradation lifetime estimation method for LED light sources. New York: IESNA, 2011
- [10] Gašparovský, D.: Cestovná mapa pre technickú normalizáciu v oblasti osvetlenia. Světlo 1/2017, s. 39 – 41
- [11] Gašparovský, D.: Udržiací činiteľ osvetľovacích sústav z pohľadu normalizačnej činnosti. Světlo č. 2/2017, **20**, ISSN 1212-0812, s. 44 – 46
- [12] Gašparovský, D.: Udržiací činiteľ pri návrhu a meraní osvetľovacích sústav. Světlo č. 5/2017, **20**, ISSN 1212-0812, s. 48 – 51
- [13] Gašparovský, D.: Rámcový návrh novej štruktúry udržiavacieho činiteľa. Světlo č. 6/2017 **20**, ISSN 1212-0812, s. 44-46

## **"Smart City? Smart Light?"**

### **Zkušební polygon VO v areálu VŠB-TU v Ostravě s velkým množstvím "chytrých" funkcí.**

Lumír Kunčický, Ing., VŠB-TU Ostrava, Lumir.Kuncicky@vsb.cz

*Abstrakt: V poslední době často slyšíme pojmy jako „Smart City“ nebo „Smart Light“. Avšak málokdo si dovede představit, co to vlastně znamená. V areálu Vysoké školy báňské technické univerzity v Ostravě byl vytvořen zkušební polygon, který těmto pojmům dal praktický význam.*

#### **1 Úvod**

„Smart City“, pravděpodobně přeložitelné jako „chytré“ město, si můžeme představit jako naše známá sídliště a historická centra doplněná o nějaké „chytré“ funkce. Ale Jaké? Vytvoříme něco nového, něco nadčasového, nikdo z nás netuší, kam až může vývoj dojít a jaké další funkce a technické novinky budou v příštích letech úplnou samozřejmostí.

Jedním z hlavních požadavků dnešní doby je úspora energií. Proto by jednou z hlavních funkcí „chytrého“ města měla být možnost co neúčelněji hospodařit a regulovat spotřebu energií. Dalším velkým dnešním požadavkem je datová komunikace, přenos informací. A problémem velkých měst je doprava (dopravní zácpy, nedostatek parkovacích míst) a kriminalita. Všechny uvedené požadavky souvisejí i s veřejným osvětlením. Opravdu chytré veřejné osvětlení může ušetřit až neuvěřitelných 90% výdajů na platbách za elektrickou energii. Síť veřejného osvětlení může zároveň sloužit i pro dosud nevídanou distribuci datového signálu, pro inteligentní systém řízení dopravy i pro levný a dokonalý kamerový systém. Proto se objevil název „Smart Light“.

#### **2 Historie „Smart Light“**

Představitelé některých obcí mohou tvrdit, že již dávno mají regulovatelnou soustavu veřejného osvětlení (VO). Ale před 50 lety rekonstruovaná soustava doplněná o autotransformátory, kterými se ve 22:00 sníží napájecí napětí výbojek (příkon klesne možná o necelou čtvrtinu) a hodinu po půlnoci se zhasnou některé ulice – to opravdu není „Smart“.

Před několika lety, s rozvojem LED svítidel, se začaly některé soustavy VO vybavovat i základní regulací intenzity osvětlení (tím i příkonu) a některé i možností dálkového řízení podle denní a roční doby, podle hustoty dopravy atd. K řízení těchto soustav se používá zastaralý protokol DALI, který byl vyvinut v roce 1984 firmou Philips pro regulaci interiérového osvětlení. Většina výrobců moderních LED svítidel pro VO dodnes nabízí regulaci DALI jako standart, přestože pro VO není vhodná a požadavky pro „Smart Light“ splňuje jen z velmi malé části.

### 3 Budoucnost „Smart Light“

Pokud má „chytré“ veřejné osvětlení splňovat další a další funkce pro „chytré“ město, musí se změnit celkový pohled na jednotlivé prvky a na celou soustavu. Tím vzniká několik velmi specifických a zcela nových požadavků:

- **Sloup veřejného osvětlení** – sloup již není konec soustavy, na kterém jen visí lampa. Každý sloup je naopak začátkem tvořící základní bod energetické a informační soustavy. Ze sloupu se stává poskytovatel veřejné služby, svému nejbližšímu okolí poskytuje světelnou a elektrickou energii, zajišťuje datovou konektivitu, poskytuje další služby pro bezpečnost, dopravu, turistiku, sensoriku apod. Z toho plyne nový základní požadavek – sloup musí být tzv. pod napětím i ve dne a svítidlo se zapíná, vypíná a reguluje datovým signálem.
- **Přenos dat** – Z návrhu možných funkcí „chytré“ osvětlovací soustavy je zřejmé, že žádný z dosud používaných systémů pro přenos dat, ani zmíněný DALI ani žádný z průmyslových systémů není pro tyto požadavky vhodný. Jedinou a nejlepší možností je použití sítě ETHERNET, po které je po celém světě připojen internet do každého počítače. Tak bude zajištěna dokonalá konektivita a možná bude výhodné mít internet dostupný i ve sloupech veřejného osvětlení.
- **Napájecí přenosová soustava** – Hlavní změnou je, že zapnutí a vypnutí veřejného osvětlení již neprobíhá spínacím prvkem v příslušném rozváděči, ale elektrická energie je poskytována trvale 24 hodin denně. Neméně důležitý je i požadavek na datovou konektivitu – to znamená, že souběžně se silovým rozvodem elektrické energie by měly vést i datové vodiče. Pokud je prováděna úplná rekonstrukce veřejného osvětlení (včetně zemních prací a výměny napájecího vedení) je nejvýhodnějším řešením doplnění vedení o optický kabel. Pokud je rekonstrukce jen částečná (pouhá výměna svítidel) a doplnění zemního vedení o datový kabel není možné, jsou k dispozici další metody přenosu dat např. bezdrátový přenos, Wi-Fi, PowerLine (přenos dat po silovém fázovém vodiči) apod.
- **Svítidlo VO** – Zcela nové požadavky jsou kladeny i na samotná svítidla VO. Řídící obvod svítidla by měl mít možnost přímého připojení k síti Ethernet. Pokud ji nemá a je vybaven jen starším typem regulace (např. DALI, PWM, 0-10V) musí se sloup navíc osadit příslušným převodníkem (např. Ethernet – DALI). V takovém případě je ale soustava ochuzena o mnoho „Smart“ funkcí, protože starší typy regulace přenášely informaci jen jedním směrem – do svítidla a chybí informace od snímačů fyzikálních hodnot (teplota, světelný tok apod.) nebo o stavu svítidla (skutečný aktuální výkon, hlášení poruch) důležité pro nastavení systému nebo pro servisní organizace.
- **Rozšiřující moduly** – V soustavě „Smart“ veřejného osvětlení nemusí být nutně všechny sloupy plně vybaveny. Proto je výhodné modulární řešení umožňující využít v každém bodě jen požadované funkce.
  - o **Kamery** - Nejčastěji se zřejmě budou využívat moduly kamerového systému, které mohou být ukryty v tělese svítidla nebo s dokonalou optikou upevněny v dolní části sloupu. Nemusí sloužit jen pro bezpečnostní kamerový systém, ale ve spojení s velmi sofistikovaným software vyhodnocovat informace kamer na vedlejších sloupech a např. řídit úroveň intenzity osvětlení podle hustoty

provozu, uchovávat údaje pro statistické vyhodnocení, odesílat informace o obsazenosti parkovišť apod.

- **Městský rozhlas** - Ve spojení s modulem městského rozhlasu (nepotřebuje zvlášť vlastní rozvod) a s modulem variabilních informačních a dopravních značek umožní vzdálené operativní řízení dopravy.
- **Nabíječky** - Velmi žádané budou také moduly rozmanitých druhů nabíječek od USB nabíjení mobilních zařízení, přes nabíjení elektro kol a koloběžek až po nabíjení elektromobilů.
- **Wi-Fi Spot** - V případě vybavení sloupu vysokorychlostním ethernetovým připojením se může doplnit Wi-Fi modul a bez dalších nákladů poskytovat internet do svého okolí.
- **Meteorologie** - Pro každé město bude pravděpodobně postačovat jen několik meteorologických modulů (teplota, atmosférický tlak, vlhkost, rychlost a směr větru, oblačnost apod.) případně modulů senzorů (prašnost, koncentrace škodlivých plynů, ozónu apod.).
- **SOS tlačítko** - Pro zvýšení bezpečnosti bude velmi přínosné i tzv. SOS tlačítko, po jehož stisknutí bude možné okamžitě získat přímé spojení s operátorem dispečerského pracoviště.
- **Informace** - Pro podporu turistického ruchu budou jistě vhodné informační panely umístěné na spodní části ovládané tlačítka v provedení „antivandal“. Rovněž celý sloup a doplňující moduly svým provedením a umístěním jsou dostatečně odolné proti poškození.

#### 4 LED svítidlo

Množství různých „chytrých“ funkcí je sice velkou výhodou, ale hlavním úkolem osvětlovací soustavy je svítit a hlavním cílem její rekonstrukce je snížení nákladů na provoz, tedy zejména snížení příkonu. Proto je nejdůležitějším parametrem svítidel jejich světelná účinnost neboli efektivita (anglicky luminous efficacy, dle českých norem měrný světelný výkon), která se vypočítá jako podíl světelného toku a příkonu, má jednotku  $\text{lm.W}^{-1}$  a udává kolik světelné energie je vyrobeno z každého Wattu elektrické energie. Sodíkové výbojky mají efektivitu 120 až 140  $\text{lm.W}^{-1}$  a dnes běžně instalované LED svítidla i významných světových výrobců mají efektivitu jen kolem 100  $\text{lm.W}^{-1}$ . Sporné úspory energie se dosahuje jen přesnějším směrovým rozložením světelného toku. Proto svítidla pro moderní „chytré“ veřejné osvětlení by měly mít světelnou účinnost kolem 180 až 200  $\text{lm.W}^{-1}$ .

Dle požadavků vznikajícího zkušebnímu polygonu veřejného osvětlení v areálu VŠB-TU v Ostravě bylo společností L2LED, s.r.o. vyvinuto LED svítidlo pro systémy „Smart Light“. Mimo vylepšených základních funkcí disponuje i několika novinkami, které umožní další zvýšení úspor energie i užitečné zapojení do „chytrého“ systému:

- **Světelná účinnost** – Vyvinuté svítidlo typu L2LCM je vybaveno mimořádně účinnými LED čipy s vynikajícím odvodem tepla, vysoce účinným napájecím zdrojem a optickými prvky s velmi vysokou propustností světla. Světelná účinnost kompletních svítidel se u prvních zkušebních vzorků pohybovala v rozmezí 172 až 197  $\text{lm.W}^{-1}$ .

- **Variabilní směrová charakteristika** – Velmi významnou „chytrou“ funkcí svítidla je možnost dálkově měnit směrovou vyzářovací charakteristiku (křivku svítivosti) svítidla. Svítidla jsou vyráběna jen s rozdílnými příkony a směrová charakteristika se nastavuje softwarově až po instalaci podle výšky a rozestupu sloupů, podle typu a zatřídění osvětlované komunikace apod. Výhodné mohou být okamžité změny směru svítivosti operátorem v krizových situacích (dopravní nehody, výtržnictví apod.).
- **Variabilní teplota chromatičnosti** – Tato funkce je velmi výhodná při změnách klimatických podmínek. Při mlze nebo hustém mrholení je mnohem lepší viditelnost pod žlutějším světlem (typicky 2700K), ale za jasné noci po úplném snížení hustoty provozu postačí mírné úsporné osvětlení chladným světlem (typicky 5000K).
- **HD kamera** – Součástí svítidla může být kamera s vysokým rozlišením integrovaná v tělese svítidla. Může sloužit k měření světelných poměrů na komunikaci před i po osvětlením svítidlem, k analýze hustoty provozu, umožňuje záznam obrazového i zvukového signálu pro integraci do městského kamerového systému apod.
- **Ethernet LED driver** – Patentovaný napájecí zdroj (driver) vyvinutého LED svítidla je osazen konektorem pro přímé připojení k síti Ethernet, případně celým routerem pro poskytování konektivity dalším zařízením. Řídící procesor napájecího zdroje je tak přímo trvale spojen s hlavním počítačem celé soustavy, který pak může přímo řídit proud do jednotlivých LED čipů dle harmonogramu nebo dle momentální situace a který opačně může získávat informace od snímačů fyzikálních veličin ve svítidle. Řízení napájecího proudu do LED čipů probíhá také zcela novým unikátním způsobem, protože proud není jako je tomu dosud ničím modulován (ani PWM), ale je přímo řízen stejnosměrný proudový zdroj. Výsledkem je, že napájení LED je čistě stejnosměrné, nepřerušované, nemodulované, bez jakýchkoliv zákmitů a rušení. Tím je dosaženo optimálního výkonového přenosu a jsou připraveny podmínky pro další „chytré“ funkce.
- **Přenos dat po světelném paprsku** – Systémy typu „BroadBand Light“ nebo Li-Fi jsou již odborné veřejnosti známy a byly již prezentovány i zde na předcházejících Kurzech osvětlovací techniky. Jde o možnost šíření vysokorychlostních dat po světelném paprsku emitovaném soustavou LED čipů, Takový signál již mohou čočkou kamery přijímat i některé „chytré“ mobilní telefony. Stejným principem (světlomety) již dovedou komunikovat některé automobily jedoucí v koloně za sebou. Tuto funkci LED svítidlům umožňuje výše uvedený patentovaný Ethernet LED driver, který je přizpůsoben k přenosu vysokorychlostních dat ze sítě Ethernet přímo do LED čipů.

## 5 Zkušební polygon pro „Smart City“

Popsané „chytré“ funkce nejsou pouhou teoretickou možností, ale již byly realizovány při rekonstrukci veřejného osvětlení parkoviště poblíž budovy FEI v areálu VŠB – TU v Ostravě. Ke každému sloupu byl přiveden datový signál a zapnutí a vypnutí osvětlení není prováděno stykačem v rozvodné skříni, ale je řízeno počítačem z laboratoře v budově FEI. Na dvou pozicích je osazeno „chytré“ svítidlo typu L2LCM, vyrobené společností L2LED, s.r.o., které je přímo připojeno k síti Ethernet.



Zkušební polygon je jen ukázková aplikace, při jejíž instalaci vznikalo mnoho dalších nápadů a námětů na zlepšení nebo doplnění už „chytrého“ projektu. Jde o otevřený, velice variabilní a teprve vznikající systém a až budoucnost ukáže, jak úspěšný bude a jaké úrovně dosáhne.

### **Literatura a odkazy**

- [1] Karel Sokanský, Kurz osvětlovací techniky, 2015 až 2017
- [2] Katalogové listy svítidel L2LED, s.r.o., [www.L2LED.cz](http://www.L2LED.cz)

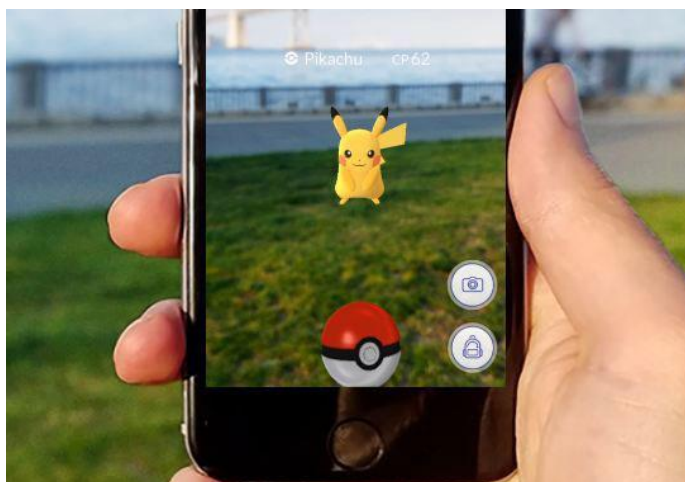
## Využitie rozšírenej reality v procese návrhu umelého osvetlenia

Marek Mácha, Ing., SWAMP s.r.o., mmzz@swamp.software

*Abstrakt: využitie rozšírenej reality nachádza uplatnenie vo viacerých oblastiach techniky. Spojenie rozšírenej reality a svetelnej techniky nám dáva takmer nekonečné využitia v oblasti návrhu a vizualizácie umelého osvetlenia.*

### 1 Úvod

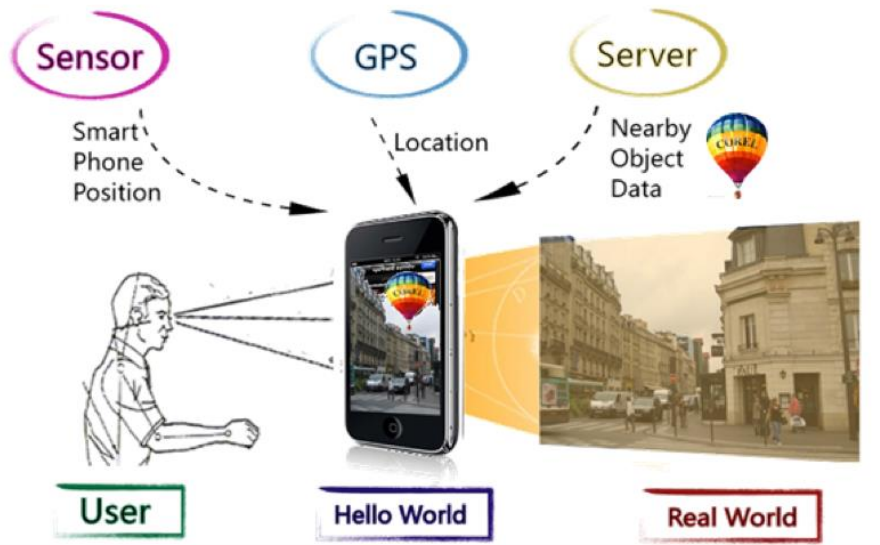
Rozšírená realita (Augmented Reality skratka AR) je pomerne nová - mladá technológia zobrazovania nereálnych objektov v reálnom svete. Je to obohatená realita, ktorá je zobrazovaná v reálnom priestore. Rozšírenú realitu môžeme využívať v smartfónoch alebo tabletoch, ktoré túto technológiu podporujú. V súčasnosti je táto technológia trendom nie len v oblasti mobilných hier, výučby ale aj v priemyselnom využití. Pomocou rozšírenej reality vieme zobrazovať informácie o objektoch, ktoré snímame kamerou smartfónu alebo tabletu, umiestňovať 3D objekty alebo merať vzdialenosti.



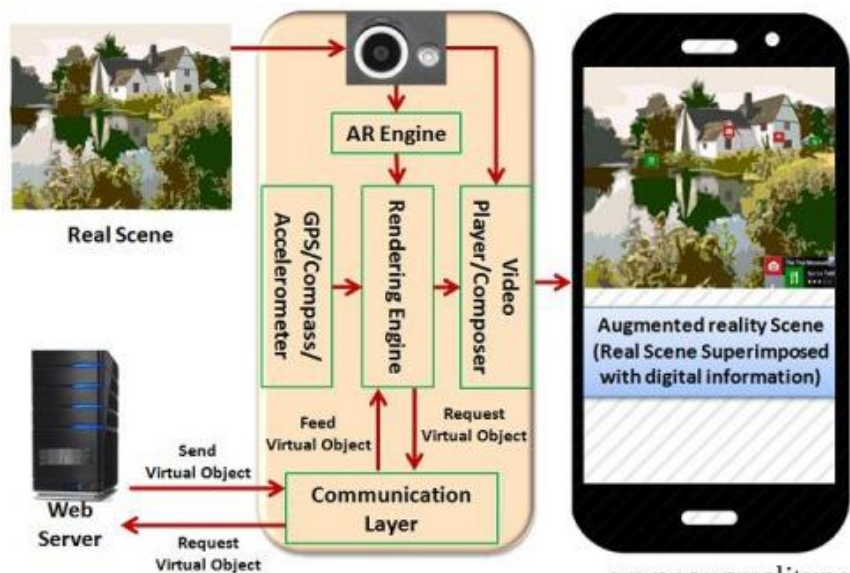
Obr.1 AR v podaní mobilnej hry - Pokémon Go!

### 2 Technológia rozšírenej reality

Pôvodné slovo “augmented”, znamená pridať alebo vylepšiť “niečo”. V prípade rozšírenej reality je to “niečo” grafika, zvuky, alebo dotyková spätná väzba, ktorá je k užívateľovi doručená cez mobilný telefón - tablet. Technológia využíva zadnú kameru zariadenia a v spojení s ďalšími senzormi ako je akcelerometer a gyroskop vie určiť kde v priestore sa užívateľ nachádza a čo sa práve so zariadením deje a tak interagovať s užívateľom a zobrazením objektov v rozšírenej realite.



Obr.2 Technológia AR - vysvetlenie princípu



Obr.3 Technológia AR - spracovanie v rámci mobilného zariadenia

Existujú viaceré typy aplikácie pre rozšírenú realitu:

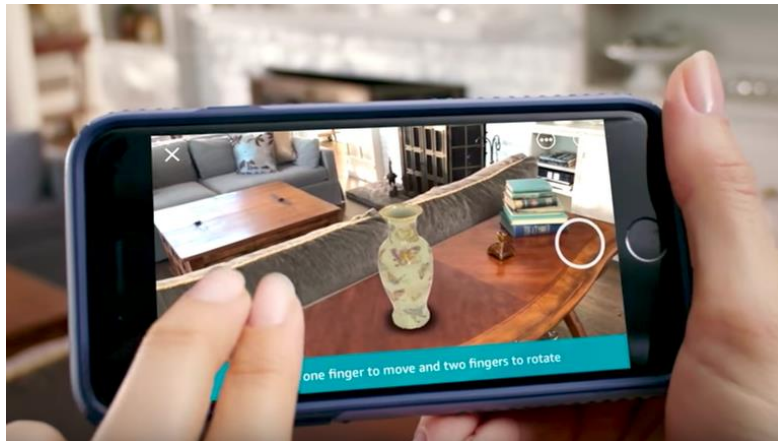
1. Marker based - na základe znakov (QR kód) - zobrazujeme určité prvky v AR
2. Markerless - na základe rozpoznania objektov v reálnom svete zobrazujeme prvky v AR
3. Projection based - zobrazujeme umelé osvetlenie v AR - 3 dimenzionálny hologram
4. Superimposition - plne alebo čiastočne nahrádzame zobrazenie reálneho obrazu vytvoreným

Spoločnosti ako Google a Apple priamo podporujú technológiu AR v ich zariadeniach. Nie všetky smartfóny sú podporované. Je potrebný hardvér a softvér aby technológia na zariadení fungovala. Zoznam zariadení je na ich webových stránkach

Apple: <https://www.apple.com/ios/augmented-reality/>

Google: <https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices>

Technológia, ktorú používa spoločnosť Apple je implementovaná v API ARKit a spoločnosť google používa svoju vlastnú API - ARCore.

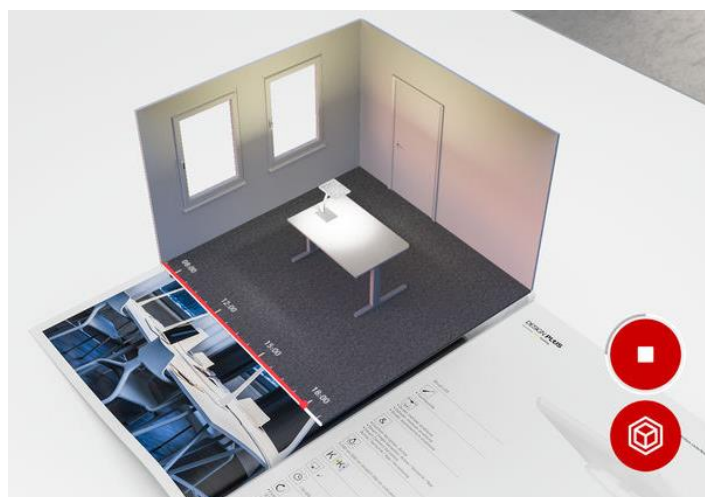


Obr.4 Technológia AR - typ 4 - superimposition - pridanie 3D objekt a uprava reálneho prostredia

### 3 Využitie v oblasti návrhu umelého osvetlenia

Veľmi stručný úvod pre technológiu AR je popísaný vyššie. Teraz je na rade akým spôsobom vieme túto inovatívnu technológiu využiť v návrhu umelého osvetlenia.

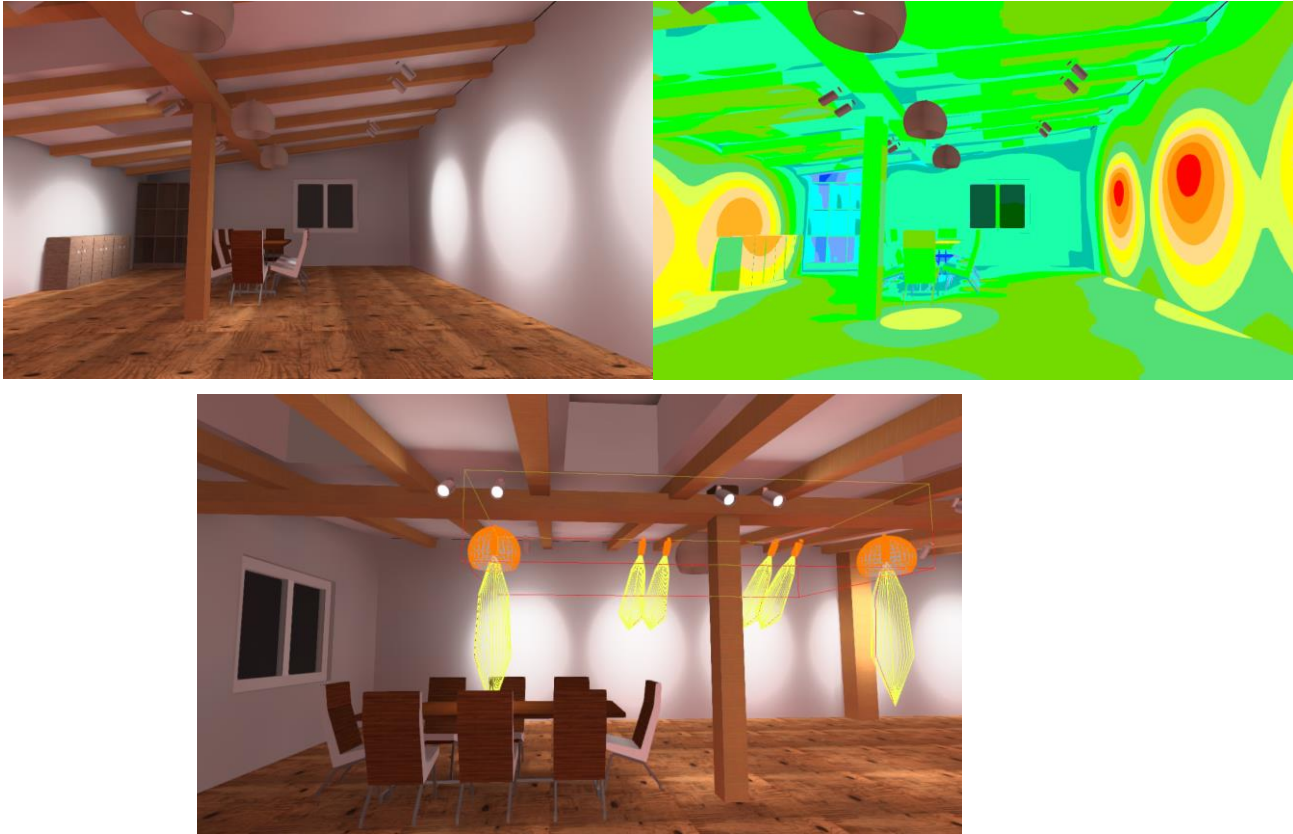
Viacerí výrobcovia svietidiel ako sú Trilux alebo Zumtobel už pracujú na niektorých verziách aplikácie pre AR. Stále je to ale len zobrazovanie miniatúr a efektu svietidla na vopred definovanej ploche. Môžeme si to predstaviť ako 3D katalóg.



Obr.5 Technológia AR - v podaní spoločnosti Trilux

Ponímanie umelého osvetlenia a rozšírenej reality môže byť ale úplne na ine báze tak aby sme využili potenciál AR a umenie svetelnej techniky osvetliť priestor tak aby bol príťažlivý pre nášho zákazníka a zákazníka nášho zákazníka.

Rozšírená realita môže zobrazovať reálne svietidlo v reálnom priestore. Môžeme svietidlo (3D objekt umiestniť priamo v priestore a pozrieť sa ako bude interagovať s ostatným vybavením pristoru ako je nábytok, farebné steny. Môžeme sa pozrieť na farebné varianty svietidla a to ako vyzerá priamo v prietore.



Obr.6 Technológia AR - ilustrácia zobrazenia "svetelného efektu" v priestore a zobrazenie "rendera" nepravými farbami a kriviek svietivosti

Ako prídavok tohto zobrazenia vieme vytvoriť reálny svetelný efekt v priestore alebo na osvetľovanom objekte. Pomocou merania vzdialeností je možné v spojení s LDT súborom priamo na stene, podlahe alebo osvetľovanom objekte zobrazovať osvetlenosť (s hodnotami v lx), "render" nepravými farbami. Takýto prístup môže pomôcť architektom rozhodnúť sa pre produkt a vidieť jeho efekt v reálnom svete tak ako keby bolo svietidlo priamo nainštalované v priestore.

#### Literatura a odkazy

- [1] <https://www.apple.com/ios/augmented-reality/>
- [2] <https://www.realitytechnologies.com/augmented-reality/>
- [3] <https://www.augrealitypedia.com/7-amazing-facts-augmented-reality-tech/>
- [4] <https://developers.google.com/ar/discover/>

# **Osvetlenie domácností v norme EN 15193-1 na hodnotenie energetickej hospodárnosti osvetlenia v budovách**

Jana Raditschová, Ing. PhD., STU FEI v Bratislave, jana.raditschova@stuba.sk

*Abstrakt: Príspevok predstavuje novú normu EN 15193-1 pre energetickú hospodárnosť osvetlenia v budovách, ktorá bola prevzatá do sústavy STN k 1.10.2017. Nahrádza predchádzajúcu normou pre túto oblasť – EN 15193 z roku 2007 a zavádza metodiku hodnotenia osvetľovacích sústav v obytných budovách, ktoré boli doteraz z hodnotenia vyňaté. Príspevok nie je uceleným prehľadom metodiky, ale výťahom nových postupov pri energetickej hodnote osvetlenia v bytových a rodinných domoch.*

## **1 Úvod**

Bytové a rodinné domy sú tak ako ostatné kategórie budov predmetom posudzovania energetickej hospodárnosti budov. Slovensko má spracovanú podrobnú národnú metodiku. Metodika hodnotenia na Slovensku vychádza z európskej normy EN 15193, kde sú bytové a rodinné domy vyňaté z hodnotenia osvetľovacích sústav a predmetom hodnotenia sú len ostatné miesta spotreby energie (tepelná ochrana, vykurovanie + TÚV). To sa zmenilo po vydaní novej normy EN 15193-1, kde je zahrnutá aj metodika na hodnotenie hospodárnosti osvetlenia v domácnostiach. Keďže súbor noriem pre oblasť EHB bol vzájomne nekonzistentný, s cieľom zosúladiť štruktúry a postupy za jednotlivé miesta spotreby bola vypracovaná technická správa CEN/TR 15615:2008 [1] spolu s podpornými technickými správami a špecifikáciami [2] - [3]. Podľa nej sa museli prepracovať všetky dotknuté normy pre oblasť EHB, vrátane normy EN 15193.

Pôvodná norma EN 15193 sa rozčlenila na dve časti:

**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

Norma EN 15193-1 má 105 strán a obsahuje prevažne obsah normatívneho charakteru. Technická správa CEN/TR 15193-2 má 186 strán a obsahuje rôzny doplnkový nenormatívny materiál vysvetľujúci, zdôvodňujúci a doplňujúci k ustanoveniam normy EN 15193-1. Oba dokumenty majú úplne identickú štruktúru, preto je väzba informatívneho materiálu na normatívny úplne zrejmá z článkového usporiadania .

Nová norma bola prevzatá do sústavy STN k 1.10.2017. Jej vydaním sa zároveň zrušila doterajšia norma STN EN 15193:2008, a to bez akéhokoľvek prechodného obdobia. Preto je potrebné sa s novou normou čo najskôr oboznámiť, pretože v súčasnosti sa už musí postupovať podľa nej.



## 2 Osvetlenie v domácnostiach

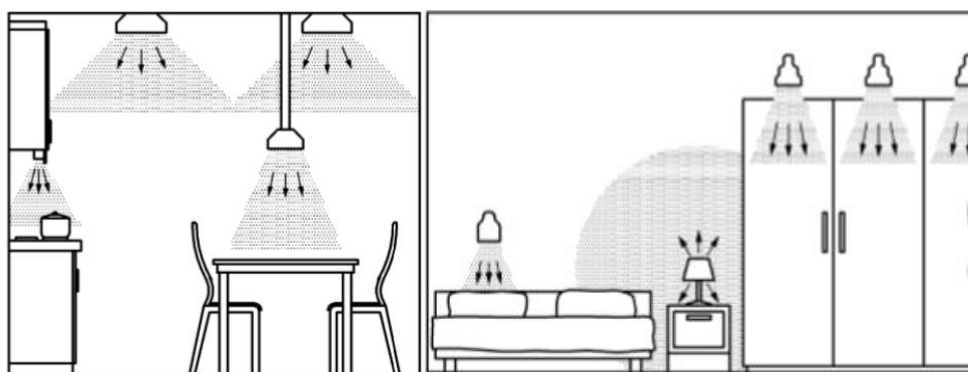
Medzinárodná alebo európska norma pre túto oblasť stále nie je k dispozícii. Vypracovanie technickej normy alebo iného normatívneho dokumentu patrí medzi hlavné priority normalizácie v CEN, vyžaduje však čas na spracovanie. Dočasne sa pre účely EHB vypracovali odporúčania pre osvetlenie domácnosti a zahrnuté sú v technickej správe CEN/TR 15193-2. Sú tu uvedené nie len odporúčania ohľadne umelého osvetlenia ale i úvahy o dennom svetle. Každá miestnosť v domácnosti vyžaduje správny typ osvetlenia pre úlohy, ktoré sa tu vykonávajú z dôrazom na atmosféru, ktorú obyvatelia v ňom chcú vytvárať. Dokument je zameraný na bežných pozorovateľov. Požiadavky pre starších a zrakovo postihnutých pozorovateľov sú špecifické a v tomto dokumente nie sú riešené. Najlepším prístupom k návrhu osvetlenia je posúdiť funkciu daného priestoru a činnosť ktorá je tu vykonávaná.

## 3 Odporúčania v technickej správe CEN/TR 15193-2

Úlohy vykonávané v jednotlivých priestoroch domácností sú rôzne, z čoho vyplýva že i požiadavky na osvetľovaciu sústavu sa tu v mnohých prípadoch značne líšia.

V technickej správe CEN/TR 15193-2 sú zavedené odporúčania na osvetlenie domácností pre tieto miestnosti:

- Kuchyňa
- Obývačka
- Kúpeľňa a WC
- Spálňa
- Vstupná hala, chodba, schodisko
- Sklad, pivnica a práčovňa
- 



Obr.1 Typická schéma osvetlenia kuchyne a spálne

Na obrázku 1 sú uvedené typické schémy osvetlenia kuchyne a spálne uvedené v spomínanej technickej správe.

Oba dokumenty nahrádzajúce normu EN 15193 sa však nevenujú špecificky domácnostiam ale energetickej hospodárnosti osvetlenia v budovách všeobecne. Okrem toho dokument CEN/TR 15193-2 má charakter technickej správy, a teda nemôže stanoviť požiadavky. Preto otázka normalizácie osvetlenia domácností zostáva otvorená.

#### 4 Energetická hospodárnosť osvetlenia v domácnostiach

Bytové a rodinné domy boli doteraz z hodnotenia osvetľovacích sústav vyňaté a európska norma EN 15193 riešila pre túto kategóriu budov len oblasť tepelnej ochrany, vykurovania a TÚV. Vydaním novej normy EN 15193-1 došlo k zmene a zaviedla sa aj metodika na hodnotenie hospodárnosti osvetlenia v domácnostiach. Prístup je však odlišný od iných dotknutých kategórií budov.

Kategória budovy	$t_D$	$t_N$	$t_{tot}$
Obytné budovy	1 820	1 680	3 500
Administratívne budovy	2 250	250	2 500
Školské budovy	1 800	200	2 000
Nemocnice	3 000	2 000	5 000
Hotely	3 000	2 000	5 000
Reštaurácie	1 250	1 250	2500
Športové zariadenia	2 000	2 000	4 000
Veľkoobchodné a maloobchodné služby	3 000	2 000	5 000
Priemyselné prevádzky	2 500	1 500	4 000

Tab.1 Časy využitia denného svetla  $t_D$ , časy využitia osvetlenia bez denného svetla  $t_N$  a celkový čas  $t_{tot}$  pre rýchlu metódu

Výpočet pre celú budovu		Výpočet po miestnostiach		
Kategória budovy	$F_A$	Kategória budovy	Druh miestnosti	$F_A$
Obytné budovy	0	Obytné budovy	Obývačka	0,30
			Spálne	0,40
			Izba pre deti alebo dôchodcov	0,30
			Jedáleň	0,70
			Kuchyňa	0,60
			Kúpeľňa	0,80
			Toaleta, WC	0,90
			Vstupná hala	0,80
			Vstupná hala, chodba, schodisko	0,70
			Sklad	0,90
			Pivnica	0,95
			Práčovňa	0,98
			Špajza	0,98
			Dielňa	0,60
			Domáca dielňa	0,80
			Garáž	0,95

Tab.2 Činiteľ absencie  $F_A$  pre obytné budovy



Nová norma obsahuje súbor hodnôt pre rýchly odhad energetických požiadaviek na osvetlenie. V tabuľke 1 sú doplnené časy využitia denného svetla  $t_b$ , časy využitia osvetlenia bez denného svetla  $t_N$  a celkový čas  $t_{tot}$  pre obytné budovy. Sú vhodné na použitie v predbežnom štádiu návrhu na hrubý odhad napr. v predprojektovej príprave a nie na projektové hodnotenie, keď už sú k dispozícii presné údaje. Tieto hodnoty sa môžu nahradiť alternatívnymi národnými štandardnými hodnotami.

Činiteľ riadenia na konštantnú osvetlenosť  $F_C$  sa pri domácnostiach neuvažuje a má hodnotu 1,00. V domácnostiach riadenie na konštantnú osvetlenosť nemá taký význam ako napríklad na pracoviskách a ani s udržiavacím činiteľom  $f_M$  sa pri domácnostiach neuvažuje. Pri výpočte činiteľa obsadenosti  $F_O$  sa vychádza z činiteľa absencie  $F_A$ . Hodnoty činiteľa absencie pre domácnosti uvádza tabuľka 2.

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 <sup>2</sup> )		
		Malá plocha	Stredná plocha	Veľká plocha
<b>Kuchyňa</b>	Celkové osvetlenie	6-8	8-10	10-12
	Osvetlenie pracovnej dosky	2	2	2
<b>Jedáleň</b>	Celkové osvetlenie	8-12	12-16	16-20
	Osvetlenie jedáľenského stola	3	3	3
<b>Obývačka</b>	Celkové osvetlenie	8-12	12-16	16-20
	Osvetlenie na čítanie	1	1	1
<b>Kúpeľňa a WC</b>	Celkové osvetlenie	4-6	6-8	8-10
	Osvetlenie zrkadla	1	1	1
<b>Spáľňa</b>	Celkové osvetlenie	6-8	8-12	12-16
	Osvetlenie pri posteliach	1	1	1
	Osvetlenie stola	1	1	1
<b>Vstupné haly, chodby a schody</b>	Celkové osvetlenie	1-3	3-5	5-7
<b>Sklady, pivnice a práčovne</b>	Celkové osvetlenie	4-6	6-8	8-10

Tab.3 Veľkosti úžitkových plôch v obytných budovách

## 5 Určenie inštalovaného príkonu

Pôvodná norma EN 15193 bližšie neuvádzala spôsob stanovenia inštalovaného príkonu osvetlenia. Inštalovaný príkon predstavuje súčet príkonov všetkých svietidiel a osvetľovacích zariadení, ktoré sú predmetom hodnotenia. Nová norma EN 15193-1 prináša spôsob určenia inštalovaného príkonu pre rýchlu metódu, keď súpis svietidiel ešte nie je k dispozícii. Pre budovy na bývanie uvádza štandardné hodnoty inštalovaného príkonu v tabuľkovej forme. Podľa veľkostnej kategórie sa potom berie paušálny inštalovaný príkon z tabuľky 4:

		Inštalovaný príkon pre typové riešenie osvetlenia (W)		
		Malá plocha	Stredná plocha	Veľká plocha
<b>Kuchyňa</b>	Celkové osvetlenie	60	80	100
	Osvetlenie pracovnej dosky	90	90	90
<b>Jedáleň</b>	Celkové osvetlenie	100	135	200
	Osvetlenie jedáľenského stola	120	120	120
<b>Obývačka</b>	Celkové osvetlenie	100	135	200
	Osvetlenie na čítanie	60	60	60
<b>Kúpeľňa a WC</b>	Celkové osvetlenie	50	70	100
	Osvetlenie zrkadla	70	70	70
<b>Spálňa</b>	Celkové osvetlenie	90	110	140
	Osvetlenie pri posteliach	30	30	30
	Osvetlenie stola	50	50	50
<b>Vstupné haly, chodby a schody</b>	Celkové osvetlenie	40	60	80
<b>Sklady, pivnice a pracovne</b>	Celkové osvetlenie	60	80	120

Tab.4 Inštalovaný príkon miestností v obytných budovách

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. 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/m<sup>2</sup>/rok);

$W$  je ročná spotreba energie na osvetlenie (kWh);

$A$  je celková úžitková podlahová plocha budovy (m<sup>2</sup>).

Ročná spotreba energie na osvetlenie sa skladá z dvoch zložiek – z činnejšej energie na plnenie svetelnotechnickej úlohy  $W_L$  (zabezpečenie požadovanej osvetlenosti) a z pasívnej energie na pohotovostný režim  $W_P$ .

$$W_L = P_n F_C F_O (t_D F_D + t_N)$$

kde

$P_n$  je celkový inštalovaný príkon svietidiel a osvetľovacích zariadení (kW);

$F_D$  je činiteľ využitia denného svetla (-);

## Kurz osvětlovací techniky XXXIV

$F_O$  je činiteľ obsadenosti miestnosti alebo budovy (-);

$F_C$  je činiteľ konštantnej osvetlenosti (-);

$t_D$  je čas využitia denného svetla (h);

$t_N$  je čas využitia osvetlenia bez denného svetla (h);

$$W_P = P_{PC}(t_Y - t_D - t_N) + P_{em}t_{em}$$

kde

$P_{PC}$  je celkový inštalovaný pasívny príkon riadiacich jednotiek vo svietidlách (kW);

$P_{em}$  celkový nabíjací príkon núdzových svietidiel (kW);

$t_Y$  obdobie 1 roka v hodinovom vyjadrení, t. j.  $t_Y = 8\,760 \text{ h} = \text{const}$ ;

$t_{em}$  celkový čas nabíjania núdzových svietidiel (h).

Norma EN 15193-1 podrobne rozvíja spôsob určenia jednotlivých zložiek energie na plnenie svetelnotechnickej funkcie.

## 6 Záver

Zavedením novej normy EN 15193-1 sa dá v blízkej budúcnosti predpokladať, že sa legislatíva a teda aj energetická certifikácia bude môcť rozšíriť o kategóriu rodinných a bytových domov pre miesto spotreby osvetlenie. Táto skutočnosť bude znamenať zásadné zmeny v energetickej certifikácii obytných budov.

Tým, že norma EN 15193-1 sa zaviedla náhle a je zatiaľ k dispoícii len v angličtine bude uvedenie do technickej praxe veľmi komplikované. Napriek tomu sa od 1. októbra 2017 musí postupovať podľa tejto normy, treba sa preto čo najskôr oboznámiť s požiadavkami normy a aplikovať ich v praxi. Napriek tomu, že druhá časť má status technickej správy, obsahuje dôležité a užitočné údaje pre návrh a hodnotenie osvetľovacích sústav a preto sa odporúča aj túto doplnkovú časť v plnej miere používať.

## Podakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou agentúry VEGA MŠVVaŠ SR pod číslom grantu VEGA 1/0640/17 „Sebestačné inteligentné siete a regióny a ich začlenenie do existujúcej elektrizačnej sústavy“.

### Literatúra a odkazy

- [1] CEN/TR 15615:2008 Explanation of the general relationship between various European standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) - Umbrella document Tomáš Novák, Kurz osvětlovací techniky, 2015
- [2] CEN/TS 16628:2014 Energy Performance of Buildings. Basic Principles for the set of EPB standards
- [3] CEN TR/ISO 52000-2:2017 Energy performance of buildings -- Overarching EPB assessment - Part 2: Explanation and justification of ISO 52000-1
- [4] EN 15193:2007 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting
- [5] EN 15193-1:2017 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting. Specifications, Module M9
- [6] CEN/TR 15193-2:2017 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting. Explanation and justification of EN 15193-1, Module M9
- [7] STN EN 15193:2008 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie
- [8] 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

## **Fotometrie založená na LED světelných zdrojích - společný výzkumný projekt evropských metrologických institutů**

Marek Šmid, ČMI - Praha, oddělení radometrie a fotometrie, msmid@cmi.cz, www.cmi.cz  
Petr Kliment, ČMI - Praha, oddělení radometrie a fotometrie, pkliment@cmi.cz, www.cmi.cz  
Petr Linduška, ČMI - Praha, oddělení radometrie a fotometrie, plinduska@cmi.cz, [www.cmi.cz](http://www.cmi.cz)

*Abstrakt: S příchodem nových světelných zdrojů na bázi světelných diod LED se potýkají zkušební laboratoře s měřením světelného toku a elektrického příkonu za účelem určení poměrné světelné účinnosti a klasifikace jejich energetické třídy. Vzhledem k faktu, že spektrální responsivita  $V(\lambda)$  filtrovaných fotometrů se více či méně liší od předepsané  $V(\lambda)$  CIE křivky, jsou všechny fotometry standardně kalibrovány pomocí wolframové žárovky s náhradní teplotou chromatičnosti 2856 K. To, však způsobuje nežádoucí spektrální chyby při měření LED světelných zdrojů, jak ve zkušebních laboratořích, ale i v polních podmínkách. Příčinou jsou velké rozdíly ve spektrech kalibračního i měřeného zdroje a navíc je není možné v mnoha případech korigovat.*

*EMPIR (evropský metrologický program pro inovace a výzkum) projekt 15SIB07 PhotoLED se zaměřuje na zastaralost tradiční technologie klasických etalonových žárovek, se kterými se pracuje ve fotometrii a na potřebu podpory zavádění a přijímání nových LED světelných zdrojů. Využívá a validuje základ nového fotometrického systému, který je založený na bílých světelných diodách LED. V rámci projektu probíhá vývoj nových kalibračních světelných zdrojů fungujících na principu světelných diod LED, měřících postupů podporujících specifické vlastnosti nových světelných zdrojů a nových typů detektorů bez  $V(\lambda)$  filtrů, jež umožní měření osvětlenosti generované novými LED světelnými zdroji při kalibraci fotometrů a měřících zařízení, které se používají k určování poměrné světelné účinnosti nových LED světelných zdrojů přicházejících na trh.*

*Projekt byl zahájen v září roku 2016. Nadále bude ČMI informovat o hlavních cílech projektu, aktuálním stavu dosažených výsledků výzkumu a plánech pro využití výsledků projektu v průmyslové oblasti. Prezentace bude rovněž obsahovat nejnovější výsledky výzkumu, týmu ČMI, v rámci projektu.*

### **1 Úvod**

Motivací celého projektu je proces postupného vyřazování kalibračních lamp s žhaveným vláknem v rámci inovace a energetické úspory (program Energetické úspory 2020). Je zde i apel na příliš vysokou nejistotu měření měrného výkonu ( $\text{lm/W}$ ) produktů SSL (Solid-state lighting). Avšak stěžejní důvod je naléhavá potřeba zavedení standardizace LED osvětlení pro obory fotometrie a kolorimetrie. Což povede k vývoji nového standardizovaného tabelovaného světelného zdroje LED. Bude tedy možno kalibrovat fotometry za užití etalonových LED světelných zdrojů.

V tomto článku je uvedena především nadstandardní charakterizace absolutní spektrální responsivity nových tří dimenzionálních odrazových detektorů založených na  $V(\lambda)$  filtrech [1] v bez filtrových fotometrech, které byly vyvinuty a vyrobeny konsorciem tohoto projektu.

Proběhla studie na využití PQED detektorů (kvantově predikovatelný detektor účinnosti), jakožto primárního fotometru v oboru fotometrie, která se pro tento konkrétní případ zaměřuje na světelné zdroje LED. Český metrologický instituce cílil na prostorové rozložení svítivosti pro vytvoření nových LED etalonových světelných zdrojů v rámci projektu.

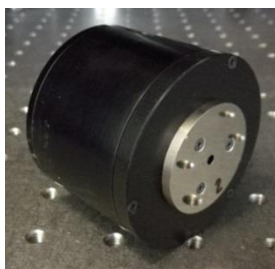
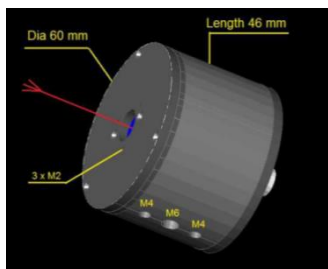
EMPIR (evropský metrologický program pro inovace a výzkum) projekt 15SIB07 PhotoLED je složen s několika částí. Pro vznik článku, spolupracovalo ČMI s několika partnery, kteří působí v oblasti fotometrie a radiometrie, jako jsou Aalto, Metroser, CSIC, PTB a VTT. Nejprve byl vytvořen plán projektu pro nefiltrované fotometry, které byly využívány k měření intenzity osvětlení a svítivosti pro LED etalony [4]. Dále pak došlo k návrhu a výrobě tří přesných apertur a těsnících klapek pro využití v dosavadních PQED detektorech. Navíc byly vytvořeny tři přesné apertury pro pasťové detektory založené na komerčních fotodiodách. Byly vyrobeny a nakonfigurovány tři nefiltrované fotometry, které fungují na základě komerčně dostupných křemíkových fotodiodách. Tyto fotometry byly charakterizovány pro spektrální responsivitu. V jednotlivých částech projektu byly využity existující PQED pasti a komerčně fotodiodové fotometry.

## 2 Progres v projektu PhotoLED

Práce na EMPIR projektu 15SIB07 PhotoLED nahradí postup klasické měření  $V(\lambda)$  filtrů u fotometrů a A zdroje, novou metodou měření s využitím pašťových detektorů, nefiltrovaných detektorů a PQED detektorů. Dosud byly vyvinuty tři elementové pašťové fotometry a nové PQED detektory. Vlastností PQED detektorů je, že je známa jejich responsivita. PQED detektory byly používány bez jakýchkoliv jiných filtrů. Za užití známé responsivity a matematických operací byl rekonstruován požadovaný výsledek. PQED detektory musí být odolné proti znečištění. Pro čištění byl využit dusík, kterým byly odstraněny nečistoty z fotodiod. Proces čištění musí být přístupný i během měření. Pakliže se fotometr nevyužívá, byla zde možnost utěsnění fotometru. Celý proces měření se provádí za teplotního sledování. Teplotní změny jsou totiž navázány na responsivitu nebo na procházející signál za temna fotodiodou [3], [5]. Závěrem projektu bude provedení mezilaboratorního porovnání světelného toku u nových SSL produktů, které byly selektovány v průběhu práce na projektu.

## 3 Aktivita CMI v projektu

Za pomoci Metroseru byly zkonstruovány 3 fotometry (Obr.1), které obsahovaly komerční fotodiody. Tři elementární reflexní pašťové detektory pracovaly s fotodiodami Hamamatsu S1337-1010 (aktivní oblast 10 mm x 10mm, snímatelná krytka na okně) v prostředí nezávislé polarizační konfigurace. Dodávka fotoelektrického proudu byla zajištěna BNC spojením. Další BNC kabel byl určený k teplotnímu monitoringu skrz 10 k $\Omega$  NTC termistor. Pasti s přesnou aperturou byly sestrojeny v laboratořích ČMI. Pasti obsahují závitovou díru velikosti M3. Ta zde splňovala funkci čistícího ventilu. Jakožto čistící médium bylo využito suchého dusíku. V procesu výroby fotometrů se bohužel tyto ventily nevyskytují. Fotometry byly zaslány do CMI, CSIC a PTB.



Obr.1 Nefiltrované fotometry vyrobeny ve společnosti Metrosert. Fotografie ukazuje aperturu vyrobenou ve společnosti ČMI.

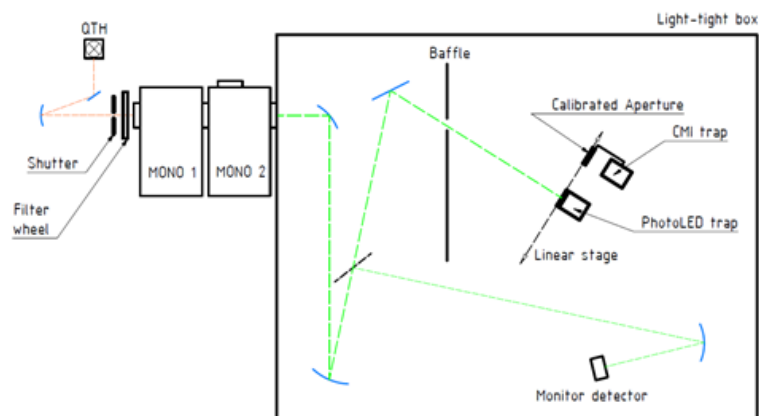
Obr.2 4 mm apertura zkonstruovaná ve ČMI.

Laboratoř ČMI pracovala na návržení a výrobě přesných apertur (Obr.2) v celkovém počtu šesti kusů. Tři byly určeny pro apertury PQED detektorů a tři pro komerčně fotodiodové pasti. Rozměr otvorů v apertuře byl 4 mm, avšak pro komerčně dostupné fotodiodové pasti byla užívaná velikost otvoru 3 mm. Apertura byla vyrobena na CNC stroji z materiálu nerezavějící oceli. Konečná povrchová úprava vedla k dodržení přesnější soustřednosti u apertury. Dalším krokem byla povrchová úprava pro zlepšení kvality okraje apertury. Všechny tyto kroky vedly k přesnější charakterizaci clony apertury.

Aalto navrhl a sestrojil měřicí systém pro oblast optické apertury, kde nebylo zapotřebí přemísťovat aperturu z detektoru. Oblast apertury byla měřena za užití superpozice stejnoměrně rozložených Gaussovských laserových paprsků, zde také docházelo k jejich formování a sjednocení známého rozdělení ozáření. Běžně se tohoto dosáhlo za užití skenování apertury a detektoru, který byl umístěn před stabilizovaným laserovým paprskem. Měřítka stupně posunu byl kalibrován ve VTT a to za použití laserové interferometrie. Oblast apertury může být stanovena z fotoelektrického proudu, který vznikne v situaci, kdy laserový paprsek neblokuje aperturu.

Laboratoř ČMI provedla porovnání starých  $V(\lambda)$  filtrů fotometrů se třemi elementárními pasťovými detektory a také s PQED detektorem na LED světelném zdroji. Celý tento proces byl důležitý proto, aby došlo k validaci nového fotometru. Proces umožní i další kalibraci fotometru, která bude pracovat na principech nových SSL technologiích. Úkolem ČMI bylo charakterizovat vhodnou sadu SSL produktů.

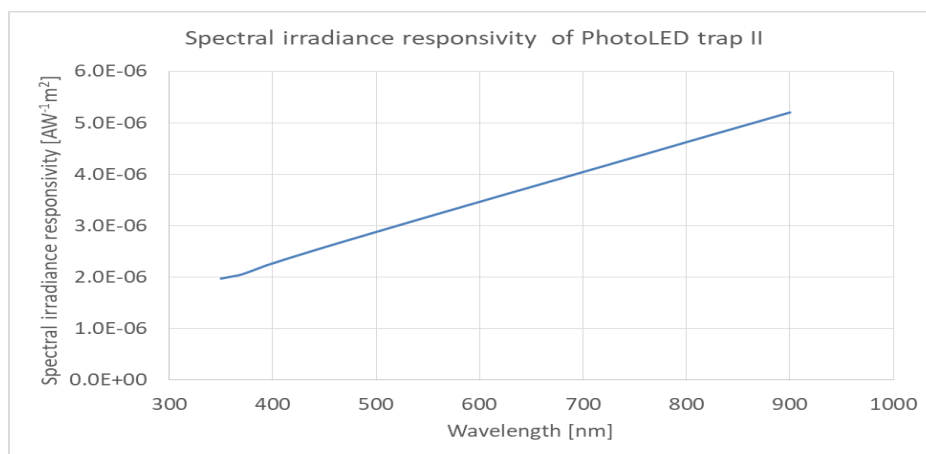
Vyrobené fotometry byly charakterizovány pro spektrální odezvu pomocí ČMI, CSIC a PTB. ČMI charakterizovala pasti za využití dvou metod A a B v rozsahu vlnových délek od 350 nm do 900 nm. Po aplikaci metody A došlo k přemístění apertury pasti PhotoLED a proběhlo měření spektrální citlivosti intenzity ozáření za užití vhodného referenčního vybavení pro detekci spektrální citlivosti intenzity ozáření v laboratořích ČMI. Naopak metoda B (Obr.3) sloužila k zjištění toho, jestli se nějak projevuje ve výsledcích měření občasný zpětný odraz na vstupu apertury.



Obr.3 Měřící zapojení pro detekci spektrální responsivity (metoda B) v laboratořích ČMI.

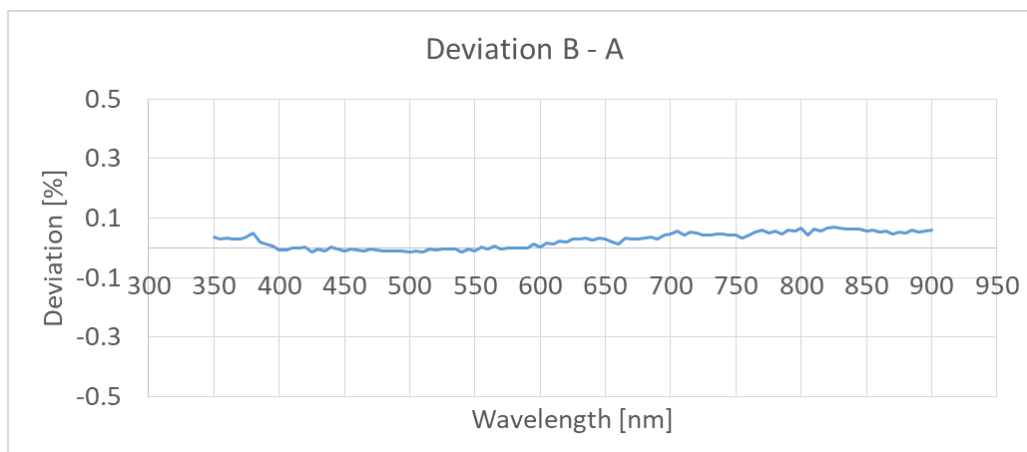
#### 4 Výsledky a závěr

Výsledky měření jsou znázorněny na grafu (Obr.4). Nejistota měření je 0,17% ve spektrálním rozsahu od 450 nm do 900 nm, 0,18% ve spektrálním rozsahu od 400 nm do 450 nm a 0,23% ve spektrálním rozsahu od 350 nm do 400 nm ( $k=1$ ). Naměřená data jsou uložena v laboratořích ČMI a budou nadále používána pro budoucí práci s daty. Odchyłka měření, která byla znázorněna dvěma metodami (A, B) je nižší než nejistota měření (Obr.5). Toto potvrdilo předpoklad zanedbatelného vlivu zpětného odrazu od vstupní apertury pastí PhotoLED. S tímto předpokladem se již počítalo v začátcích samotného měření.



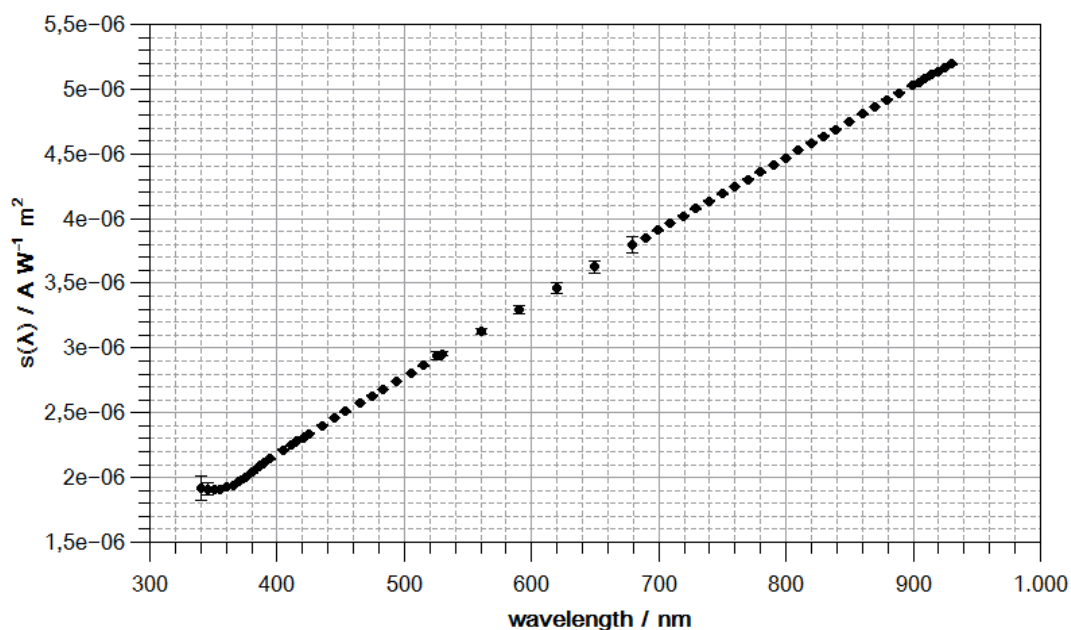
Obr.4 Spektrální responsivita jednoho nefiltrovaného fotometru, který byl charakterizován ČMI.



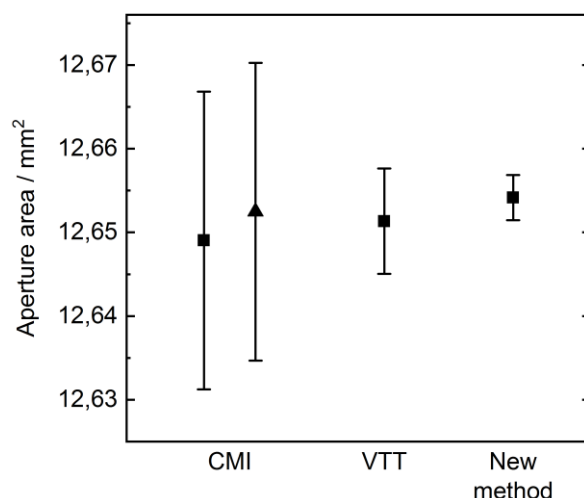


Obr.5 Relativní odchylka dvou metod B-A ve ČMI.

CSIC charakterizovalo pasti, tím že použili dvě jednoduché monochromátorové mřížky: jedná v oblasti UV s XE-HG zdrojem a druhou v oblasti Vis-IR s křemíkovo-wolframovo-halogenovým zdrojem rozsahu vlnových délek od 350 nm do 950 nm. PTB charakterizovalo past za využití systému laditelného laseru v rozsahu vlnových délek od 340 nm do 940 nm. Výsledky PTB jsou znázorněny na grafu (Obr.6). Během měření bylo zjištěno, že fotometry zcela nečekaně zvětšovaly AC interferenci, což by mohl snížit přesnost měření, zejména v případě měření nízkých fotoelektrických proudů. Pro vyřešení tohoto problému navrhuje Metroser, aby uživatelé odšroubovali jeden šroub ze zadního panelu a tento šroub nahradili novým šroubem, který se nechová jako anoda. Tento šroub může být použit jako uzemňovací svorka fotometru.



Obr.6 Spektrální responzivita jednoho nefiltrovaného fotometru, který byl charakterizován PTB.



Obr.7 Měření oblasti 4mm apertury, ve ČMI a VTT, za užití optických souřadnicových měřicích přístrojů (CMM) a využití nové metody. ČMI získalo dvě hodnoty. První byla vypočítaná ze surových dat (čtverec), druhá přímo z CMM (trojúhelník).

Prozatímni výsledky měření v oblasti apertury jsou zobrazeny na grafu (Obr.7). V rámci porovnávání byla oblast apertury také měřena za pomoci metod, se kterými pracuje běžný souřadnicový přístroje ve ČMI a VTT. Pro srovnání byla oblast průměru otvoru měřena také metodami založenými na tradičních souřadnicových měřicích strojích v laboratořích ČMI a VTT předtím, než byla připojena k PQED detektoru. Neurčitost oblasti danou metodou je ovlivněna délkovou stupnicí translačních stupňů a reprodukovatelností měření.

Závěrem tedy laboratoř ČMI prohlašuje, že jsou vhodné detektory zkonstruované. PTB vyvinulo nové standardy svítivosti v rámci LED světelných zdrojů. ČMI změnilo responsivitu. Dále pak pracuje na přípravě mezilaboratorního porovnání 3 typů detektorů. Byla vybrána a charakterizována vhodná sada SSL detektoru. V neposlední řadě ČMI vyrobilo přesné apertury pro fotometrické pasti a pro PQED detektory.

### Literatura a odkazy

- [1] Photometry Using  $V(\lambda)$ -Corrected Detectors as Reference and Transfer Standards, CIE Technical Report No. 210, 36 p. (2014).
- [2] The Basis of Physical Photometry, CIE Technical Report No. 18.2, 42 p (1983).
- [3] D. Zhao et. al., "The influence of source impedance in electrical characterization of solid state lighting sources, Proc. CPEM 2012: Precision Electromagnetic Measurements Conference, 300-301 (2012)
- [4] Test Method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules, CIE standard 025/E:2015, 58 p (2015).
- [5] T. Poikonen et. al., "Luminous efficacy measurement of solid-state lamps," Metrologia 49, S135 (2012).
- [6] EMRP Metrology for Solid-State Lighting: <http://www.m4ssl.npl.co.uk>

## **Pohled světelného technika na první veřejné osvětlení s malým negativním dopadem na životní prostředí???**

Jiří Tesař, předseda pobočného spolku ČSO Liberec, cso-liberec@artmetal-cz.com

*Abstrakt: Pohled světelného technika na vzorový projekt veřejného osvětlení chodníku přilehlého ke komunikaci II. tř. číslo 101 (zátěž motorové dopavy 6727 vozidel / 24 hod). Toto osvětlení je prezentováno Ministerstvem životního prostředí jako osvětlení s minimálním dopadem na životní prostředí v rámci prezentace dotací na veřejné osvětlení. Viz výzva č.6/2018 k předkládání žádostí o poskytnutí podpory v rámci Národního programu Životní prostředí. Součástí mého pohledu, zda soustava veřejného osvětlení splňuje základní požadavky na osvětlení uvedené v dokumentu „Jednoduchá osvětlovací příručka pro obce – doporučení pro šetrné moderní osvětlování“. Tuto příručku vydalo Ministerstvo životního prostředí a Svaz měst a obcí České republiky.*

### **1 Úvod**

Fyzicky jsem se zúčastnil dvou diskuzních kulatých stolů pořádaných Ministerstvem životního prostředí k tématu světelného znečištění a připravovaných dotací na rekonstrukce veřejného osvětlení (*dále jen VO*) měst a obcí v oblastech CHKO. Jedna z prezentací byla o skvělém osvětlení, které je šetrné k přírodě. Přednesená prezentace tohoto skvělého osvětlení neměla bohužel ve svém obsahu žádné technické parametry o použité technologii. Jediné, co bylo prezentováno že toto nové LED osvětlení umožňuje změnu Tc v průběhu provozu a má minimální složku modrého světla a tím je šetrné k přírodě.

*Viz odkaz [1]: [Převzali jsme unikátní osvětlení jako první v Evropě, čtvrtek, 17. květen 2018 // Stalo se: Při historicky prvním Mezinárodním dnu světla jsme ve středu večer v Jesenicích převzali unikátní osvětlení na chodníku mezi Jesenicí a Kocandou, které je v Jesenicích realizováno jako první v Evropě. Představení speciálního osvětlení se zúčastnil pan ministr životního prostředí Mgr. Richard Brabec, předseda odborné skupiny pro světelné znečištění České astronomické společnosti pan Pavel Suchan, pan Ing. Vladislav Smrž náměstek ministra životního prostředí, dále technici a specialisté na osvětlení a za vedení města starostka Mgr. Radka Vladyková a Ing. Alexandra Kocková. V neděli představíme speciální osvětlení všem občanům v reportáži Jesenice TV.](#)*

Když jsem si tento článek přečetl tak jsem to nové ekologické osvětlení musel vidět osobně abych při své práci mohl využít získané poznatky této instalace pro navrhování osvětlovacích soustav s použitím technologií, které se budou chovat šetrně k přírodě a zároveň zajistí tu nejzákladnější funkci osvětlování dopravního prostoru v souladu z bezpečnosti všech účastníků silničního provozu, zejména nejzranitelnějšího účastníka, tj. chodce. Když jsem dorazil na místo realizace a viděl tento zázrak osvětlovací techniky tak jsem se okamžitě rozhodl, že o tomto skvělém osvětlení musím informovat odbornou veřejnost, aby všichni světelní technici, dopravní inženýři a zejména ekologové viděli a věděli co je všechno možné realizovat a prezentovat jako ekologicky šetrné osvětlení. Moje hodnocení je provedeno jen obecně v základních rovinách požadavků ČSN 13201-4, doporučení CIE a vydané příručky MŽP.

## 1.1 Údaje hodnoceného prostoru – geometrie nové soustavy VO

Průměrná rozteč světelných míst realizace:	25 m
Průměrná výška svítidla nad komunikací:	6,0 m
Vyložení svítidla:	0,5 m
Typ a výkon svítidla realizace:	Drawbridge 014/18 20 W
Typ světelného LED zdroje realizace:	2 M optika LED modul

### Původně zpracovaný projekt na osvětlení chodníku

<u>Průměrná rozteč světelných míst:</u>	<u>32 m</u>
<u>Typ a výkon svítidla:</u>	<u>BGP 760 T25 DM10 17 W</u>
<u>Typ světelného LED zdroje:</u>	<u>viz katalogový list PHILIPS</u>

Bohužel více se mi zjistit o realizovaném osvětlení nepodařilo, zejména v oblasti parametrů instalovaného svítidla. Katalogový list obsahuje jen minimální informace, certifikát jsem hledal na internetu marně. Součástí původně zpracovaného projektu byl i výpočet osvětlení pro cyklostezku Jesenice s výše uvedenou geometrií a třídou osvětlení P5.

## 1.2 Údaje hodnoceného prostoru – dopravní prostor.

Osvětlovaný chodník s celkovou šířkou 2,2 m oddělený od komunikace odvodňovacím žlabem se zpevněnou krajnicí šířky 2,0 m s navazující asfaltovou komunikací se dvěma jízdními pruhy o celkové šířce mezi vodorovným dopravním značením 6,5 m, dále navazující zpevněné krajnice o šířce 1,5 m. Tato definovaná plocha se nachází v intravilánu města Jesenice v nezastavěné části průjezdné komunikace II/101, zátěží motorové dopravy 6727 vozidel/24 hodin, v úseku mezi částmi města Kocanda a Mladíkov. Viz obrázek 1.



Obr.1 Foto soustavy VO a přilehlého dopravního prostoru autor [1].

### 1.3 Základní údaje hodnoceného prostoru – požadavky na osvětlovanou plochu.

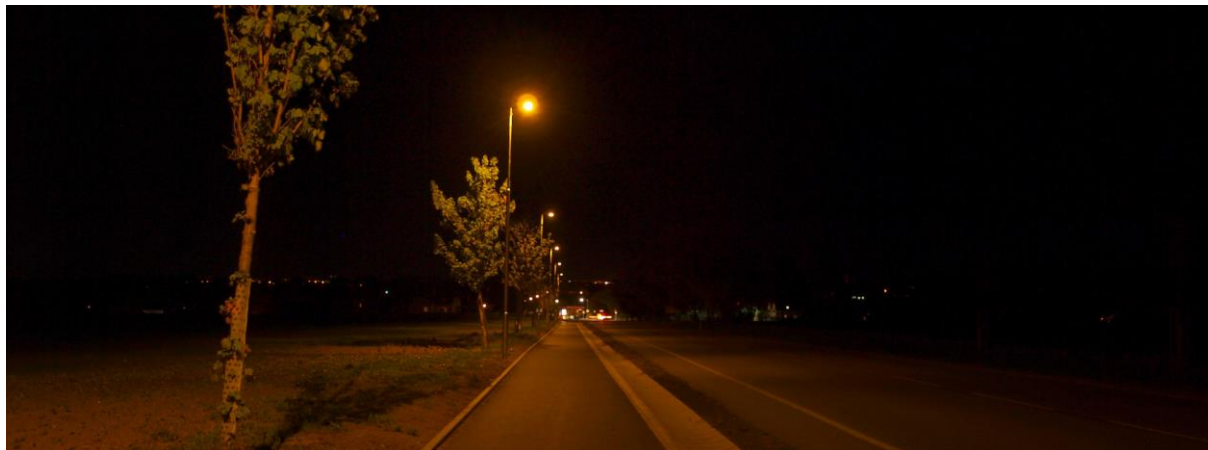
Dle šířkového uspořádání dopravního prostoru, motorové zátěže a požadavků ČSN 736110 (projektování místních komunikací), ČSN 736101 (projektování silnic a dálnic), jsou nemotoristické komunikace součástí dopravního prostoru s jednoznačně danými parametry. Pro cyklostezku – chodník byl stanoven základní parametr třídy osvětlení P5.

Pro komunikaci II. tř. 101 nebyl stanoven žádný parametr, protože nebyl součástí zadání investora pro zpracování projektové dokumentace. Bohužel toto zadání je v rozporu s požadavky ČSN 736101 kde je v ustanovení 13.8. Umělé osvětlení na silničních komunikacích ve volné krajině, bod 13.8.1. a 13.8.2, jednoznačně stanovené požadavky na osvětlení. [2]. Při dodržení parametrů ČSN by tato komunikace byla osvětlena na úrovni třídy M5.



## 2 Provozně orientační měření jasových poměrů chodníku a jeho okolí

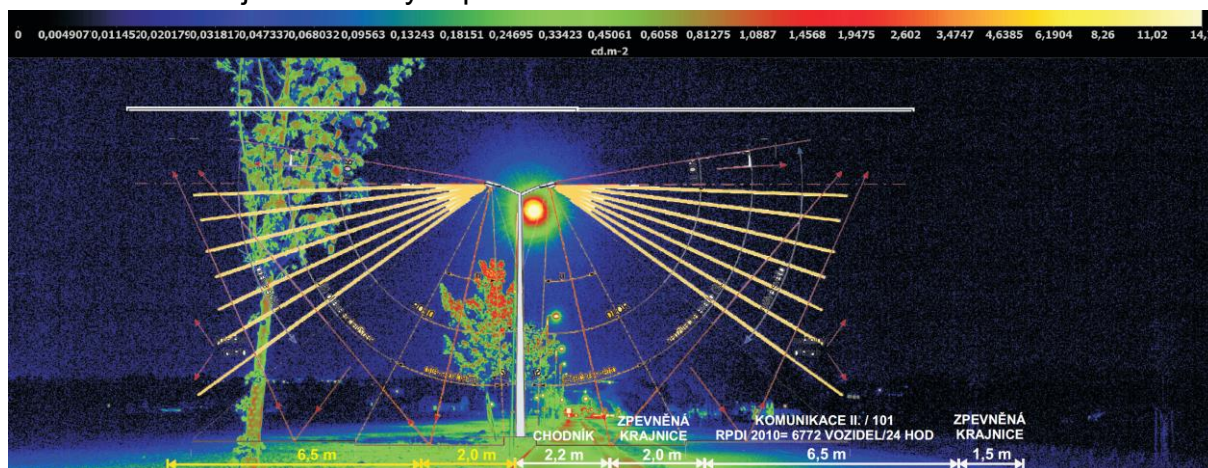
### 2.1 Kontrola realizovaného stavu nového VO 8. září 2018, 21:30 hod



Obr.2 Noční foto prostoru po realizaci autor [3]

Realizace osvětlení neodpovídá původnímu projektu ve všech projektovaných parametrech, tj. rozteč světelných míst, typ svítidla, výkon svítidla. Předpokládám, že změna projektu byla provedena bez nového výpočtu VO. Změnu projektu jsem nikde nedohledal.

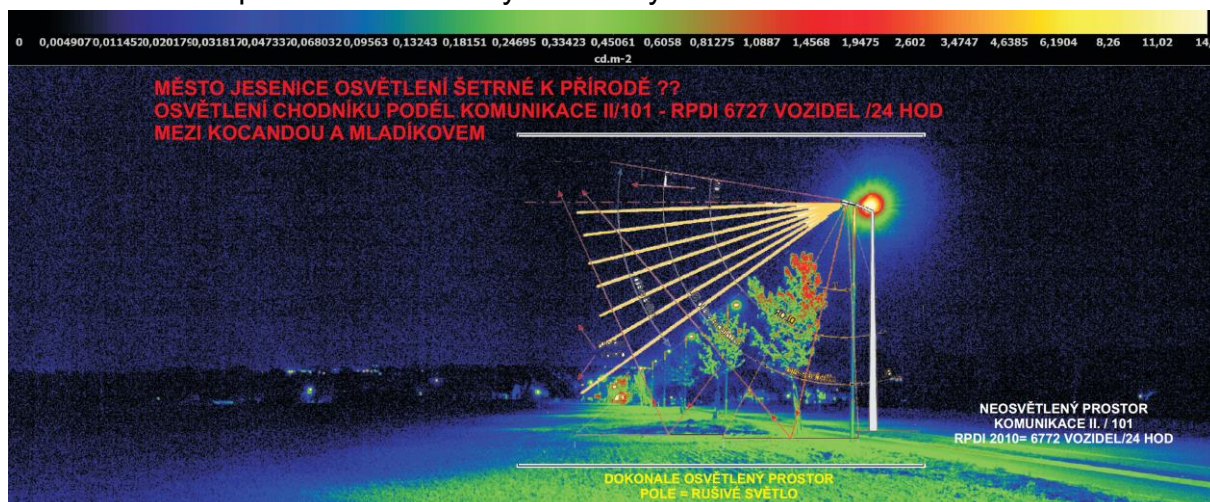
### 2.2 Orientační jasová analýza prostoru osvětlovaného chodníku



Obr.3 Orientační analýza jasu osvětleného chodníku a okolí [5]

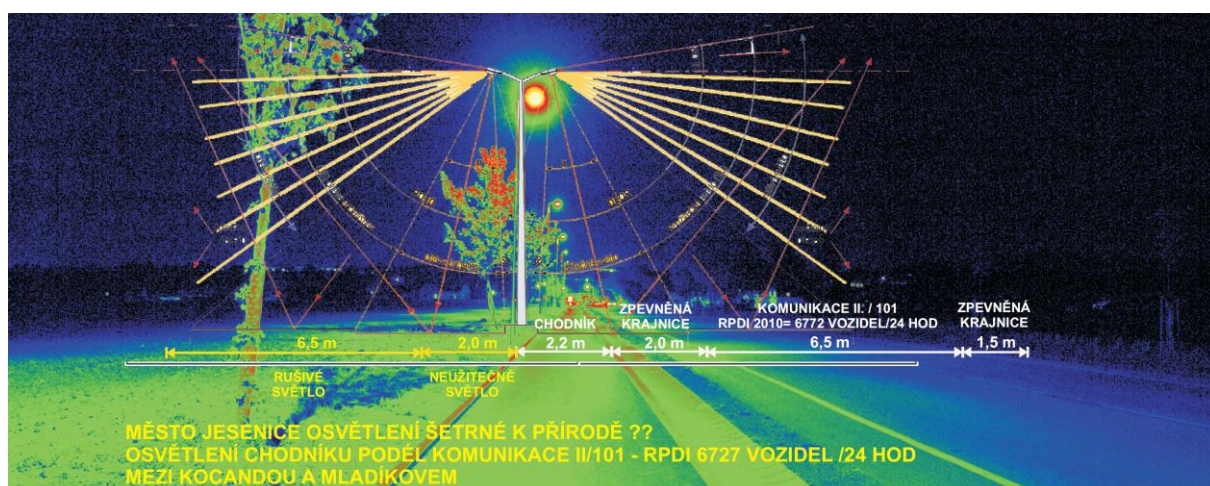
Osvětlení chodníku je rovnoměrné a odpovídá parametrům třídy osvětlení  $P3 \geq 7,5 \text{ Em (lx)}$ ,  $U_o (-) \geq 1,5$ , je tedy o dva stupně vyšší, než bylo ve výpočtu a zadání požadavku třídy osvětlení  $P5 \geq 3 \text{ Em (lx)}$ ,  $U_o (-) \geq 0,6$ . V tomto případě je osvětlovaný prostor chodníku k daným jasům okolí přesvětlený více jak o 100 % požadované hodnoty.

## 2.3 Osvětlení prostoru neužitečným a rušivým světlem



Obr.4 Dokonale osvětlený prostor pásu pole v šířce vozovky [5]

Nevím, co si mám o osvětlovaném prostoru myslet byl to záměr, nebo se stala někde chyba při montáži? Pás pole je osvětlen na úrovni třídy M5 tj.  $\geq 0,5 \text{ cd/m}^2$  a jeho šířkové uspořádání je shodné s šířkovým uspořádáním vozovky viz obr.5.



Obr.5 Celkový osvětlený prostor z pohledu pozorovatele na chodníku [5]

## 3 Stručné hodnocení osvětlené plochy dle požadavků MŽP [4] – hodnocení známkou jako ve škole 1 až 5.

### 3.1 Zdravotní rizika [4]

Tento požadavek je údajně splněn deklarovanými parametry instalovaného svítidla. Mě ale toto vyjádření nestačí. V katalogovém listu není uveden odkaz na certifikát fotobiologické bezpečnosti dle normy IEC/EN 62471 (spektrum vyzařovaného světla) Renomovaní výrobci tento parametr běžně uvádějí včetně odkazu na akreditovanou zkušebnu.

**Hodnoceno známkou 3.**

### 3.2 Plýtvání energií [4]

Tento požadavek je splněn jen částečně původní projekt měl delší rozteče o 7 m tak že na 100 m chodníku je potřeba jen 3 ks světelných míst (SM) oproti 4 ks SM stávajícího realizovaného stavu. Původní energetická bilance uvažovala na 100 m osvětlené



komunikace cca s příkonem Pi 51 W. Výsledek po realizaci má příkon Pi 80 W. Stávající realizace při porovnání s navrhovaným řešením projektu je neekonomické ve všech oblastech provozu a údržby VO.

**Hodnoceno známkou 4**

### 3.3 Noční příroda [4]

Tento požadavek nebyl splněn ani v jedné požadavku. Více jak 80 % světelného toku jde mimo osvětlovaný prostor chodníku. Většina je směřována do přilehlého prostoru pole s mnoha živočichy rostlinami atd. Viz obrázek 5.

**Hodnoceno známkou 5**

### 3.4 Bezpečnost [4]

Tento požadavek nebyl splněn, součástí chodníku je přilehlá komunikace II. tř. která je velice nerovnoměrně osvětlena v 1/2 jízdního pruhu a vytváří tmavé místa a tím negativně ovlivňuje dohled z jedoucího vozidla, včetně včasné adaptace na viditelnost možné překážky na vozovce. Druhá polovina jízdního pruhu není osvětlena vůbec.

**Hodnoceno známkou 5**

### 3.5 Doporučené typy svítidel, způsob instalace [4]

Používat by se měla svítidla vyzařující pouze do dolního poloprostoru (neboli dolů). Zkratka ULR označuje podíl světla, které směřuje ze svítidla vzhůru. Zde je ULR = 0 % – vzhůru by tedy nemělo směřovat vůbec žádné světlo. Kvalitní LED svítidla mají výhodu v lepší možnosti směrování světla, proto u nich není potřeba z požadavku na ULR = 0 % ustupovat. Údaje o ULR by měl znát a na vyžádání poskytnout dodavatel osvětlení. Svítidla by se měla instalovat vždy vodorovně. **Jednoduché pravidlo, které má zabránit tomu, aby se zbytečně svítilo do širokého okolí.**

Tento požadavek je splněn jen částečně osvětlovaná plocha se vyznačuje *zbytečně intenzivním osvětlením, špatně směřujícím světlem a tím plýtvání el. energií i finančními prostředky obce, (citace z prezentace Tiskové konference 25. července 2018).*

**Hodnoceno známkou 4**

### 3.6 Maximální úroveň osvětlení [4]

Průměrná udržovaná úroveň osvětlení pozemních komunikací nebude překračovat minimální hodnoty stanovené příslušnou normou o více než 30 %. Z projektové dokumentace je známá požadovaná úroveň osvětlení třídy P5. Provozně orientační měření jasovou analýzou nám po přepočtu jednoznačně stanovilo průměrnou hladinu osvětlení chodníku v třídě P3.

V tomto případě je osvětlovaný prostor chodníku k daným jasům okolí přesvětlený více jak o 100 % požadované hodnoty viz bod 2.2. a obrázek 3.

**Hodnoceno známkou 5**

### 3.7 Vysvědčení osvětlené plochy chodníku a okolí – hodnocení světelného technika

Z šesti požadovaných parametrů MŽP [4] propadlo ekologické osvětlení ve třech případech, ve dvou případech bylo hodnoceno známkou 4 a v jednom případě známkou 3.

**Výsledná průměrná známka vzorové ekologické soustavy VO je 4,33.**

## 4 Závěr

Když pomínu základní funkci VO, zejména viditelnost a bezpečnost v dopravním prostoru a budu se věnovat jen oblasti rušivého světla, včetně světla směřujícího mimo osvětlovaný prostor musím konstatovat, že takto osvětlený prostor **nesplňuje** základní požadavky šetrného ekologického osvětlení k přírodě. Z mého pohledu je to naopak. Tato soustava by měla být prezentována jako **odstrašující a nevhodný příklad osvětlované plochy.**



Teplota chromatičnosti, na kterou se autoři realizace odvolávají je jen jedním z mnoha **parametrů** ekologicky šetrného osvětlení. Základním parametrem a pravidlem pro osvětlování dopravního prostoru je neustále opakované – **svítit kolik je potřeba a kam je potřeba**.

Když budu dodržovat všechny požadavky technických norem, národních i harmonizovaných tak musím navrhnout soustavu VO která bude splňovat veškeré požadavky na ekologicky přijatelné osvětlení. Dnešní technologie to umožňují. Dle mého názoru takto realizovanou soustavu nemohl navrhnout odborník na osvětlování venkovních prostor, což jsem si ověřil na původním projektu, který byl v souladu s požadavky ČSN EN 13201. Následné změny geometrie soustavy VO a realizace je zřejmě provedena bez výpočtu osvětlení a ověření světelně technických parametrů po realizaci.

Představení speciálního osvětlení zástupcům MŽP a astronomické obci se přeci neprovádí za slunečného dne, jak tomu bylo, viz přiložená fotodokumentace. Tisková zpráva [1] sice zmiňuje předání a prezentaci večer, ale bylo to opravdu tak?

Kontrolní měření Tc ve dne sondou na světelném zdroji a následné prezentování výsledků panu ministři beru jako výsměch všem odborníkům kteří se věnují této problematice viz obrázky 6 a 7 tiskové zprávy [1].



Obr.6 Kontrolní měření???



Obr.7 Presentace výsledků

Doufám, že odpovědní úředníci MŽP se nad tímto příspěvkem zamyslí, nechají si zpracovat protokol měření osvětlované plochy dle ČSN EN 13201-4 a na základě jeho výsledků přehodnotí **toto první ekologicky šetrné osvětlení v Evropě jako vhodný příklad pro ostatní realizace obnovy VO**.

#### Literatura a odkazy

- Oficiální stránky města Jesenice <https://mujesenice.cz/clanky/prevzali-jsme-unikatni-osvetleni-jako-prvni-v-evrope/>
- ČSN 736110 (projektování místních komunikací), ČSN 736101 (projektování silnic a dálnic)
- Foto autora příspěvku
- Jednoduchá osvětlovací příručka pro obce – doporučení pro šetrné moderní osvětlování, vydalo MŽP a Svaz měst a obcí ČR.
- Provozně orientační měření bylo provedeno z digitální fotografie a vyhodnoceno v programu LumiDISP, verze 3.0.0.16, sériové číslo 201802001.

## **Příklady z praxe nevhodně osvětlený dopravní prostor v závislosti na omezeném výhledu z vozidla**

Jiří Tesař, předseda pobočného spolku ČSO Liberec, cso-liberec@artmetal-cz.com

*Abstrakt: Noční dopravní prostor viditelnost překážek na vozovce v závislosti na noční reakční době, různých jasech okolí dopravního prostoru a vliv viditelnosti na dopravní nehodovost.*

### **1 Úvod**

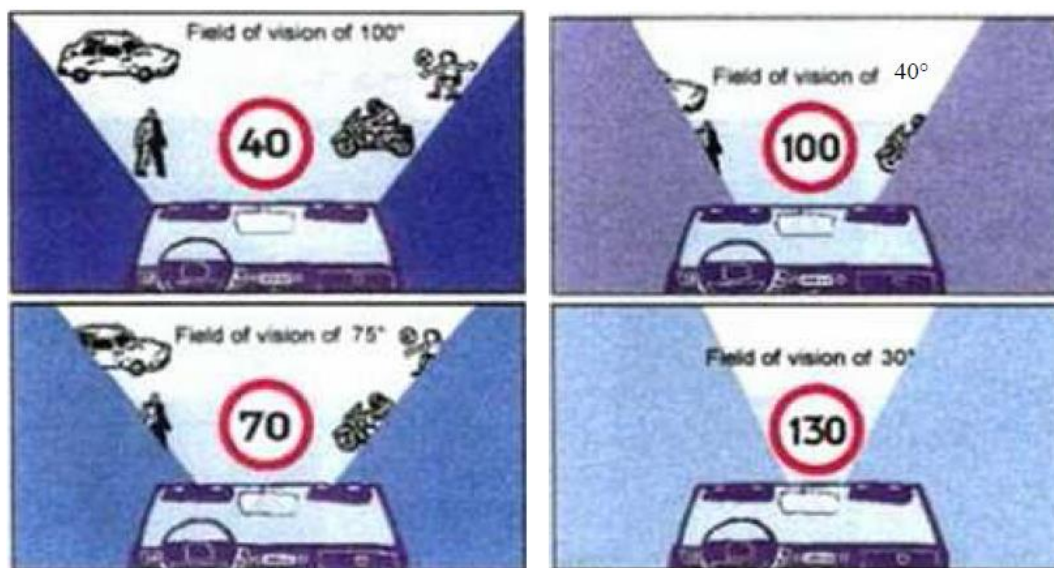
Pro řízení vozidla je důležité vnímat prostředí vnější – kolem automobilu, dále prostředí uvnitř vozu – tudíž spolujezdce a data z přístrojové desky (tachometr, ikony apod.). Řidič tedy vnímá dopravní situaci čelním sklem, předními bočními skly a zpětnými zrcátky. Výhled mu mohou omezovat sloupky karoserie a také mrtvý úhel ve zpětném pohledu v zrcátku. Pro bezpečnost by měla být skla oken auta i skla zpětných zrcadel čistá a bez závady. Zorné pole řidiče nesmí být omezeno.

#### **1.1 Zrakové funkce v silniční dopravě**

Účastník silničního provozu musí být schopen přijmout informace, tedy vnímat je. Dále je musí uchovat, tedy pamatovat si je. Pak je zpracuje, myslí a naposledy jde o získání nových informací, tedy učení. Informace vnímáme všemi pěti smysly, z nichž zrak hraje nejdůležitější roli. Pro správné vidění v roli řidiče je nutné dívat se dostatečně daleko před sebe, dobře vnímat dění kolem sebe, udržovat oči v čilém pohybu. Dále je nutné, aby řidič usiloval o to, aby ho i ostatní účastníci silničního provozu viděli. A také je dobré naučit se vidět možnost úniku, pokud hrozí nebezpečná situace. Je důležité, aby řidič neustále měnil směr pohledu. Vozidlo by jinak nemuselo držet rovnou stopu a mohlo by dojít k nechtěnému vychýlení ze směru jízdy.

#### **1.2 Zorné pole řidiče v silniční dopravě**

Řidič by se měl naučit používat co nejširší zorné pole, zrakem tzv. ohledávat – tj. vrátit se ke zhlédnutým předmětům, aby viděl detaily, jako je třeba pohyb ruky cyklisty, či vychýlení kola traktoru. Zorné pole řidiče se zužuje s narůstající rychlostí vozidla. Při rychlosti 40 km/h je zorné pole řidiče 100°, díky němu lze dobře vidět překážky na okraji vozovky nebo jiná případná rizika. Při rychlosti 130 km/h je zorný úhel kolem 30°, to značně snižuje schopnost řidiče odhadnout případné nebezpečí.



Obr.1 Velikost zorného pole podle rychlosti motorového vozidla

## 2 Noční vidění

Pod pojmem vidění je chápána činnost dostatečně vyvinutého zraku, během které je vnímán jas a barvy. Dochází také ke spojování vjemů při vytváření představy určitých předmětů, jejich tvaru, velikosti a postavení v prostoru. V dopravě je také důležitou vlastností vnímání kontrastů, pohybu a prostoru. Během snížené viditelnosti, především tedy za tmy, díky vhodnému kontrastu může barva oblečení rozhodnout o střetu vozidla s chodcem či jeho odvrácení.

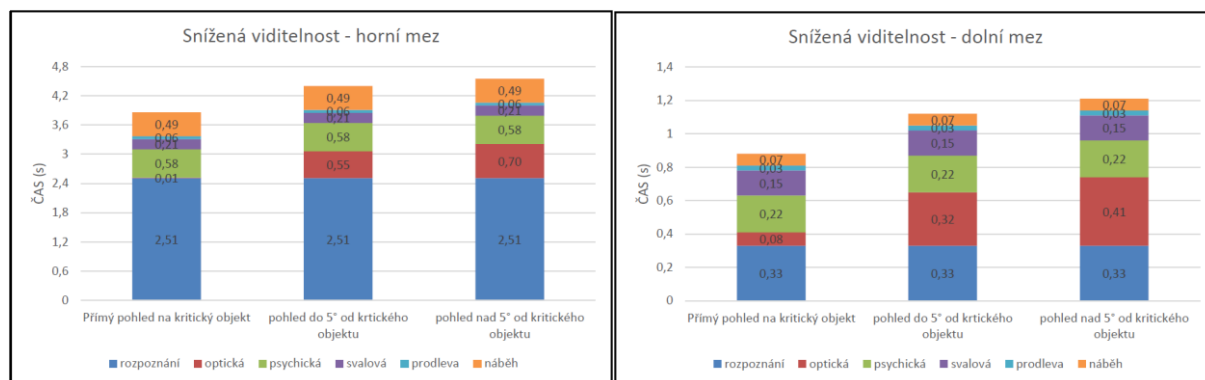
### 2.1 Pohled řidiče

Ani sebelepší řidič, s mnoha lety zkušeností, rychlými reakcemi a vozidlem v perfektním technickém stavu nemůže reagovat, pokud neví, že je na co reagovat. V momentě, kdy pohled řidiče nespočine na podnětu, nemůže dojít ke vnímání a nemůže započít proces odezvy a reakce. Proto je jedna ze základních podmínek bezpečného provozu na pozemních komunikacích pro všechny jeho účastníky stejná, a to: „Vidět a být viděn!“

1. **Zaměření pohledu** – neboli jeho zacílení. Psychologie zde zavádí pojem tzv. „terč“, jímž může být určitá osoba, předmět, objekt či jeho detail.
2. **Doba trvání pohledu** – jak dlouho oči pozorují určitou osobu nebo objekt, v tomto případě se zkoumá doba trvání pohledu na chodce. Pohled, který trvá výrazně delší dobu je většinou nepříjemný, druhým pólem je absence pohledu, což může vyvolat dojem opomíjení, ignorování či nezájmu a je nejenže nepříjemný, ale i nebezpečný.
3. **Četnost pohledů na různé terče** – během noční jízdy je možné zjistit, kolikrát se řidič podíval na překážku (terč) A, B, C atd. V tomto případě se může jednat o rozptýlení pohledu řidiče na chodce, vozovku, přístrojovou desku, zpětné zrcátko, ostatní účastníky dopravního provozu apod.

## 2.2 Reakční doba

Reakční doba je čas, který uplyne od začátku vjemu do uvedení brzdového systému v činnost. Do reakční doby můžeme započítat i dobu odezvy vozidla čili prodlevu brzd a náběh brzd. Jedná se o dobu, kdy brzdový systém není 100% funkční a řidič tuto délku nemůže ovlivnit. Pro správné pochopení pojmu reakční doba je nezbytné uvědomit si, že na kritický podnět řidič nereaguje svalovou reakcí bezprostředně, ale s určitým zpožděním. Délka reakční doby je omezena fyziologicky a do jisté míry je ovlivněna i rychlostí celého pohybového úkonu, což je nesmírně důležité zejména pro pohybové akty velmi krátkého trvání. Obecně můžeme říct, že reakční doba je závislá na stavu, věku a koncentraci řidiče. Na poloze kritického objektu v zorném poli řidiče, na kontrastu a viditelnosti kritického objektu, dále na zkušenostech a rozhodnosti řidiče v kritických situacích a v neposlední řadě na technickém stavu brzdového systému vozidel.



Graf č. 1 – Snížená viditelnost – horní mez

Graf č. 2 – Snížená viditelnost – dolní mez

Z výše uvedených grafů 1 a 2 vidíme, že rozdíl minimálních a maximálních dob může činit i více než 4 s, což představuje až 10x delší reakci. S tím, že nejkratší reakční doba je 0,5 s za nesnížené viditelnosti u mladého řidiče ve věku 20 let, kdy má řidič přímý výhled na chodce. Nejdelší dobu, 4,6 s, lze pozorovat za snížené viditelnosti u 50 ti letého řidiče, který se na kritický, nekонтastní objekt dívá pod úhlem větším jak 5°.

Rychlost vozu	Reakční doba řidiče noc 1,5 s	Brzdná dráha os. vozidla	Dráha zastavení osobního vozidla noc
	suchá silnice		
50 km/h	21 m	14 m	35 m
90 km/h	38 m	45 m	83 m
130 km/h	54 m	93 m	147 m
	mokrá silnice		
50 km/h	21 m	19 m	40 m
90 km/h	38 m	63 m	101 m
130 km/h	54 m	130 m	184 m

Obr.2 Brzdná dráha osobního vozidla tlumená světla

### 3 Statistiky

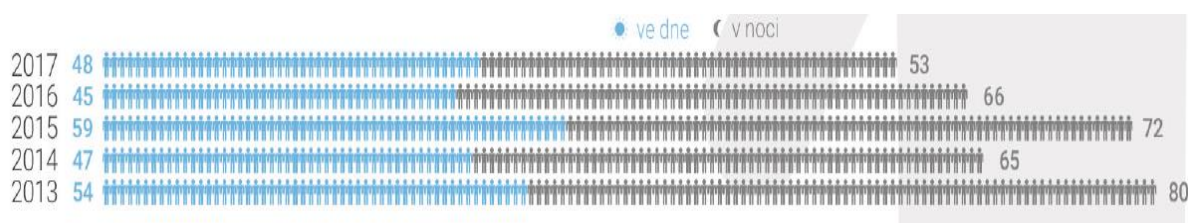
Podle předpokladu Ministerstva dopravy by v roce 2020 na silnicích ČR nemělo být usmrceno více než 80 chodců a těžce zraněno více než 475 chodců. Z další statistiky vyplývá, že každý sedmý člověk, který u nás zemře při dopravní nehodě, je chodec. Přičemž pak každý 8. chodec zemře mimo obec.

#### 3.1 Nehody chodců

Počet nehod s účastí chodce se na celkovém počtu nehod na pozemních komunikacích v roce 2017 podílí 3,3 procenty. Na celkovém počtu osob usmrcených při dopravních nehodách se pak tyto nehody podílejí 19,1 %. Nejčastěji v roce 2017 docházelo ke střetu s chodcem kolem sedmé hodiny ranní, následně od devíti do dvanácti hodin. Nejvíce dopravních nehod se stalo mezi 13. až 18. hodinou (včetně) s nejvyšší četností nehod po 16. hodině (od 16 do 17 hodin došlo ke srážce s chodcem v 281 případech). K nejvyššímu počtu střetů s chodcem došlo v roce 2017 v listopadu (410 dopravních nehod), říjnu (375 nehod) a prosinci (341 nehod). Nejvíce osob při srážce s chodcem bylo usmrceno v červnu a prosinci (shodně 14 usmrcených) a říjnu (13 usmrcených osob). Nejvyšší nárůst počtu fatálních následků byl zaznamenán právě v červnu, jelikož v roce předchozím při střetu s chodcem v červnu nikdo usmrcen nebyl.

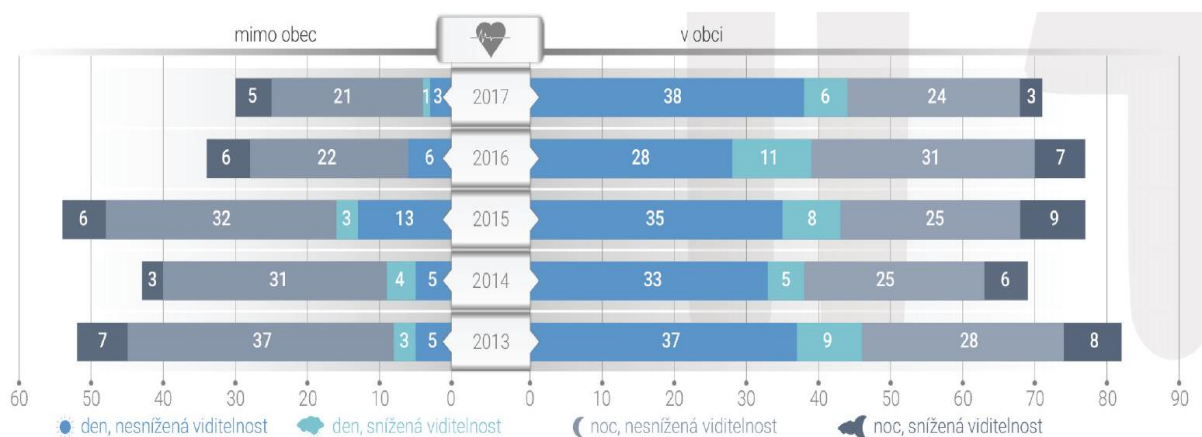
##### 3.1.1 Usmrcení chodci podle denní doby

Při porovnání zemřelých chodců dle denní doby si lze povšimnout, že v roce 2017 zemřelo v obou denních dobách nejméně chodců za posledních 5 let. Oproti roku 2016 poklesl počet usmrcených chodců v noční dobu o 13 osob.



##### 3.1.2 Usmrcení chodci podle viditelnosti

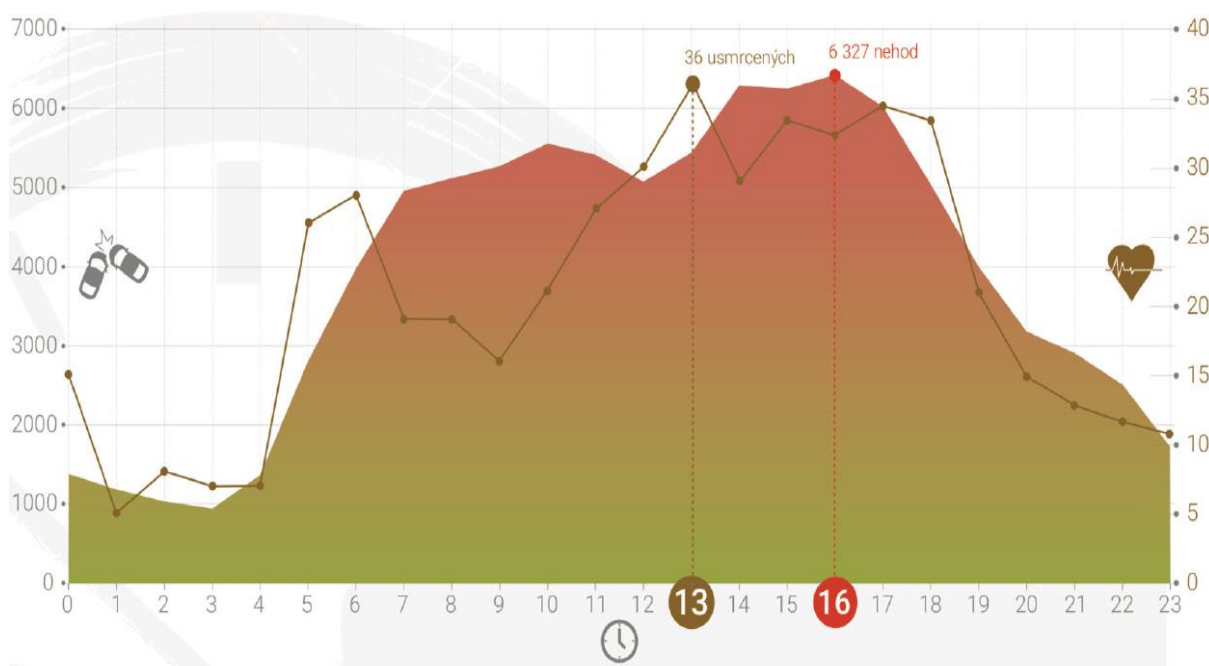
Z porovnání vývoje počtu fatálních následků střetů s chodcem dle viditelnosti v pětiletém období si lze povšimnout, že nejčastěji je zastoupena denní doba s nesníženou viditelností a noční doba rovněž s nesníženou viditelností. Je však nutno podotknout, že v případě pohybu chodce na komunikaci lze za sníženou viditelnost považovat již noc jako takovou.





### 3.1.3 Časové rozložení nehod podle hodiny

Nejvíce dopravních nehod se v roce 2017 stalo mezi 14. a 17. hodinou, s maximem mezi 16. a 17. hodinou, kdy se stalo celkem 6 327 nehod. Nejtragičtější byly nehody, které se staly mezi 13. a 14. hodinou (36 usmrcených osob).



### 3.1.4 Následky dopravních nehod – usmrcené osoby

Mezi nejzranitelnější účastníky v silničním provozu patří i podle dat roku 2017 chodci, řidiči motocyklů a cyklisté. Celkem bylo při dopravních nehodách usmrceno 205 těchto účastníků, což představuje přibližně 41 % všech osob usmrcených následkem dopravní nehody.



### 3.2 Vidíme se?

Většina řidičů, kteří zranili chodce nebo cyklistu, se shodlo na tom, že jej neviděli vůbec nebo příliš pozdě. Aby se tedy naplnil předpoklad snížení dopravních nehod vozidel s chodci, vznikla potřeba řešit noční dopravní prostor, jejímž cílem je zjistit příčiny nočních dopravních nehod z pohledu nočního vidění a naučit chodce používat reflexní prvky.



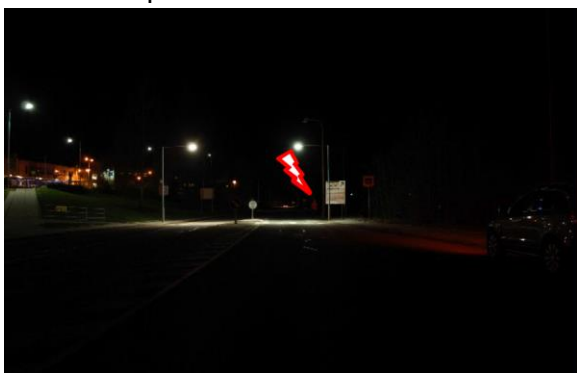
### 4 Nevhodně osvětlený dopravní prostor – příklady z praxe

Nevhodně osvětlení dopravního prostoru zvyšuje riziko dopravní nehodovosti. Pokud se bude řidič pohybovat rychlostí, při které by bezpečně zastavil na předpokládanou vzdálenost – (není vždy pravidlem, že nedojde k dopravní nehodě s chodcem, cyklistou, resp. s překážkou). Na tuto vzdálenost totiž řidič nemusí mít DOHLED.

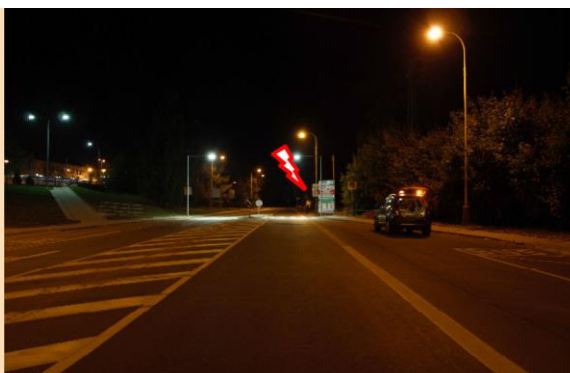
Některé překážky nemá možnost z důvodu světelně technického hlediska rozpoznat na vzdálenost „účinného“ osvětlení vozovky. To hlavně tehdy, kdy nejsou splněny světelně technické podmínky rozpoznání a to např. nedostatečným kontrastem mezi překážkou a pozadím. Při určování rychlosti s ohledem na tzv. dohlednou vzdálenost je nutné vycházet z požadavku, aby vzdálenost, na kterou lze vozidlo bezpečně zastavit, nebyla větší, než na jakou je rozhled (viditelnost). Díky špatnému rozhledu může řidič snadno přehlédnout chodce, cyklistu či jiné vozidlo, a způsobit tak dopravní nehodu.

#### 4.1 Přechody pro chodce na přímém úseku, jejich okolí – adaptační zóna

##### Přechod 1 příklad 1

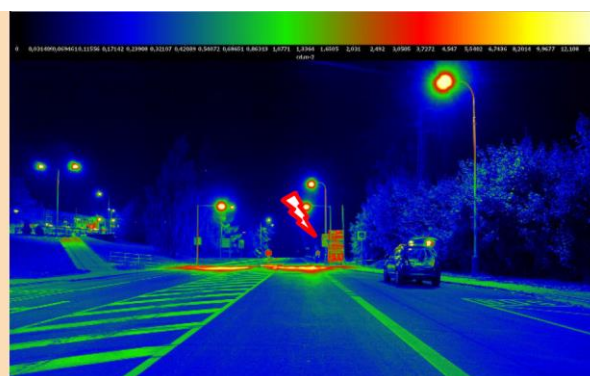
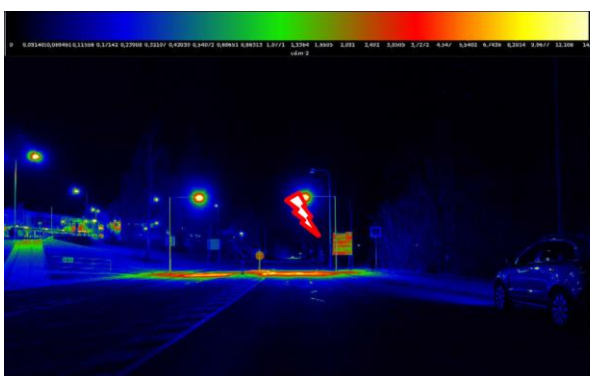


Osvětlený přechod 1 bez adaptační zóny

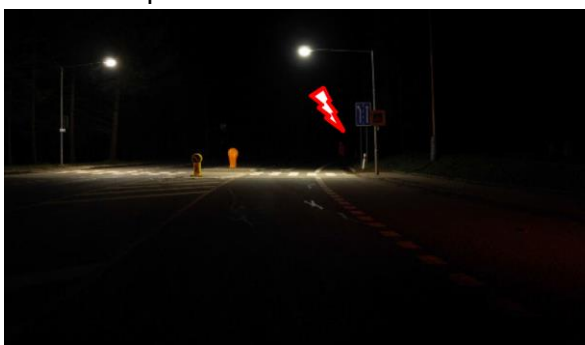


Osvětlený přechod 1 s adaptační zónou

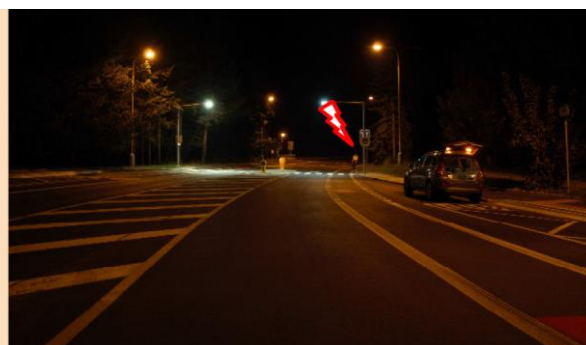
V rámci úspor starosta nechal na komunikaci 1 třídy vypnout VO, ponechal svítit jen přisvětlení přechodů.



##### Přechod 2 příklad 2



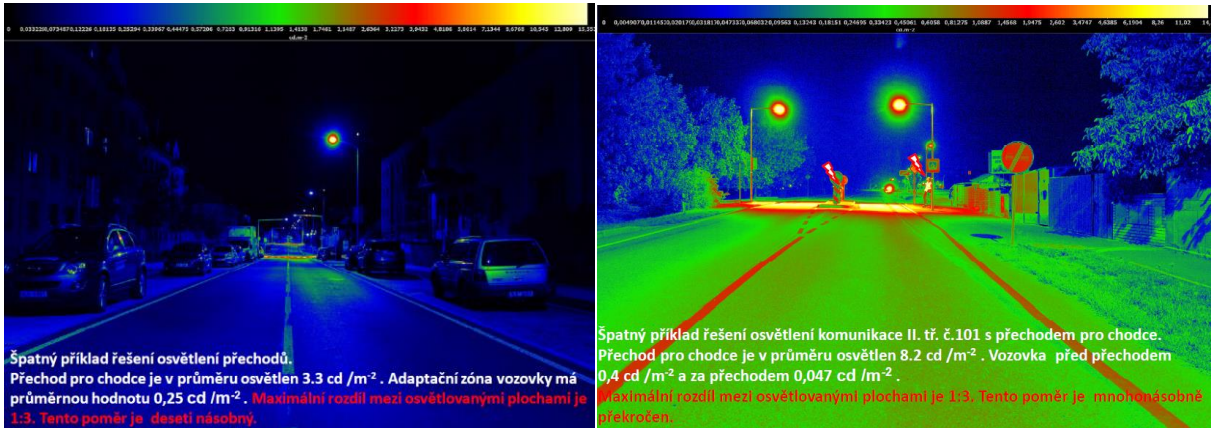
Osvětlený přechod 2 bez adaptační zóny



Osvětlený přechod 2 s adaptační zónou

##### Dva přechody příklad 3–4



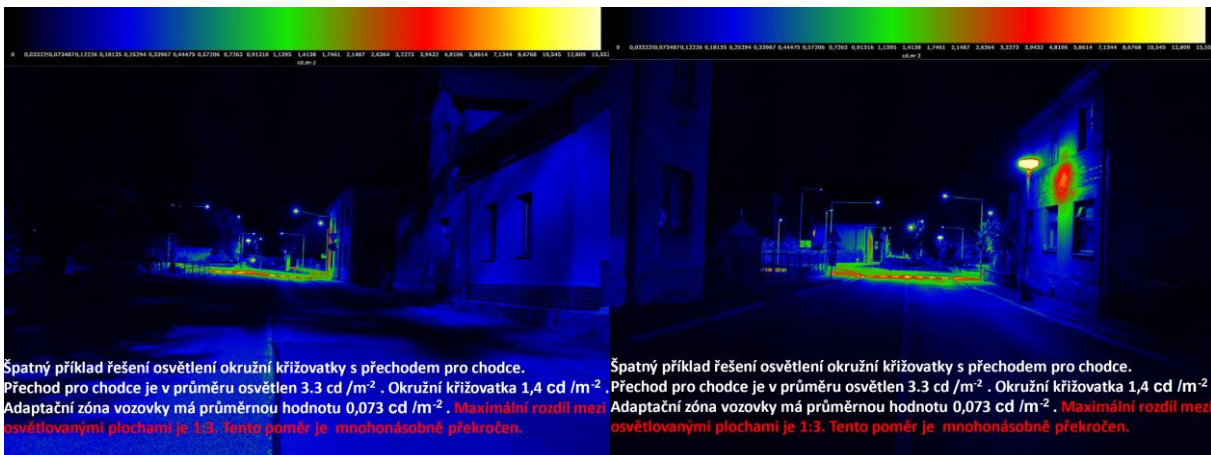


Analýza jasu dopravního prostoru jednoznačně prokazuje že chodec za přechodem je bez adaptační zóny neviditelný tím pádem přehlédnutelný.

## 4.2 Přechody pro chodce na okružních křižovatkách, jejich okolí – adaptační zóna

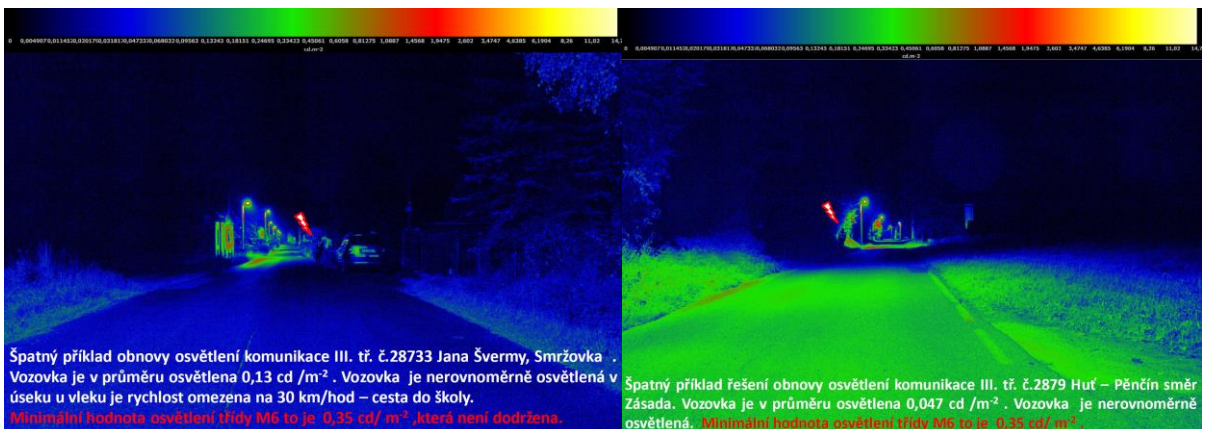
Příklad 1 okružní křižovatky s přechodem

Nedostatečně osvětlená výjezdová ramena s přechodem pro chodce z OK. Špatná adaptace na rozdíl jasů v dopravním prostoru.



## 4.3 Rekonstrukce VO na komunikacích III. tříd

Příklady výměna výbojkových svítidel 150 W za technologii LED



Chodec figurant na krajnici vozovky ve směru pohledu je vzdálen 30 m. Je oblečen do tmavých kalhot, červené bundy, přes kterou má oblečenou reflexní vestu. Celková výška figury je 1,9 m.

## 5 Závěr

Podstatným znakem pozornosti je pohyblivost, která se vysvětluje jako rychlé přenášení pozornosti z podnětu na podnět, a tedy rychlá změna daných pozorovaných objektů. Charakteristikou pro rychlost přechodu ze stavu relativního klidu je tzv. vigilance. Značí, že řidiči jsou pohotoví jen v případě dobrého vidění v dopravním prostoru. V některých případech svojí neznalostí tento dopravní prostor degradujeme na prostor života nebezpečný.

## Literatura a odkazy

- [1] ANALÝZA VIDĚNÍ ZKUŠENÝCH A NEZKUŠENÝCH ŘIDIČŮ A ZÁVĚRY O BEZPEČNOSTI PROVOZU, Univ. Prof. DI Dr. Ernst PFLEGER, Chairman of EVU-Austria, EPIGUS-Institute of holistic accident and safety research, Schmerlingplatz 3/7, 1010 Wien, e-mail: ernst@pfleger.cc
- [2] ANALÝZA DOBY, KTEROU ŘIDIČ POTŘEBUJE K VYHODNOCENÍ SITUACE ZA A PŘED VOZIDLEM. Bradáč, Albert, Ing., Ph.D., Ústav soudního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, ing.bradac@usi.vutbr.cz
- [3] ROČENKA NEHODOVOSTI NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH V ČESKÉ REPUBLICE V ROCE 2017, Ředitelství služby dopravní policie ČR
- [4] SOUBOR PŘEDNÁŠEK INSTRUKČNĚ METODICKÉHO ZAMĚSTNÁNÍ DOPRAVNÍCH INŽENÝRŮ SLUŽBY DOPRAVNÍ POLICIE ČR , Jiří Tesař, Česká společnost pro osvětlování , region Liberecký , Janáčkova 217/11, 466 06 Jablonec nad Nisou.

## **Stanovení parametrů osvětlení na pozemních komunikacích dle ČSN CEN/TR 13201-1 (výběr tříd osvětlení 9/2016), tam kde neznáme intenzitu dopravy**

Jiří Tesař, Ondřej Dolejší, pobočný spolek ČSO Liberec, cso-liberec@artmetal-cz.com

*Abstrakt: Po aktualizaci národní normy ČSN CEN/TR 13201-1 (verze 9/2016), dohází k velké nejednoznačnosti v zařídování jednotlivých tříd osvětlení v dopravním a veřejném prostoru. Doporučení na základě jednotlivých vah dopravního prostoru nezaručuje že hladina osvětlení bude v souladu s požadavkem bezpečného dohledu např. řidiče.*

### **1 Úvod**

Určení, respektive stanovení přijatelné hladiny osvětlované plochy musí vycházet ze znalosti a potřeb osvětlovaného prostoru. U pozemních komunikací by tento požadavek měl zásadně vycházet z pasportu místních komunikací který je zpracováván na základě ČSN 73 6101 (projektování silnic a dálnic), dále ČSN 73 6110 (projektování místních komunikací). Tato norma přesně definuje funkční třídy místních komunikací, dále členěním místních komunikací podle struktury osídlení, dopravního významu a vazby na komunikace ve volné krajině navazující na komunikace vyšších tříd. Bez dokonalé znalosti dopravního prostoru návrhové a požadované jízdní rychlosti km/h v závislosti na intenzitě dopravního proudu členěného aspoň po hodinách není možné stanovit přijatelnou hladinu osvětlení po celou dobu provozu osvětlení v jednotlivých dopravních špičkách, dnech a ročních období osvětlovaného dopravního prostoru. Dalším důležitým aspektem je noční nehodovost stále se opakujících DN nejen v křižovatkovém, mezi křižovatkovém prostoru ale i v oblastech rozhraní intravilánu a extravilánu při křížení významnějších dopravních cest.

V současné době je problém se získáním dat o intenzitě zatížení motorovou dopravou na pozemních krajských komunikacích II. a III. tříd. Stanovit intenzitu dopravy pro místní komunikace je problém asi největší, sčítání dopravy se na těchto komunikacích provádí výjimečně. Místní komunikace mají přitom největší zastoupení v rozsahu soustav VO, převažující jsou místní komunikace III. třídy v pasportu komunikací označované písmenem c. Pro tento typ komunikací se převážně používá třída osvětlení P3 až P6, bohužel na těchto komunikacích dochází k výrazně vyššímu počtu nočních dopravních nehod v závislosti na počtu projetých vozidel. Vysvětlení proč tomu tak je nemám jen se domnívám, že vodorovná osvětlenost tohoto dopravního prostoru daná třídou osvětlení P není z hlediska nočního vidění a dohledu z vozidla ideální (řidič není pilot letadla). Pro orientaci řidiče v dopravním prostoru jsou zejména důležité svislé vertikální hladiny osvětlení zejména v oblastech se zvýšeným rizikem výskytu možnosti srážky s překážkou na vozovce.

Spolupráce na výzkumu příčin dopravních nehod vzniklých na síti pozemních komunikací ČR za snížené viditelnosti s názvem „Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci“ je i analýza intenzit motorové dopravy v závislosti na nehodovosti v jednotlivých osvětlovaných prostorech v základním členění komunikační sítě. Za podpory odboru služby dopravní policie krajského ředitelství moravskoslezského kraje a policejního ředitelství služby dopravní policie byla zpracována

příkladová studie městské aglomerace Karviná. Studie obsahuje všechny druhy pozemních komunikací včetně intenzity dopravy po hodinách a dnech v měsíčním časovém úseku.

## 2 Jak řešit neznámé intenzity dopravy v jednotlivých nočních hodinách

### 2.1 Data z celostátního sčítání dopravy 2016

Na webových stránkách <http://scitani.rsd.cz/> jsou uvedené poslední výsledky celostátního sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR2016 a poskytují informace o průměrných intenzitách automobilové dopravy na dálniční a silniční síti ČR v roce 2016 a metodicky navazují na výsledky z předchozích CSD (především CSD2010 a starší).

Na silnicích jsou intenzity dopravy stanoveny z výsledků ručních průzkumů podle termínů CSD 2016 pomocí přepočtových koeficientů variací intenzit dopravy. Stejně jako CSD2010 byly koeficienty zpřesněny a diferencovány podle charakteru provozu na komunikaci. Uváděné hodnoty jsou ročním průměrem denních intenzit dopravy (RPDI) ve vozidlech za 24 hodin.

Tabulka sčítacího úseku je sice rozdělena na den, večer a noc ale bohužel bez možnosti náhledu po jednotlivých hodinách. Viz tab. 1, příklad sčítacího úseku na místní sledované komunikaci.

Sčítání dopravy 2016 (sč.úsek: 4-4801)													... význam zkratk				
Roční průměr denních intenzit dopravy		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - všechny dny	voz/den	552	119	9	50	1	0	67	0	5	5	808	7 761	50	8 619		
		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - pracovní den (Po-Pá)	voz/den	674	145	11	61	1	0	78	0	6	6	982	8 907	47	9 936		
RPDI - volné dny (mimo svátky)	voz/den	247	53	4	22	0	0	41	0	2	2	371	4 896	59	5 326		
<b>Hodinová intenzita dopravy</b>												TV	SV				
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											96	1 056				
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											91	1 027				
<b>Těžká nákladní vozidla - TNV</b>												TNV					
Hodnota TNV	voz/den											298					
<b>Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty</b>												OA	NA	NS	Celkem		
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den											6 350	725	9	7 084		
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den											1 008	26	0	1 034		
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den											453	47	1	501		
<b>Emise</b>												OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											1 008	71	23	1	9	1 112
<b>Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy</b>												alfa	beta	gamma	PS		
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy	-											0.74	1.09	0.68	52:48		
<b>Intenzita cyklistické dopravy</b>												C					
Cyklistická doprava	cyklo/den											86					

Tab.1 příklad výpisu RPDI sčítacího úseku sledované místní komunikace

### 2.2 Data z místních statických radarů se záznamem dat.

Skoro ve všech městech jsou instalované statické radary se záznamem dat. V obcích jsou umístované na průjezdních komunikacích nižších tříd zejména při vjezdu do obce. Prostřednictvím služby dopravní policie moravskoslezského kraje jsme požádali o dodání dat z těchto radarů. Jako vzorovou aglomeraci jsme vybrali oblast města Karviná kde se nachází všechny druhy pozemních komunikací, na kterých jsou k dispozici uvedené radary. Zpracování dat a výpočet RPDI je kompletně popsán v příspěvku Ondry Dolejšího, „Noční dopravní nehody v závislosti na intenzitě dopravy v osvětlení intravilánu měst a obcí na komunikacích I., II., III. tříd, včetně místních komunikací“.

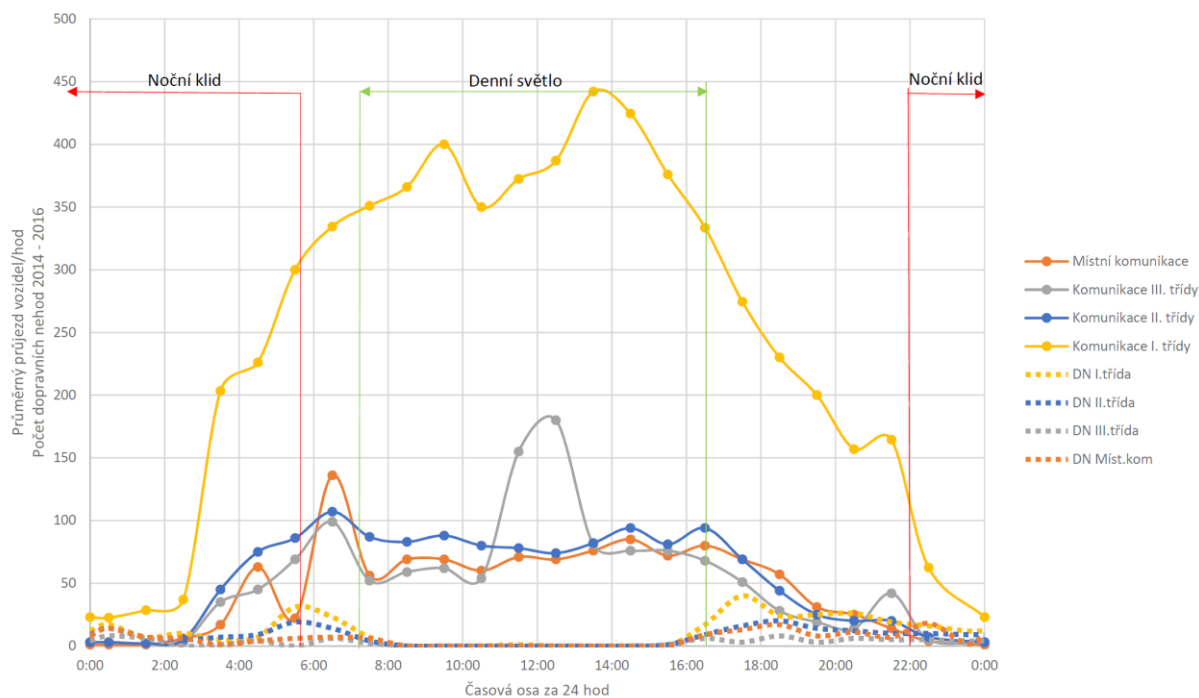
Získaná data v časové ose se dají pomocí mediánu přepočítat a implementovat do podobné aglomerace kdekoli v České republice. Velice významná oblast časové osy je mezi 23:30 hod až 5:30 kdy je motorová doprava na nejnižších hodnotách a v některých případech místních komunikací nulová.

Dnes již tento známý údaj nám dává ucelený obraz o celém dopravním prostoru ve všech oblastech a umožňuje nám navrhnout přijatelné osvětlení dopravního prostoru s minimálním rizikem noční nehodovosti.

Postupně zpracovávaná data RPDI by pak měla sloužit jako základní doporučení pro stanovení tříd osvětlení nočního dopravního prostoru v závislosti na shledích nočních dopravních nehod, které jsou volně přístupné na webových stránkách <http://avison.cdvinfo.cz>.

Příklad zpracovaných dat RPDI v časové ose 24 hodin a dopravní nehodovosti je vidět na obr. 1. s vyjádřeným grafem průběhu dopravy na všech typech komunikací.

Intenzita dopravy v průběhu 24 hodin - data z kontrolních radarů se sběrem dat vypočtený průměr roku 2017 - intravilán města Karviná



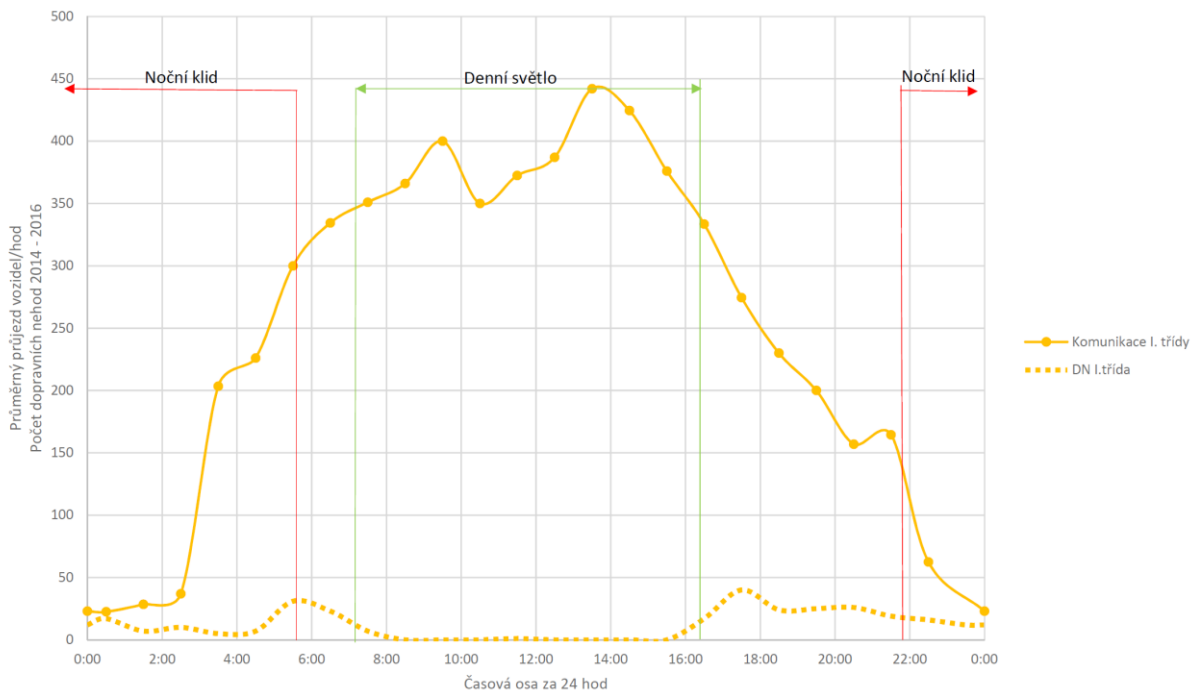
Obr.1 Časová osa intenzity dopravy

Z grafu je patrné že špičky dopravy na jednotlivých komunikacích nejsou časově shodné. Přibližná shoda je v časovém pásmu 6:00 - 8:00 hod u místních komunikací a komunikací II. a III. tříd.

### 2.3 Průběh časové osy RPDI a DN na jednotlivých třídách komunikací.

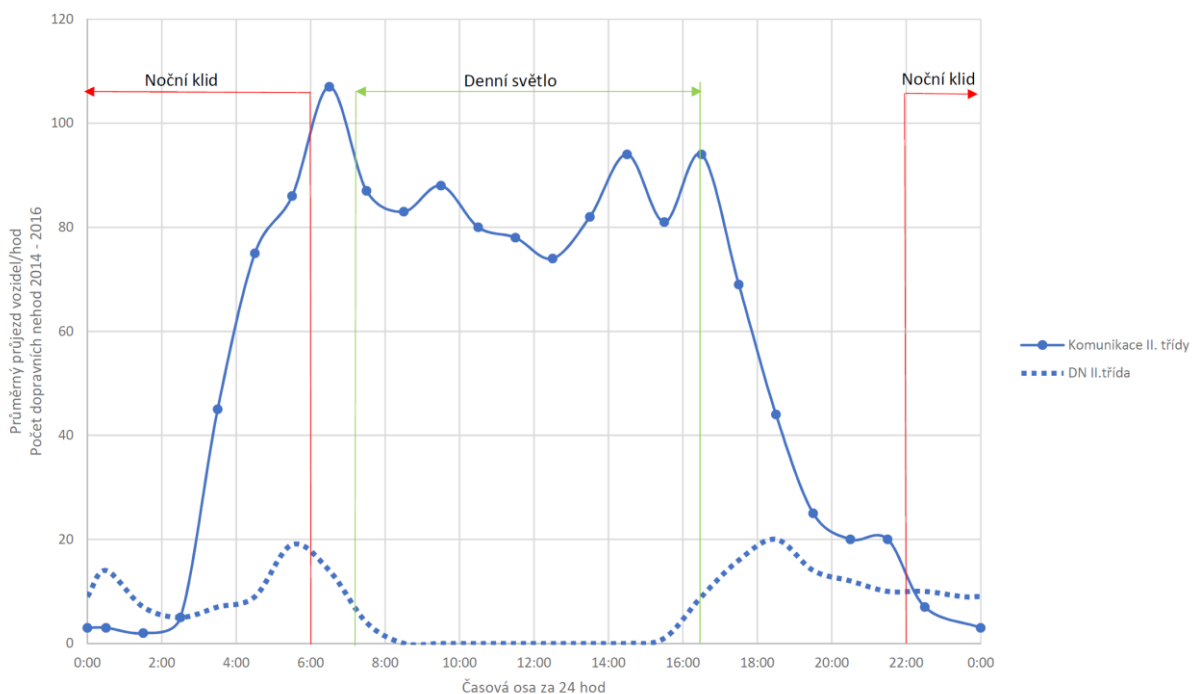
Na jednotlivých obrázcích je v grafu vyjádření počtu projetých vozidel na počet dopravních nehod v období roků 2014/2016.

Intenzita dopravy v průběhu 24 hodin - data z kontrolních radarů se sběrem dat vypočtený průměr roku 2017 - intravilán města Karviná



Obr.2 Komunikace I. třídy graf průběhu časové osy

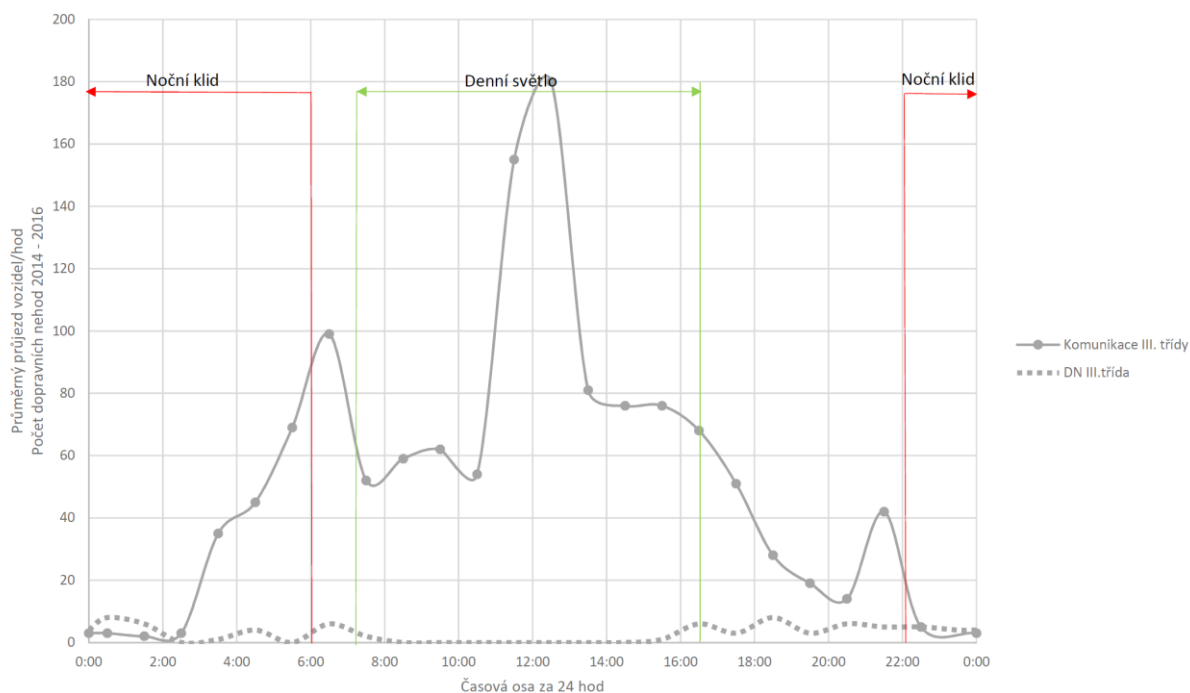
Intenzita dopravy v průběhu 24 hodin - data z kontrolních radarů se sběrem dat vypočtený průměr roku 2017 - intravilán města Karviná



Obr.3 Komunikace II. třídy graf průběhu časové osy

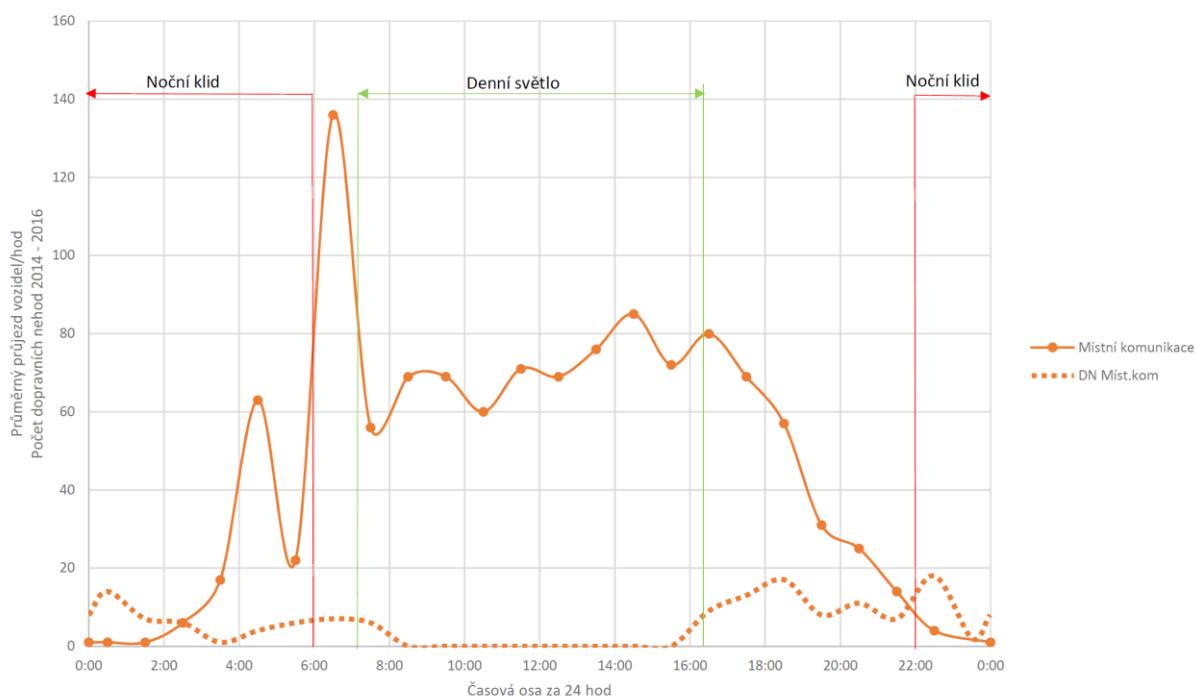


Intenzita dopravy v průběhu 24 hodin - data z kontrolních radarů se sběrem dat vypočtený průměr roku 2017 - intravilán města Karviná



Obr.4 Komunikace III. třídy graf průběhu časové osy

Intenzita dopravy v průběhu 24 hodin - data z kontrolních radarů se sběrem dat vypočtený průměr roku 2017 - intravilán města Karviná



Obr.5 Místní komunikace III. třídy graf průběhu časové osy

Vztah mezi nehodovostí na místních komunikacích a intenzitou dopravy je velice zajímavý. Křivka počtu DN je nad křivkou intenzity dopravy. Ve vztahu k veřejnému osvětlení si to vysvětlují jediným možným způsobem, a to že tam jsou špatné jasové poměry mezi vozovkou a jejím okolím.

### 3 Statistika nočních dopravních nehod v roce 2017 podle viditelnosti

#### 3.1 DN V NOCI S VO NEZHORŠENÁ VIDITELNOST

Celkem nehod Česká republika	12 462
Počet nehod s usmrcením	41
Počet nehod s těžkým zraněním	193
Počet nehod s lehkým zraněním	1 792
Počet nehod s hmotnou škodou	10 436
Usmrceno	43
Těžce zraněno	208
Lehce zraněno	2 218
Způsobená hmotná škoda celkem ve 100 Kč	6 828 974

#### 3.2 DN V NOCI S VO ZHORŠENÁ VLIVEM POVĚTRNOSTNÍCH PODMÍNEK

Celkem nehod Česká republika	1 172
Počet nehod s usmrcením	5
Počet nehod s těžkým zraněním	26
Počet nehod s lehkým zraněním	204
Počet nehod s hmotnou škodou	937
Usmrceno	5
Těžce zraněno	26
Lehce zraněno	267
Způsobená hmotná škoda celkem ve 100 Kč	668 941

#### 3.3 DN V NOCI BEZ VO NEZHORŠENÁ VIDITELNOST

Celkem nehod Česká republika	10 931
Počet nehod s usmrcením	90
Počet nehod s těžkým zraněním	184
Počet nehod s lehkým zraněním	1 381
Počet nehod s hmotnou škodou	9 276
Usmrceno	97
Těžce zraněno	239
Lehce zraněno	2 018
Způsobená hmotná škoda celkem ve 100 Kč	6 780 825

#### 3.4 DN V NOCI BEZ VO ZHORŠENÁ VLIVEM POVĚTRNOSTNÍCH PODMÍNEK

Celkem nehod Česká republika	1 574
Počet nehod s usmrcením	11
Počet nehod s těžkým zraněním	25
Počet nehod s lehkým zraněním	291
Počet nehod s hmotnou škodou	1 247
Usmrceno	11
Těžce zraněno	27
Lehce zraněno	412
Způsobená hmotná škoda celkem ve 100 Kč	1 252 465

Z uvedené statistiky dopravních nehod v roce 2017 s VO a bez VO je diametrální rozdíl v počtu smrtelných nehod. Je to zapříčiněno vyšší povolenou rychlostí ale i špatnými jasovými poměry v dopravním prostoru.



#### 4 Závěr

Z předložených dat závislosti nočních dopravních nehod a intenzit dopravy na jednotlivých typech komunikací vyplývá že noční dopravní prostor je velice nebezpečný. Navržení správného osvětlení má veliký význam ve snižování příčin nočních dopravních nehod. Při správně navrženém osvětlení má uživatel dopravního prostoru větší přehled o okolí komunikace. Zvolit správnou hladinu osvětlení dopravního prostoru není jednoduché záležití na citu a zkušenostech světelného technika který by měl znát souvislosti dopravního inženýrství.

Když vezmu například určitý typ komunikace tak 5 techniků z 10 navrhne jinou hladinu osvětlení. Ten rozdíl je dán přístupem každého z nás, někdo se tam zajede večer podívat, někomu stačí jen ortofoto, Google StreetView atd.

Tento příspěvek neslouží jako návod pro zpracování světelně technických parametrů zařídění komunikací, má vyvolat diskusi na zpřesnění a zkvalitnění postupů dle ČSN CEN/TR 13201-1, které v současné době považuji za zmatečné a nejednoznačné. Každý dopravní prostor je jedinečný a neopakující se. Doufáme, že prováděný výzkum nočního dopravního prostoru přispěje i k doplnění požadavků ČSN CEN/TR 13201-1.

#### Literatura a odkazy

- [1] Ondřej Dolejší Noční dopravní nehody v závislosti na intenzitě dopravy v osvětlení intravilánu měst a obcí na komunikacích I., II., III. tříd, včetně místních komunikací.
- [2] BÍL, Michal, Jiří SEDONÍK a Richard ANDRÁŠIK. Dopravní nehody v noci, za svítání a za soumraku v České republice: prostorová analýza. Ostrava, 2017. ISBN 978–80–248–4104–5.
- [3] Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky, texty a grafy připravili pplk. Mgr. Jan Straka a kpt. Ing. Jana Fabiánová.

## **Zkušenosti z instalace a provozu nových osvětlovacích soustav elektrických stanic PS z hlediska ekonomiky investice a ekonomiky provozu**

Ivo Ullman, Ing., Ph.D. ČEPS, a.s. Praha, ullman@ceps.cz, www.ceps.cz

*Abstrakt: Nové osvětlovací soustavy jsou realizovány v elektrických stanicích přenosové soustavy ČEPS, a.s. tak, aby vyhovovaly požadavkům ČSN EN 12464-2 a 12464-1 a zároveň, aby zajišťovaly dostatečnou kamerovou osvětlenost pro dálkový dohled elektrických stanic. Správná instalace svítidel je řešena projektem a následnou realizací. Výsledné řešení je kontrolováno závěrečným měřením. Je kladen důraz na ekonomickou realizaci s cílem dosažení požadovaného osvětlení ve vztahu k bezpečnosti elektrických stanic.*

### **1 Úvod**

V přenosové soustavě byly rekonstruovány a vystavěny nové elektrické stanice za účelem dálkového ovládání. Tím se změnil náhled pro venkovní osvětlení rozveden a transformátorů. Osvětlení v dálkově ovládaných stanicích slouží jednak k bezpečnosti práce při snížených světelných podmínkách, případně v noci. Dále venkovní osvětlení zajišťuje správnou funkci kamer dálkového dohledu a je třeba správně volit kamerovou osvětlenost. Elektrické stanice jsou situovány většinou mimo městskou zástavbu ve volné přírodě a je nutno zajistit minimální vliv na okolní krajinu – omezit rušivé osvětlení.

Požadavky na nové osvětlovací soustavy je třeba řešit v projektové dokumentaci, správnou volbou venkovního osvětlení rozveden, transformátorů, komunikací a oplocení. Dodržení projektu je vhodné kontrolovat při realizaci stavby, zejména pak při závěrečném měření.

### **2 Technická norma ČEPS**

Základní požadavky na osvětlování venkovních prostorů vycházejí z norem ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlování - Osvětlování pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory a ČSN CEN/TR 13201-1-4 Osvětlení pozemních komunikací.



<b>TECHNICKÁ NORMA</b>	
<b>Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS</b>	
TN/59/2016 revize č. 3	Vydavatel: 11000
	Zpracovatel: 11431 Ing. Ivo Ullman, Ph.D.

Obr.1 Technická norma ČEPS

První technická norma ČEPS **TN/59/2009 Venkovní osvětlení v elektrických stanicích** vyšla v roce 2009, kde byly stanoveny podmínky pro osvětlení rozveden, stanovišť transformátorů, tlumivek, pro osvětlení komunikací a pro hlídací osvětlení. Byly stanoveny základní parametry pro osvětlení hlídací, komunikací, provozní a přidavné osvětlení, rovněž byly určeny parametry pro rušivé osvětlení.

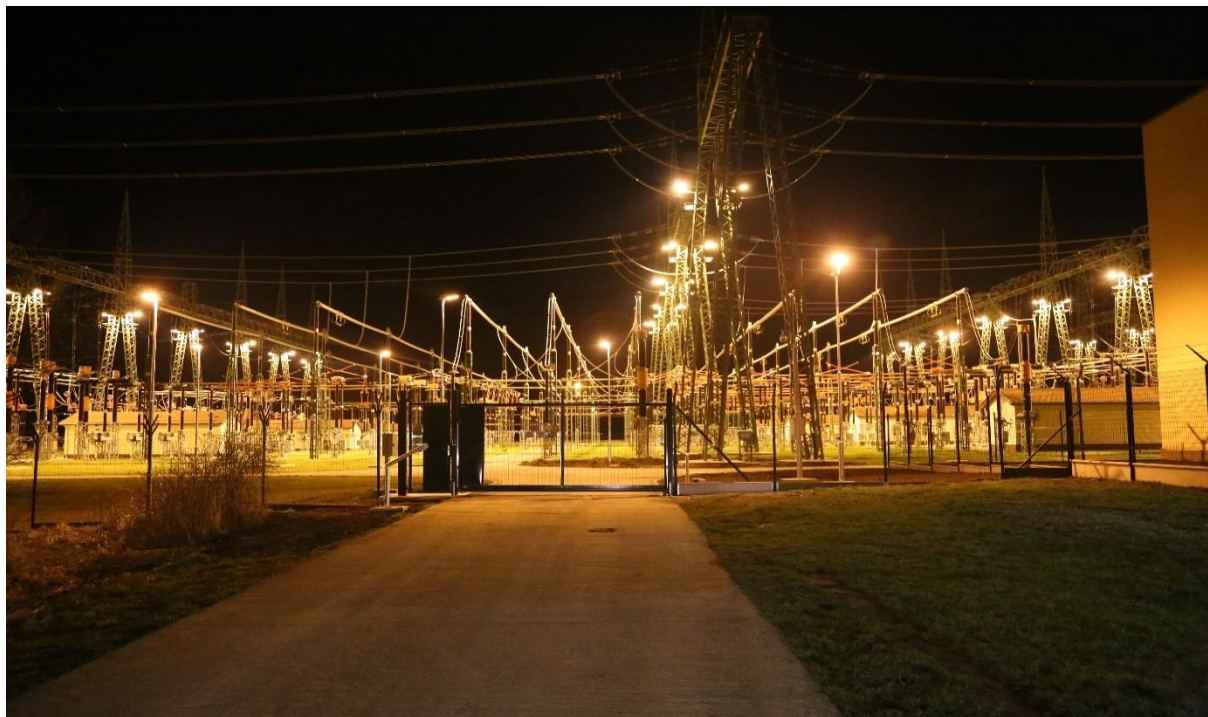
Dále byla tato norma aktualizována až na aktuální platnou technickou normu ČEPS **TN/59/2016 Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS**. V této normě jsou zahrnuty požadavky na osvětlení uvnitř objektů PS a vychází z normy ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlování - Osvětlování pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory.

TN/59 je závazná pro projektanty, pro provoz i údržbu osvětlení.

Jsou zde definovány požadavky na projekt, kde je proveden světelný výpočet tak, aby byly splněny hodnoty osvětlenosti stanovené normou ČSN pro konkrétní pracovní úkony. Zároveň je kladen důraz na úspornost při návrhu osvětlení, aby nebyla zbytečně instalována svítidla a aby nebyly osvětlovány místa, kde se nepředpokládá práce za snížených světelných podmínek.

Z hlediska osvětlení pro kamerový systém dálkového dohledu je požadována kamerová osvětlenost zejména kolem oplocení (hlídací osvětlení), osvětlení vjezdové brány a vstupů do domků v elektrické stanici.

Jedním z důležitých požadavků TN/59 je závěrečné měření venkovního osvětlení po dokončené montáži a „zahoření“ svítidel. Při měření se ověřuje splnění požadavků světelného výpočtu, správné osvětlení pro kamerový systém, a to umožňuje zpětnou vazbu pro projektanty při řešení dalších projektů venkovního osvětlení elektrických stanic.



Obr.2 Osvětlení rozvodny R420 kV

### 3 Projekt a realizace

Podle technické normy TN/59 a dalších TN ČEPS je vypracována projektová dokumentace. Venkovní osvětlení je součástí stavební části projektu jako stavební objekt SO 340 Venkovní osvětlení. Vnitřní osvětlení je součástí stavebních objektů SO 528 Centrální domek a SO 527 Domky sekundární techniky, případně SO pro další budovy (ČZV, sklad ochranných pomůcek apod.)

Projektová dokumentace je podkladem pro výběrové řízení na dodavatele akce. Vybraný dodavatel stavby je povinen dodržovat požadavky TN ČEPS, zejména pokud provede změny oproti projektu, musí však dodržet technické specifikace dané projektem a TN.

#### 3.1 Hlavní části projektové dokumentace DZA, DSP, DPS a DSPS

Základní představu o venkovním osvětlení popisuje **DZA – Dokumentace zadání akce**. Je zde v textu popsáno provedení venkovního osvětlení, použité typy svítidel a zdrojů, umístění v rozvodně a použití LED svítidel pro hlídací osvětlení a osvětlení komunikací.

V projektu **DSP – Dokumentace pro stavební povolení** je proveden světelný výpočet a rozmístění svítidel na konstrukci a na sloupech kolem komunikací a kolem oplocení. S ohledem na celkovou představu venkovního osvětlení elektrické stanice je tato fáze projektu velmi důležitá a umožní zvolit úspornější řešení z hlediska nákladů na stavbu, přičemž musí být dodrženy požadavky TN/59.

Další částí projektu je **DPS – Dokumentace pro provedení stavby**, kde je podrobně řešena osvětlovací soustava včetně upevňovací konstrukce svítidel na HOK – Hlavní ocelové konstrukci. Dále je v DPS řešeno ovládání venkovního osvětlení – místní a dálkové ve vazbě na Technický systém fyzické ochrany TSFO. Podle světelného výpočtu je detailně řešeno provozní osvětlení rozvoden a stanovišť transformátorů, včetně terciárů a kompenzačních tlumivek. Kamerová osvětlenost je řešena s ohledem na rozmístění kamer TSFO, je vhodné, aby projektant spočítal kamerovou osvětlenost pro důležitá místa – vjezdová brána a vstupy do domků. Podle toho pak vhodně upravil použitá svítidla – asymetrická charakteristika a správné natočení a naklonění svítidel.



Obr.3 Osvětlení jednotek transformátoru 400/220 kV

Po provedené realizaci a dokončené montáži svítidel a po odzkoušení ovládání osvětlení je nutno požadovat **DSPS – Dokumentaci skutečného stavu provedení stavby**. Tato DSPS je předávána 2 x s opravami tužkou a následně pak v čistopise ji dodá projektant v elektronické i v papírové podobě.

### 3.2 Realizace akce a závěrečné měření osvětlení

Po výběrovém řízení na provedení akce je instalace venkovního a vnitřního osvětlení subdodávkou stavebního dodavatele nebo ji stavební dodavatel dělá svými lidmi. Je požadováno dodržení projektové dokumentace, pokud dodavatel navrhne jiná svítidla, musí dodržet výsledky světleného výpočtu a také technickou specifikaci svítidel.

V průběhu montáže svítidel venkovního osvětlení je kontrolováno naklonění a natočení svítidel dle projektu. Je to rychlejší a méně náročnější, než chybná natočení a naklonění svítidel opravovat po dokončené montáži.

Venkovní osvětlení je zprovozňováno po jednotlivých etapách rekonstrukce rozvodny a tak může být již zapnuto v průběhu stavby. To napomáhá k zvýšení bezpečnosti stavby, když montáže pokračují i po setmění.

Důležitou částí rekonstrukce a stavby nových elektrických stanic je závěrečné měření venkovního osvětlení ve vazbě na kamerový systém TSFO. Tohoto měření se zúčastní jak dodavatel montáže venkovního osvětlení, projektant, specialista technického odboru ČEPS, technik údržby kamerového systému a technik údržby venkovního osvětlení. Měření osvětlení provádí Česká společnost pro osvětlování, která po provedeném měření dodá zprávu o měření, kde je vyhodnoceno celkové měření s návrhy pro provedení úprav. Toto je nejlepší zpětná vazba pro projektanta i pro zpracovatele technické normy TN/59.

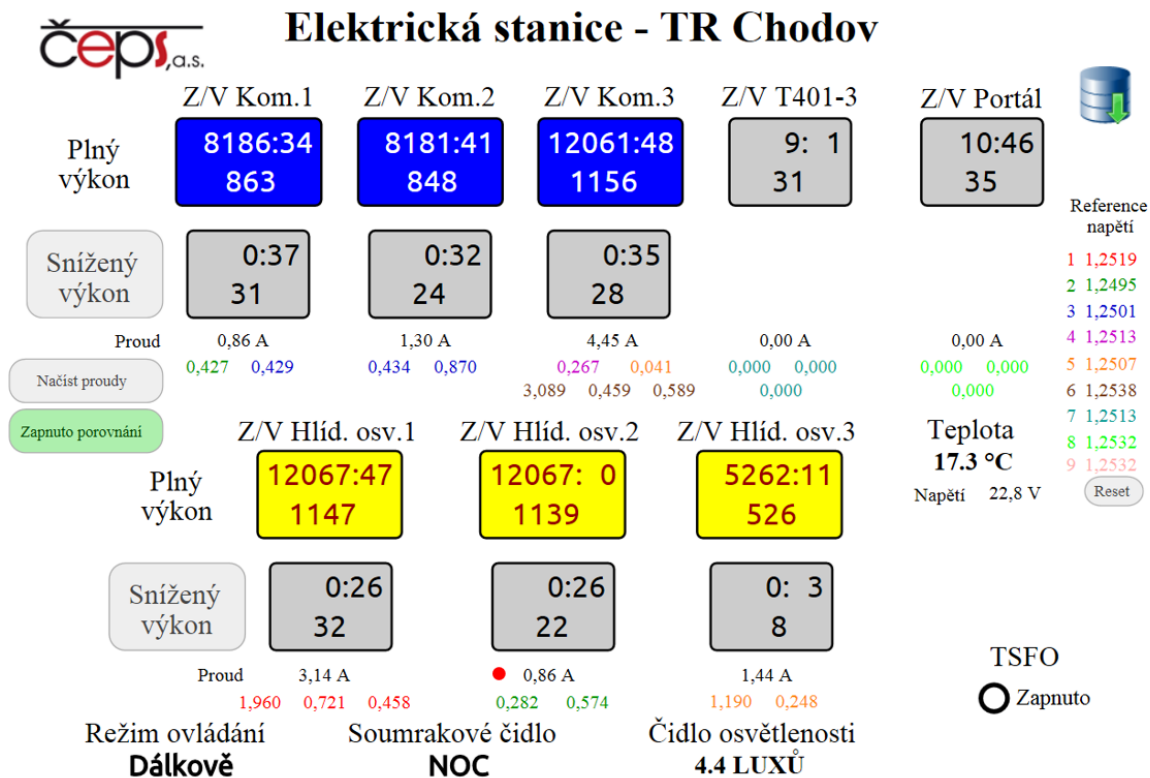
## 4 Provoz a údržba venkovního osvětlení elektrických stanic

Po instalaci nových osvětlovacích soustav došlo i k výrazné změně při provozu a údržbě. Použitá svítidla jsou vybírána podle multikriteriální analýzy nabízených svítidel. Nejsou vybírána nejlevnější svítidla, ani nejdražší, ale jsou navrhována svítidla, která splňují technickou specifikaci a mají přijatelnou cenu.

Původní staré osvětlovací soustavy vyžadují nákladnou údržbu, častá výměna halogenových svítidel, ale i sodíkových. Je nutná údržba svítidel, čištění vnitřních částí, rovněž staré kabely vyžadují výměnu kvůli sníženému izolačnímu stavu.

Provoz nových osvětlovacích soustav je monitorován ovládacím systémem PLC a zajišťuje diagnostiku svítidel s ohledem na provozní hodiny, počet sepnutí, případně měří proud v jednotlivých vývodech. Z takto získaných dat provozu svítidel lze snížit požadavky na údržbu svítidel, která tvoří v dálkově ovládaných stanicích značný náklad.





Obr.4 Monitoring provozu venkovního osvětlení TR Chodov

## 5 Ekonomika investice a ekonomika provozu

Požadavek na účelné využívání nákladů pro provoz přenosové soustavy, včetně jejího rozšiřování, klade nároky na ekonomické řešení projektu – investice do nové osvětlovací soustavy. To souvisí s ekonomikou provozu, snižování nákladů na provoz a údržbu osvětlení. Vynecháním údržby na základě monitorovaných dat přináší možnost výrazného snížení nároků a nákladů na údržbu osvětlení.

## 6 Závěr

Instalace nových osvětlovacích soustav zejména venkovního osvětlení jsou v ČEPS realizovány dle technické normy TN/59 od roku 2009. Měření byly již prováděny v letech 2007-2008 a zkušenosti jsou již desetileté. Za tuto dobu i vývoj svítidel doznal značného pokroku a nové poznatky byly využívány v projektech rekonstrukce a stavby nových elektrických stanic ČEPS. Kromě požadavků na světelné parametry dle ČSN EN 12464-2 byl akceptován požadavek na ekonomiku instalace a provozu osvětlení a na základě těchto požadavků byly projektovány a instalovány nové osvětlovací soustavy.

Byly dosaženy dobré výsledky při instalaci osvětlení elektrických stanic, které byly na závěr kontrolovány závěrečným měřením ve vztahu na kamerový systém. Tato zpětná vazba umožňuje realizovat nové projekty na vyšší úrovni s odstraněním vad předchozích projektů.

## 7 Poděkování

Výsledky dosažené u nových osvětlovacích soustav elektrických stanic ČEPS jsou výsledkem týmové spolupráce odborníků a specialistů na vysoké odborné úrovni. Poděkování patří zejména České společnosti pro osvětlování – regionální skupina Ostrava, prof. Ing. Karlu Sokanskému, CSc. a doc. Ing. Tomáši Novákovi, Ph.D. a celému dalšímu kolektivu, včetně projektantů projektujících pro ČEPS.

## Literatura a odkazy

- [1] TN 59 Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS – Technická norma ČEPS 06/2009, aktualizace 04/2016
- [2] Karel Sokanský, Tomáš Novák, Ivo Ullman, Zdeněk Medvec: Osvětlování venkovních elektrických stanic, Světlo 2/2009 FCC Public, Praha 2009, str. 42-44, ISSN 1212-0812
- [3] Karel Sokanský a kol.: Lighting of outdoor electrical stations philosophy, EPE 2009, VŠB-TU, Ostrava, 2009
- [4] Tomáš Novák, Ivo Ullman, Karel Sokanský: Osvětlování venkovních pracovních prostor v kombinaci s kamerovými systémy, Kurz osvětlovací techniky XXVII, Kouty nad Desnou, 29.9.-1.10.2009, str. 316-322, ISBN 978-80-248-2087-3
- [5] Ivo Ullman: Osvětlování venkovních rozvodů v elektrických stanicích ČEPS, a.s.; Kurz osvětlovací techniky XXVIII, Kouty nad Desnou, 11.10.- 13.10.2010, str. 192-197, ISBN 978-80-248-2307-2
- [6] Karel Sokanský a kol.: Světelná technika, Praha 2011, ISBN 978-80-01-04941-9
- [7] Jiří Habel, Karel Dvořáček, Vladimír Dvořáček, Petr Žák: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013, str. 429-431, ISBN 978-80-86534-21-3
- [8] Ivo Ullman, Tomáš Mlčák, Jan Otýpka: New Development in Control System ČEPS, a.s. Electrical Substation Outdoor Lighting; EPE 2014, Brno, 12.5. - 14.5.2014, ISBN 978-1-4799-3806-3
- [9] Tomáš Novák, Ivo Ullman, Karel Sokanský, Petr Bos, Richard Baleja: Outdoor Lighting versus Surveillance camera Systems in Substations CEPS, EPE 2015, 16th International Scientific Conference, Czech Republic 2015
- [10] TB 660 CIGRE: Saving through optimised maintenance in air insulated substations, WG B3.32, June 2016, ISBN: 978-2-85873-363-7
- [11] Ivo Ullman: Ekonomické a bezpečnostní aspekty realizace venkovního osvětlení elektrických stanic PS; Kurz osvětlovací techniky XXXII, Kouty nad Desnou, 3.10.- 5.10.2016

## **CIE Colorimetry 15.4 (2018) - nový standard pro měření barev**

Michal Vik, Doc. Ing. Ph.D., Martina Viková, Doc. Ing. PhD. LCAM KMI, Technická univerzita v Liberci, michal.vik@tul.cz, www.tul.cz

*Abstrakt: Nový standard CIE, který vychází po čtrnácti letech přináší řadu změn a lze jej považovat za revoluční v mnoha ohledech. Jestliže předcházející verze tohoto standardu byly přirozenou evolucí v oblasti kolorimetrických soustav, tak verze 15.4 přináší vedle implementace polovodičových světelných zdrojů mezi standardní zdroje osvětlení dle CIE, systém MacLeod-Boyntonových diagramů chromatičnosti a především integruje předchozí standardy zaměřené na funkce základních čípkových odezev a odpovídajících adaptivních kolorimetrických soustav. Implementuje komplexní model pro hodnocení vzhledu barev CIE CAM02 a CIE index věrnosti barev CFI.*

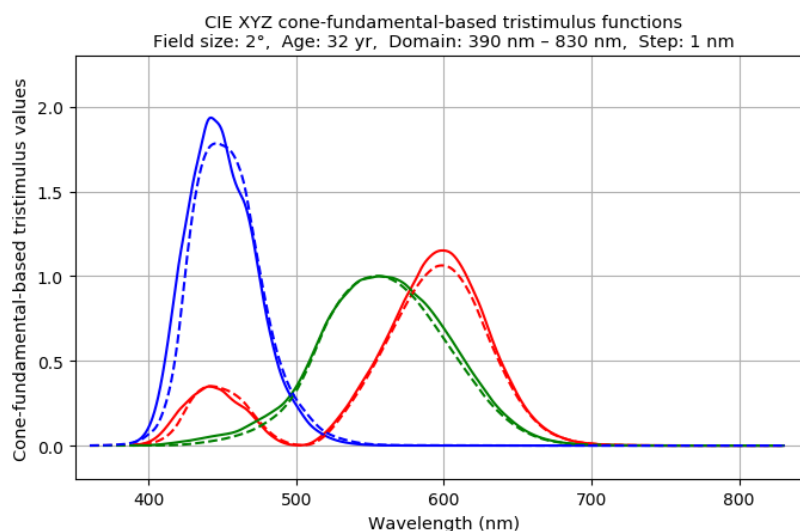
### **1 Úvod**

CIE Kolorimetrie (Měření barev) je dokument s dlouhou historií. První dokument byl přijat v roce 1931 na zasedání CIE v Cambridge, kde bylo Československo poprvé jako členská země reprezentovaná Ladislavem Říhánkem. Byl definován CIE standardní pozorovatel se zorným úhlem 2°, sada tří normalizovaných světél A, B, C a kolorimetrická soustava CIE XYZ [1]. Druhá edice byla vydána v roce 1986 jako CIE 15.2 Colorimetry a přinesla kromě jiného implementaci doplňkového standardního pozorovatele (10°), přibližně kolorimetrických soustav CIELUV a CIELAB, normalizovaného druhu světla D65 [2]. Třetí vydání z roku 2004 nese označení CIE 15:2004 definitivně zrušilo normalizovaný druh světla B a v případě světla C jeho význam upozadilo ve prospěch normalizovaného druhu světla D65 s tím, že v normě jsou navíc uvedena data pro osvětlení D50, D55 a D75 z důvodu jejich obvyklého využití při vizuální kontrole ve zpracovatelském průmyslu. Dále norma přináší data typických zářivek a vysokotlakých výbojek. Dále tento standard změnil počet geometrických uspořádání při měření druhotných zdrojů ze 4 na 10 a vyhověl tím opět reálné situaci na trhu využívaných přístrojů [3].

Současný dokument označovaný jako Colorimetry, čtvrté vydání má celkem 113 stran [4]. Nový standard implementuje celou řadu dílčích CIE standardů. Na základě řady výzkumu v oblasti vnímání barev CIE implementovala třetí systém charakterizující standardního pozorovatele, jehož spektrální průběhy citlivosti jsou variabilní, resp. závislé na věku a zorném úhlu pozorovatele. Tento systém se nazývá trichromatické funkce založené na základních čípkových odezvách. V zahraniční literatuře se budeme velmi často setkávat se zkráceným pojmem „cone-fundamentals“. Bude tak možné stále používat stávající CIE pozorovatele standardního dvoustupňového a doplňkového desetistupňového s tím, že v případech kdy to bude výhodné je možné použít trichromatické funkce založené na základních čípkových odezvách. Pokud tedy bude nutno řešit například vizuální situaci, kdy předpokládanými uživateli budou osoby ve věku 50 až 70 let s předpokládaným zorným úhlem 6°, je možné vypočítat nejprve příslušné čípkové odezvy ovlivněné zhoršenou světelnou propustností čočky lidského oka, sníženou odezvou sítnice a posunutou adaptací u starších osob. Tyto čípkové odezvy poté přepočítat na funkce vyrovnání barev  $\bar{x}_F(\lambda)$ ,  $\bar{y}_F(\lambda)$ ,  $\bar{z}_F(\lambda)$  a dále postupovat stejně jako případě  $\bar{x}_2(\lambda)$ ,  $\bar{y}_2(\lambda)$ ,  $\bar{z}_2(\lambda)$  nebo



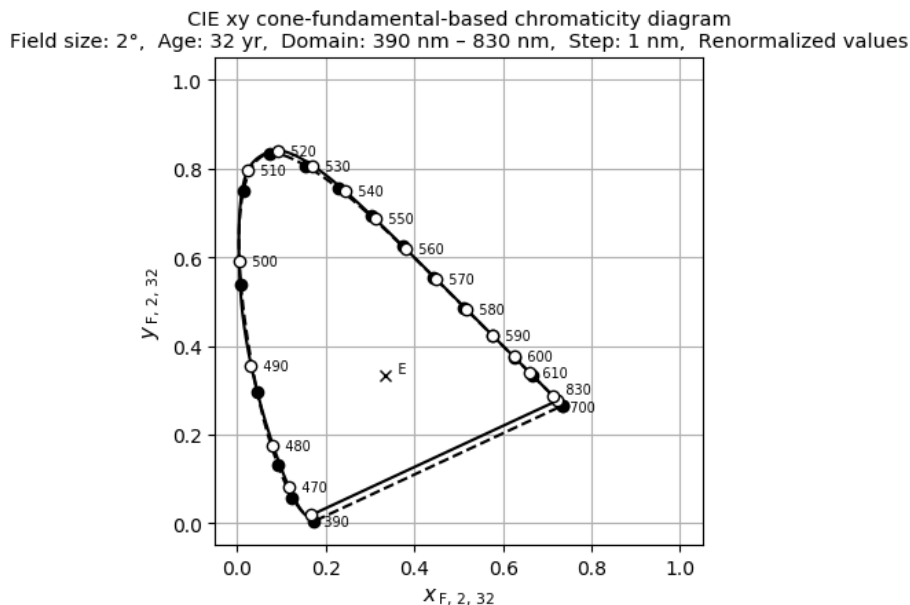
$\bar{x}_{10}(\lambda), \bar{y}_{10}(\lambda), \bar{z}_{10}(\lambda)$ . Co je rovněž důležité je skutečnost, že průběh funkce  $\bar{y}_F(\lambda)$  je normalizován tak, aby více odpovídal současným znalostem o vlastnostech poměrné světelné citlivosti lidského oka. Jak známo, že funkce  $\bar{y}_2(\lambda)$  je normalizována s využitím funkce  $V(\lambda)$ , tedy poměrné světelné účinnosti lidského oka při fotopickém adaptačním jasu z roku 1924. Tato funkce je nicméně shledávána jako problematická, neboť její průběh v nižších vlnových délkách neodpovídá skutečné poměrné světelné citlivosti lidského oka. Jako základ pro stanovení průběhu funkce  $\bar{y}_F(\lambda)$  byla vzata měření Stiles-Burch z roku 1959 [4] a pozdějších měření Stockman a Sharpe z roku 2000 a pozdějších [5], která využívají Königovu hypotézu [6]. Jako základní byl zvolen průměrný věk pozorovatele z měření Stiles-Burch 32 let a zorný úhel  $10^\circ$ . Druhým základním případem je věk pozorovatele 32 let a zorný úhel  $2^\circ$ . Rozdíly v průběhu funkcí vyrovnání barev pro tento případ oproti CIE standardnímu pozorovateli můžeme vidět v grafu na obrázku 1.



Obr.1 Průběhy barevného vyrovnání pro CIE standardního pozorovatele 1931 (přerušované čáry a průběhy barevného vyrovnání podle CIE základních čípkových odezev (plné čáry) – zorné pole  $2^\circ$ , pozorovatel ve věku 32 let.

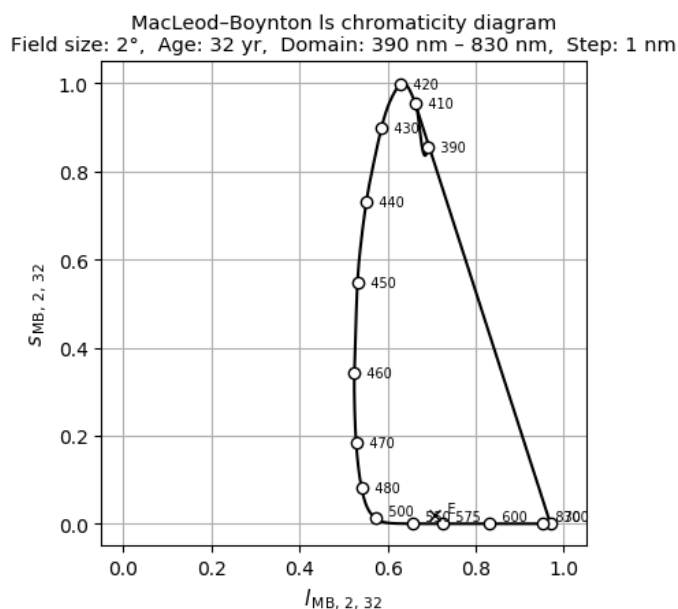
Pokud pomocí výše uvedených průběhů vykreslíme CIE kolorimetrický trojúhelník můžeme vidět, že provedená normalizace má za následek pouze posuv linie nespektrálních purpurů k vyšším hodnotám, jak je uvedeno v grafu na obrázku 2.

S trichromatickými funkcemi založenými na základních čípkových odezvách zároveň souvisí tzv. MacLeod-Boynton kolorimetrický trojúhelník  $ls$ . Tento trojúhelník není tvořen projekcí z funkcí vyrovnání barev jako CIE kolorimetrický trojúhelník  $xy$ , ale je tvořen projekcí z funkcí základních čípkových odezev  $\bar{l}_F(\lambda), \bar{m}_F(\lambda), \bar{s}_F(\lambda)$ . Písmena  $l$ ,  $m$  a  $s$  značí odezvy čípků citlivých na dlouhovlnnou, středněvlnnou a krátkovlnnou oblast elektromagnetického spektra vnímaného lidským okem. Výhodou tohoto diagramu je zobrazení poloh jednotlivých barev v případě vybraných vizuálních experimentů studujících fyziologii vnímání barev člověkem. Vzhledem k tomu, že MacLeod-Boynton kolorimetrický trojúhelník  $ls$  má specifický tvar a vlastnosti, bývá doplněn Maxwellovým kolorimetrickým trojúhelníkem  $lm$ . Ukázka tohoto kolorimetrického trojúhelníku je uvedena na obrázku 4. Je zřejmé, že oba kolorimetrické trojúhelníky umožňují pracovat s věkem pozorovatele v rozmezí 20 až 70 let a zorným úhlem v rozmezí  $1$  až  $10^\circ$ .

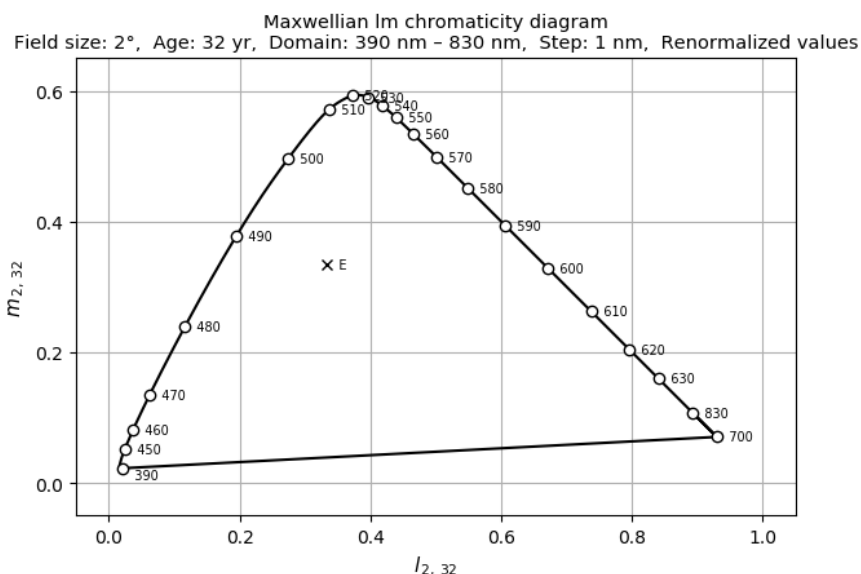


Obr.2 Kolorimetrický trojúhelník CIE xy 1931 (plné kroužky a přerušovaná čára) a CIE xy podle základních čípkových odezve 2° pozorovatel ve věku 32 let (prázdné kroužky a plná čára)

Kromě výše uvedených nových přístupů k měření barev, přináší nový CIE standard také implementaci modelu pro měření vzhledu barev CIE CAM02 a jeho přibližně rovnoměrně odstupňované varianty CIE CAM02UCS. Výhodou tohoto systému je možnost objektivně charakterizovat scény s různými adaptačními jasy a zohlednit řadu jevů vzhledu barev jako jsou chromatická adaptace, Stiles-Huntův jev, Bezold-Bruecke, atd.

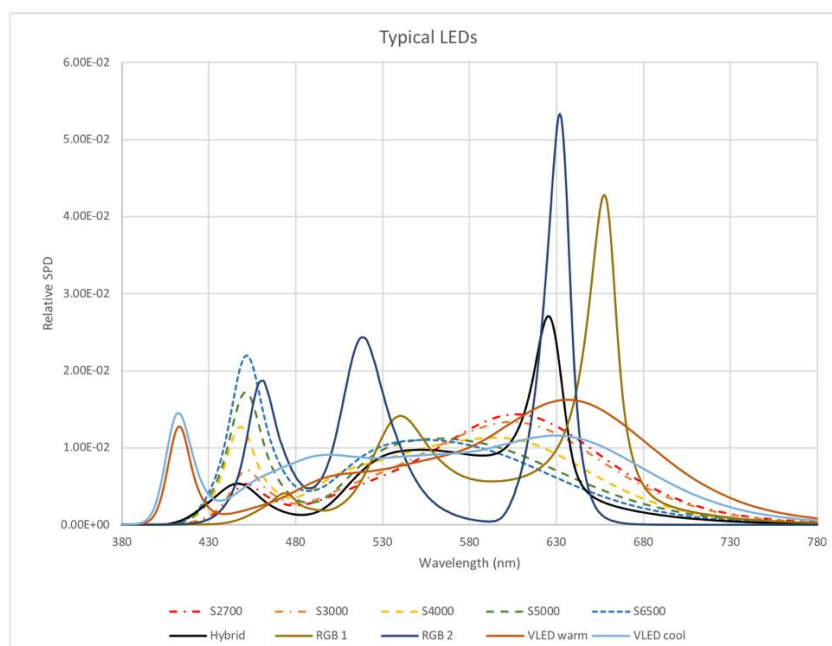


Obr.3 MacLeod-Boynton kolorimetrický trojúhelník pro 2° zorné



Obr.4 Maxwellův kolorimetrický trojúhelník  $l_m$  podle základních čípkových odezev – zorné pole 2°, pozorovatel ve věku 32 let.

V neposlední řadě je nutno zmínit sadu spektrálních dat typických polovodičových zdrojů, které byly rozděleny do čtyř skupin, z nichž první je označována jako S a příslušným číslem náhradní teploty chromatičnosti S2700, S3000, S4000, S5000 a S6500. Jedná se o polovodičový světelný zdroj založený na modrém čipu a konvertoru. Druhá skupina je charakterizována pouze jedním spektrem je označována jako Hybrid, tedy variantu předcházejícího polovodičového zdroje doplněnou o „červený“ čip pro zvýšení indexu podání barev Ra. Třetí kategorií jsou polovodičové zdroje založené na RGB technologii a poslední skupinu tvoří „plnospektrální“ LED založené na fialovém čipu a dvoufázovém konvertoru. Poměrná spektrální složení výše uvedených polovodičových zdrojů jsou znázorněna v grafu na obrázku 5.



Obr.5 Poměrná spektrální složení typických polovodičových světelných zdrojů dle CIE

## 2 Závěr

Z výše uvedeného přehledu je zřejmé, že se CIE Kolorimetrie neustále vyvíjí. Zavádění nových systémů pro vyhodnocování reálných vizuálních scén je jistě přínosem. Na druhou stranu čas ukáže, zda především zavedení trichromatických funkcí založených na základních čípkových odezvách nepřinese komplikace při interpretaci některých měření v reálném životě a příslušných aplikacích.

**Poděkování:** *Autoři děkují předsedovi technického výboru CIE 1-97 Age- and Field-Size-Parameterised Calculation of Cone-Fundamental-Based Spectral Tristimulus Values Dr. Hendriku Woldovi za možnost využít program CIEFUNCTIONS pomocí kterého byly vykresleny grafy na obrázcích 1 až 4.*

### Literatura a odkazy

- [1] CIE 82-1990: HISTORY OF THE CIE 1913-1988
- [2] ČSN 01 17 18 Měření barev
- [3] CIE Technical report 15:2004 Colorimetry, third edition
- [4] CIE Technical report 15:2018 Colorimetry, fourth edition
- [5] CIE 170-1:2006 Fundamental Chromaticity Diagram with Physiological Axes - Part 1
- [6] CIE 170-2:2015 Fundamental Chromaticity Diagram with Physiological Axes – Part 2: Spectral Luminous Efficiency Functions and Chromaticity Diagrams

## Vliv tvaru retroreflexních prvků na viditelnost chodce

Michal Vik<sup>1</sup>, Doc. Ing. Ph.D., Katarína Zelová<sup>2</sup>, Ing. Ph.D., Mária Kuzmová<sup>2</sup>, Ing., Martina Viková<sup>1</sup>, Doc. Ing. Ph.D., Antonín Havelka<sup>2</sup>, Doc. Ing. CSc.

<sup>1</sup>LCAM KMI, Technická univerzita v Liberci,

<sup>2</sup>KOD, Technická univerzita v Liberci,

michal.vik@tul.cz, www.tul.cz

*Abstrakt: Práce se věnuje viditelnosti vybrané skupiny osob za snížené viditelnosti. Hlavní důraz je kladen na vliv tvaru a umístění retroreflexních prvků na dětském oděvu. Na základě provedené analýzy získaných výsledků je doporučen počet, velikost a umístění retroreflexních prvků na dětském oděvu.*

### 1 Úvod

Bezpečnost na silnici je v současné době preferované téma řady výzkumných prací. Zvýšení počtu vozidel a zrychlení provozu vedou na zvýšené riziko střetu s chodci jak v obcích, tak mimo ně. Nejohroženější skupinou jsou obecně děti na vyšším stupni základních škol a středoškoláci. Na rozdíl od dětí na nižším stupni základní školy nechtějí nosit školní brašny, které jsou dnes vybavovány bezpečnostními prvky. Bohužel i v případě dětí předškolního věku může nastat obdobná situace. Po průzkumu zboží na internetu a v obchodech ve městech ČR můžeme zhodnotit, že trh s reflexními věcmi je rozmanitý. To však neznamená, že děti ve školce a ve škole opravdu reflexní oblečení používají. V současné době nosí děti nevýrazné bledé nebo naopak příliš tmavé oblečení, které je nedostačující pro viditelnost na komunikacích. Děti nejsou vidět a tím pádem nechráněné, jak můžeme vidět na Obrázku 1











Obr.1 Očekávání versus realita dětí na cestě

Je zřejmé, že klasická bezpečnostní vesta dobře plní svou funkci, nicméně se jedná o „doplňek“, který není pro dítě pohodlný a představuje další kus oděvu, který je jaksí navíc. Z tohoto důvodu je proto vhodnější, aby retroreflexní a fluorescenční prvky byly integrální součástí oděvu a byly přirozenou součástí celkového vzhledu svrchního ošacení. Reflexní a fluorescenční materiály nejsou příliš nákladné. Při dnešní nabídce na trhu můžeme zakoupit různé druhy reflexních prvků, doplňků a hotových výrobků, jako například nášivky, samolepky, pásky na ruce a nohy, nebo čepice, vesty, baťohy, boty a přívěsky v podobě zvířátek. Jsou módní a oblíbené. Každý použitý reflexní doplňek je lepší než žádný, avšak

otázkou je, jestli jsou pro dítě dostačující, jestli všechny splňují požadavky podle norem a jestli jsou opravdu funkční.




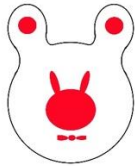
## 2 Materiál a metody

Pro účely tohoto experimentu byla připravena případová studie a podle provedeného průzkumu trhu bylo vybráno 8 variant bundiček. Z toho 4 varianty s kapucí a 4 bez kapuce. Vybrané bundičky jsou navrhnuté tak, aby odpovídaly současným oděvním trendům, mají rozdílné velikosti, tvar, umístění na bundě, směr i množství retroreflexního materiálu. Byly použité 3 druhy retroreflexního materiálu. Délková paspule, která se všívá do členění dílů, našívací a nažehlovací retroreflexní fólie. Do měření jsou zahrnuté také námi navrhnuté dvě dětské bundičky a dvojce doplňky. Celkem 12 variant bundiček a doplňků. Ukázkou umístění jednotlivých bezpečnostních prvků můžeme vidět v tabulkách 1 a 2.

V	Technický nákres	P [%]	V	Technický nákres	P [%]
1		8,7	2		7,4
3		24,4	4		16,0
5		21,7	6		32,6
7		30,4	8		23,7

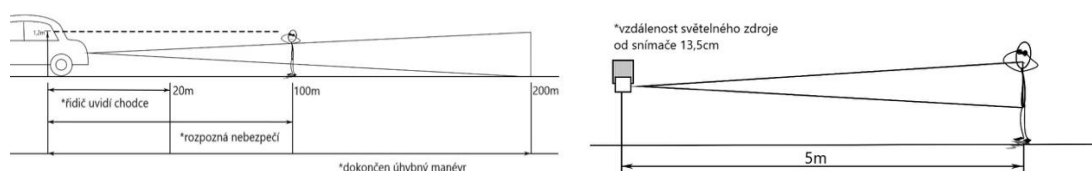
Tab.1 Přehled 8 variant dětských bundiček podle současné nabídky na trhu ČR

První testování bylo uskutečněno začátkem prosince loňského roku na severu Slovenska ve Vrátnej dolině. Měřilo se za snížené viditelnosti po setmění. Testováno bylo 12 variant bundiček a doplňků ve třech vzdálenostech, dvou typech světel, které jsou uvedeny ve schématu na obrázku 2. Vizuální hodnocení na vzdálenosti 20 m, bylo následně z experimentu vyloučeno, neboť v daných podmínkách venkovního experimentu byly dobře viditelné všechny testované bundičky.

V	Technický nákres	P [%]	V	Technický nákres	P [%]
9		30,2	10		8,7
11		38,2	12		47,4

Tab.2 Přehled navržených variant dětských bundiček a doplňků

Druhé měření bylo provedené v laboratoři na katedře Textilních technologií v Liberci. Výsledkem jsou získané hodnoty v odvozených SI jednotkách jasu  $\text{cd}/\text{m}^2$ . Měřilo se na figuríně v zatměné místnosti, na vzdálenost 5 m, jak je ukázáno ve schématu na obrázku 2.



Obr.2 Náskres terénního a laboratorního experimentu

Třetí měření bylo provedeno začátkem dubna roku 2018 jako terénní experiment v Liberci v průmyslové zóně. Měření bylo provedeno pomocí jasové kamery spolu se subjektivním hodnocením pozorovatelů. K hodnocení byla použita ordinální stupnice: 0 – neviditelný, 1 – slabě viditelný, 2 – viditelný, 3 – dobře viditelný, 4 – výborně viditelný.

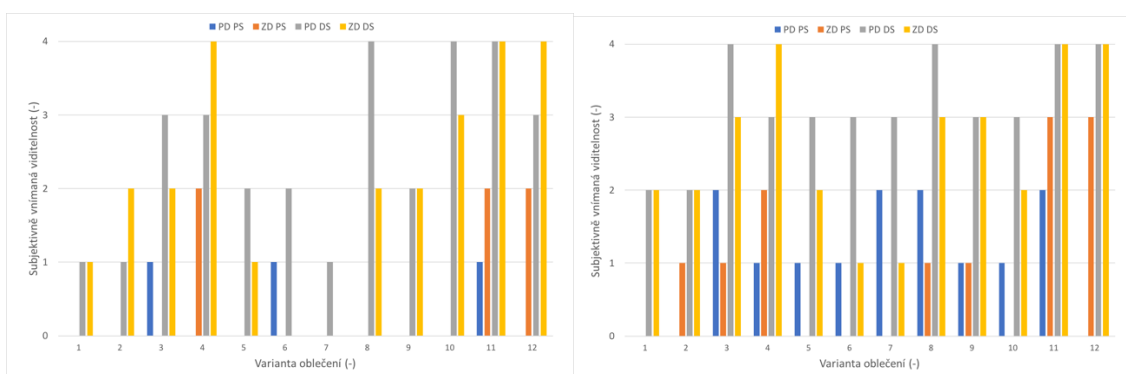
### 3 Výsledky a diskuze

Po návrhu variant dětských bundiček a doplňků pro zvýšení viditelnosti a po jejich vyhotovení byly provedeny tři nezávislé experimenty, kdy v případě prvního terénního experimentu byl použit digitální fotoaparát Nikon D70 a objektiv AF-S-NIKKOR 70-300 mm, stejně jako v případě druhého terénního experimentu. Výpočet koeficientu retroreflexe byl proveden nezávisle pomocí obrazové analýzy v programu MATLAB. V případě druhého terénního experimentu byl naopak použit přímý odečet z jasové kamery, kdy jako určující byl hodnocen jas odpovídající 70% ploše hodnoceného prvku.

Měření provedená v laboratoři a při prvním terénním experimentu ukázala, že nejvyšší koeficient retroreflexe z obou stran měly varianty 11 a 12, které v podmínkách redukované vzdálenosti vykazují  $750 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ , paspule se pohybují okolo  $250 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ . Nejhorší výsledky vykazovaly tenké proužky kde koeficient retroreflexe dosahoval pouze  $120 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Objektivní měření bylo doplněno subjektivním hodnocením, jehož výsledky jsou znázorněny v grafech na obrázku 3.





Obr.3 Subjektivní hodnocení jednotlivých variant bundiček a doplňků při vzdálenosti 100 m (vlevo) a 50 m (vpravo), PD PS je přední díl při potkávacích světlech, ZD PS je zadní díl při potkávacích světlech, PD DS je přední díl při dálkových světlech a ZD DS je zadní díl při dálkových světlech

Ze všech provedených měření je zřejmé, že nejlepší výsledky má doplněk označený jako Var. č. 11 a 12 u ZD. U bundiček nejlépe vyšli Var. č. 7, č. 8 a č. 9. U bundičky Var. č. 10 se prokázala viditelnost vedením retroreflexních prvků kolem průramků a kolem obvodu kapuce ze všech stran jenom při kratších vzdálenostech na 50 m. U bundiček var. č. 7 a 8 jsou retroreflexní prvky vedené po celé délce rukávů nebo v místech kloubů. Potvrdilo se nám, že biomotion, umístění retroreflexních prvků v pohyblivých částech těla, má rychlejší reakce pozorovatelů-„řidiče“ než ty se statickým umístěním. Mezi nejhorší výsledky patřily Var. č. 1 a 2. Jsou to bundičky, které podle průzkumu představují současnou nabídku na trhu. Důvodem je nedostačující množství, velikost retroreflexního materiálu a statické umístění prvků. Pozorovatelům se ztrácí v pouličním osvětlení a okolí nebo nejsou vidět úplně. Po provedených měřeních doporučujeme umístit retroreflexní prvky především v oblastech rukávů, a to šikmým směrem. Umístění na kapuci se neukázala jako nejvhodnější, avšak vhodně zvoleným obrazcem, např. šipkami na vrchu kapuce, mohou přispět k efektnímu designu. Vedení retroreflexního materiálu po celé délce dílů napomáhá včasné reakce řidiče na objekt. Vyhýbat se statickým tvarům a umístěním, které se jeví jako tečky a splývají s pouličním osvětlením a nenapomáhají rozpoznání postavy na silnici.

#### 4 Závěr

Cílem práce byla analýza dětského oděvu dostupného na trhu a možnosti zvýšení viditelnosti dětí na silnici za snížené viditelnosti a následně jeho otestování v terénu. V rešeršní části práce jsou shrnuté výsledky z průzkumu trhu dětského oděvu a analýzy možností měření a hodnocení viditelnosti retroreflexního a fluorescenčního materiálu v terénu, které jsou dohledány v odborné literatuře a dosavadních provedených výzkumech. Navržené nové varianty dezénů dětských bundiček se ukázaly jako významně viditelnější než většina na trhu dostupných variant.

#### Literatura a odkazy

- [1] VIK, M. a VIKOVÁ, M. *Metrologie optických vlastností textilií s vysokou viditelností*, in: KŘEMENÁKOVÁ, D., MILITKÝ, J. a MISHRA, R. *Pokročilé materiály pro bariérové a funkční vlákenné systémy*, 2012; TUL: Liberec, ISBN 978-80- 7494-030-9

Poděkování: První autor děkuje projektu VI20172019071 Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci



## Veřejné osvětlení v mlze

Jan Vitásek, Jan Látal, Stanislav Hejduk, Tomáš Stratil, Aleš Vanderka, Lukáš Hájek, VŠB–TU Ostrava,  
jan.vitasek@vsb.cz, www.optice.vsb.cz

*Abstrakt: Tento článek se zabývá studiem vlivu mlhy na pouliční osvětlení. Moderní pouliční osvětlení využívá k osvětlování LED diody. LED diody mají řadu výhod oproti klasickým světelným zdrojům, jednou z jejich výhod je schopnost přenášet data a zapojit se tak do konceptu „smart city“. Nevýhodou venkovních optických spojů může být výskyt nepříznivých meteorologických podmínek, jako je mlha. V programu LightTools byla vytvořena lampa pouličního osvětlení podle reálné předlohy a také čtyři druhy mlhy podle jejich vlivu na šíření světla.*

### 1 Úvod

Osvětlování je jedním z hlavních témat, která jsou v současnosti vyvíjena. Jedná se o vnitřní i venkovní osvětlování. Dlouhou dobu se pro osvětlovací účely používaly žárovky a zářivky. Tyto světelné zdroje jsou postupně nahrazovány LED diodami. Důvodem k této výměně jsou především vlastnosti LED diod. LED diody dosahují mnohem vyšší účinnosti, přičemž se očekává jejich další zlepšení. Dalšími výhodami LED diod jsou jejich delší životnost, menší a kompaktní rozměry, minimální produkce tepla ve srovnání s klasickými zdroji osvětlení, vyšší odolnost vůči vlhkosti a nižší spotřeba energie. LED diody neobsahují rtuť. To jsou důvody, proč LED diody postupně nahrazují klasické osvětlovací zdroje. Můžeme se s nimi setkat v podobě LED žárovek a zářivek nebo ve světlech automobilů a ani veřejné osvětlení není výjimkou [1-6].

Další velkou výhodou LED diod oproti klasickým světelným zdrojům je jejich schopnost poskytovat komunikaci. LED diody mohou být zapínány a vypínány dost rychle na to, aby to lidské oko nezaznamenalo. Dostatečně rychlé zapínání a vypínání je důležitým předpokladem pro přenášení dat. Tím pádem je možno díky LED diodám poskytnout dvě funkce zároveň, osvětlovací a komunikační. Použití LED diod v pouličním osvětlení tak umožňuje poskytnout tradiční osvětlení a zároveň data pro chodce. Pouliční lampy tak mohou být „smart“ a začlenit se do koncepce „smart city“. Dále je možno řídit vyzařovací výkon pouličního osvětlení a snižovat jejich energetickou spotřebu [1-4,7].

### 2 Atmosférické jevy ovlivňující šíření světla

Největší nevýhodou optických atmosférických spojů je samotné přenosové prostředí, atmosféra. V atmosféře se vyskytují různé meteorologické jevy, které mohou výrazně ovlivnit šíření světla. Nejhorším možným jevem je mlha. Mlha se skládá z drobných kapiček vody, jejichž průměr je srovnatelný s vlnovou délkou používaného světla. Poloměr mlžných kapek je v rozmezí 1-10  $\mu\text{m}$ , koncentrace v 1  $\text{mm}^3$  je 10-100 [8]. Na kapičkách vody tak dochází k Mieově rozptylu. Toto rozptýlené světlo má stejnou vlnovou délku jako původní. Rozptyl je asymetrický, na větších částicích dominuje přední lalok, zadní lalok je menší. Na menších částicích je efekt opačný [9].

Vliv mlhy na optický svazek lze stanovit pomocí extinkčního koeficientu [10]. Extinkční koeficient lze také vyjádřit pomocí veličiny meteorologická viditelnost  $V_M$ . Meteorologická viditelnost je definovaná jako vzdálenost, při níž propustnost nabývá hodnoty  $T=0.02=2\%$  pro vlnovou délku  $\lambda = 555$  nm. Obecný vztah mezi meteorologickou viditelností  $V_M$  a koeficientem extinkce  $\alpha_e$  ( $\text{km}^{-1}$ ) je

$$\alpha_e \approx \frac{3.91}{V_M} \left( \frac{\lambda}{555} \right)^{-q} \quad (1)$$

kde  $\lambda$  je vlnová délka použitého světla a parametr  $q$  je určen empirickými modely. Parametr  $q$  je definován podle Kruseho nebo Kimova modelu v závislosti na meteorologické viditelnosti. Koeficient extinkce  $\alpha_e$  lze přepočítat na koeficient útlumu  $\alpha$  ( $\text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$ ) podle vztahu

$$\alpha = \frac{\alpha_e}{0.23} = \frac{17}{V_M} \left( \frac{\lambda}{555} \right)^{-q} \quad (2)$$

Koeficient extinkce  $\alpha_e$  exponenciálně snižuje optickou intenzitu podle vztahu

$$I_1 = I_0 \exp(\alpha_e \cdot z) \quad (3)$$

kde  $z$  je vzdálenost. Koeficient extinkce  $\alpha_e$  lze také vyjádřit pomocí meteorologické viditelnosti

$$\alpha_e = \frac{-\ln T}{V_M} \quad (4)$$

kde  $T$  je propustnost atmosféry  $T=0.02$  a  $V_M$  je meteorologická viditelnost.

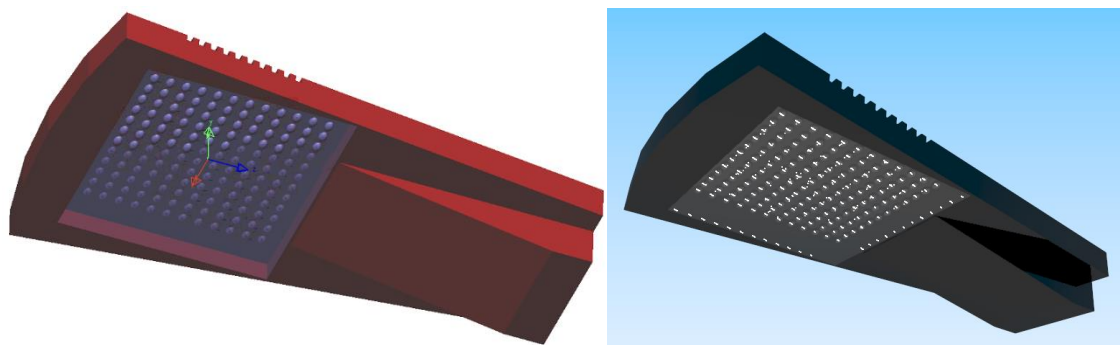
### 3 Nastavení simulace

#### 3.1 LightTools

LightTools (LT) je 3D optický návrhový software, který podporuje virtuální prototypy, simulaci, optimalizaci a fotorealistické vykreslování osvětlovacích aplikací. Jeho jedinečná konstrukční a analytická schopnost kombinovaná s jednoduchostí použití, podporou rychlých iterací a automatickou optimalizací systému pomáhá zajistit dodávku osvětlovacích návrhů podle specifikací a harmonogramu [11].

#### 3.2 Lampa Boos

Díky projektu máme k dispozici lampu pouličního osvětlení Boos Naica [12]. Technické parametry tohoto světla jsou: barevná teplota CCT 4000 K, světelný tok 47000 lm, rozměry 675×421×124 mm (D×Š×V). Lampa obsahuje 144 LED diod. Model této lampy byl vytvořen v programu LightTools pro následné simulace.



Obr.1 Boos lampa vytvořená v programu LightTools

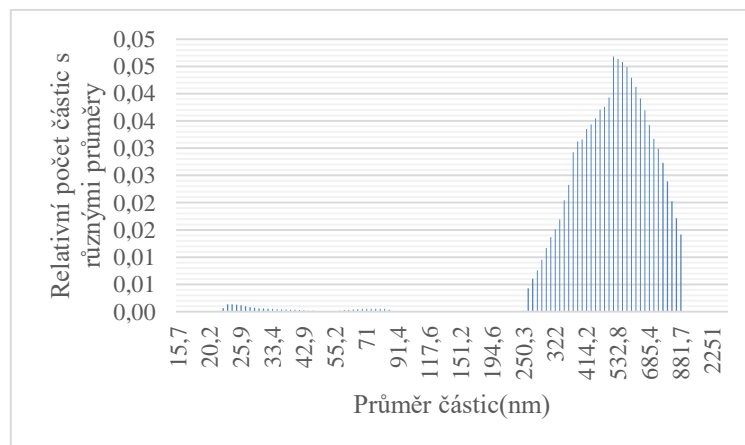
### 3.3 Výpočet a nastavení vlivu mlhy

V odborné literatuře můžeme najít několik druhů mlhy podle koeficientu útlumu [4]: hustá mlha (dense fog)  $315 \text{ dB}\cdot\text{km}^{-1}$ , méně hustá mlha (thick fog)  $75 \text{ dB}\cdot\text{km}^{-1}$ , mírná mlha (moderate fog)  $28.9 \text{ dB}\cdot\text{km}^{-1}$  and řídká mlha (light fog)  $18.3 \text{ dB}\cdot\text{km}^{-1}$ . Nejprve byla zjištěna meteorologická viditelnost  $V_M$  pro tyto koeficienty útlumu  $\alpha$  podle rovnice (2). Ze znalosti meteorologické viditelnosti  $V_M$  byl vypočten koeficient extinkce  $\alpha_e$  podle vztahu (4) a následně zeslabení na vzdálenosti 5 m podle vztahu (3). Výpočty shrnuje Tab. 1.

Typ mlhy	Koeficient útlumu $\alpha$ ( $\text{dB}\cdot\text{km}^{-1}$ )	Meteorologická viditelnost $V_M$ (km)	Extinkční koeficient $\alpha_e$ ( $\text{km}^{-1}$ )	Útlum na 5 m (-)
Dense	315	0.054	72.40	0.6963
Thick	75	0.227	17.23	0.9175
Moderate	28.9	0.594	6.82	0.9665
Light	18.3	0.981	3.99	0.9803

Tab.1 Parametry mlhy

Podle těchto výpočtů byly v programu LightTools vytvořeny výše zmíněné typy mlh. Program LightTools umožňuje vytvořit prostředí s částicemi, na nichž nastává Mieův rozptyl. Základními parametry jsou rozložení velikosti částic (Particle Size Distribution PSD), index lomu částic, počet částic v  $1 \text{ cm}^3$ . Na našem pracovišti jsme prováděli měření PSD umělé mlhy. K tomu byl využit přístroj Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) Model 3936 (Aerosol. Neut 3088+CPC), který rozliší částice od průměru 8-1000 nm, obr. 2.



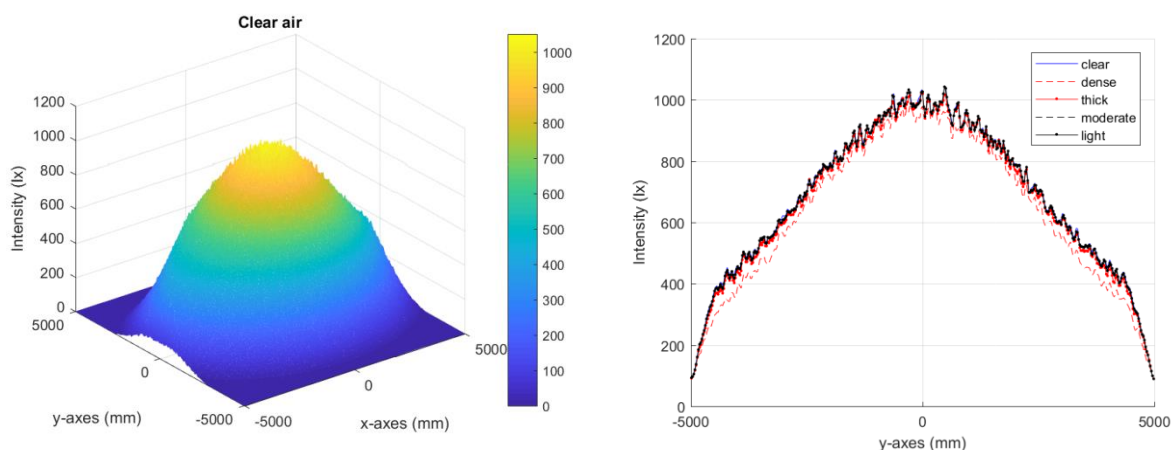
Obr.2 Histogram částic

Reálná část index lomu částic byla nastavena na 1.33, imaginární část byla  $2.47 \cdot 10^{-9}$ . Počet částic v objemu  $1 \text{ mm}^3$  byla proměnná veličina a určovala tak typ mlhy. Dense fog měla 133 částic, thick fog 32 částic, moderate fog 13 částic a light fog 7 částic v  $1 \text{ mm}^3$ . Počet částic byl zjištěn v programu LightTools podle výše zadaných koeficientů.

#### 4 Výsledky a komentáře

Cílem simulace bylo zjistit, jaký vliv má mlha na šíření světla v mlze. Světlo Boos bylo umístěno ve výšce 5m, sledovaná plocha měla  $10 \times 10 \text{ m}$ . Postupně bylo otestováno clear air, dense, thick, moderate and light fogs. Největší intenzita světla je přímo pod lampou. Zde v podstatě nehraje roli, který typ mlhy se nachází v okolí světla.

Důležité ale také jsou okrajové podmínky. Intenzita světla samozřejmě klesá s rostoucí vzdáleností od středu světla. Zároveň jsou stanoveny podmínky podle norem, jaké musí být minimální osvětlení pro daný prostor. Např. intenzita 400 lx je měřitelná za clear air je ve vzdálenosti 4.3m. Obdobné výsledky byly dosaženy pro mlhy typu thick, moderate and light. Ovšem za husté mlhy tato intenzita nastane už ve vzdálenosti 3.9m.



Obr.3 Rozložení světla

Simulování vlivu mlhy je užitečný nástroj pro návrh rozmístění jednotlivých lamp, aby byly splněny osvětlovací podmínky dané patřičnými normami. Z výsledků simulací lze vidět, že není příliš velký rozdíl mezi mlhami light, moderate and thick a clear air. Největší problémy a útlum způsobuje dense fog, která snižuje dosah pouličního osvětlení.

#### 5 Závěr

Tento článek se zabývá vlivem čtyř druhů mlhy na osvětlovací vlastnosti lampy veřejného osvětlení. V naší laboratoři máme reálné světlo Boos Naica. Toto světlo bylo vymodelováno v programu LightTools. Dále byly v tomto programu vytvořeny 4 druhy mlhy podle attenuation coefficient. Tyto mlhy ovlivňovaly šíření světla z pouliční lampy. Pouliční lampa byla ve výšce 5 m. Výsledky ukázaly, že v podstatě nejsou rozdíly mezi mlhami light, moderate, thick and clear air. Problémy způsobuje až dense fog.

## Poděkování

Tento článek vznikl díky projektu MVČR VI20172019071. Dále byl článek podpořen projekty SP2018/117, SP2018/184, VI20152020008, TA04021263 a CZ.1.07 / 2.3.00 / 20.0217.

## Literatura a odkazy

- [1] E. F. Schubert. *Light-Emitting Diodes*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [2] R. Baleja, J. Sumpich, P. Bos, B. Helstynova, K. Sokansky, T. Novak. Comparison of LED properties, compact fluorescent bulbs and bulbs in residential areas. In: *Proceedings of the 16th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2015*. Kouty nad Desnou. doi: 10.1109/EPE.2015.7161181.
- [3] N. D. Q. Anh, T. H. Q. Minh and N. H. K. Nhan. Enhancing Lighting Performance of White LED Lamps by Green Emitting Ce,Tb Phosphor. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*. 2016, vol. 14, no. 5, pp. 609-614. ISSN 1804-3119. doi: 10.15598/aeer.v14i5.1795.
- [4] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Rajbhandari. *Optical Wireless Communications: System and Channel Modelling with Matlab*. New York: CRC Press. 2013.
- [5] A. Liner, M. Papes, J. Jaros, F. Perecar, L. Hajek, J. Latal, P. Koudelka, V. Vasinek. Software Design of SMD LEDs for Homogeneous Distribution of Irradiation in the Model of Dark Room. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*. 2014, vol. 12, no. 6, pp. 622-630. ISSN 1804-3119. doi: 10.15598/aeer.v12i6.1297.
- [6] D. Sobola, S. Talu, P. Sadovsky, N. Papez, L. Grmela. Application of AFM Measurement and Fractal Analysis to Study the Surface of Natural Optical Structures. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*. 2014, vol. 15, no. 3, pp.569-576. ISSN 1804-3119. doi: 10.15598/aeer.v15i3.2242.
- [7] T. H. Do, M. Yoo. Visible light communication based vehicle positioning using LED street light and rolling shutter CMOS sensors. *Optics Communications*. 2018, vol. 407, pp. 112-126. ISSN 0030-4018. doi: 10.1016/j.optcom.2017.09.022.
- [8] R. Ramirez-Iniguez, S. M. Idrus, Z. Sun. *Optical wireless communications: IR for wireless connectivity*. New York: CRC Press, 2007.
- [9] M. Bass, C. Macdonald, G. Li, C. M. Decusatis, V. N. Mahajan. *Handbook of Optics: Atmospheric Optics, Modulators, Fiber Optics, X-Ray and Neutron Optics*. New York: McGraw-Hill Companies, 2010.
- [10] M. Grabner, V. Kvicera. Multiple Scattering in Rain and Fog on Free-Space Optical Links. *Journal Of Lightwave Technology*. 2014, vol. 32, iss. 3, pp. 513-520. ISSN 0733-8724. doi: 10.1109/JLT.2013.2294356.
- [11] LightTools, Synopsys [online], <https://optics.synopsys.com/lighttools/>.
- [12] Boos Naica, Boos [online], <http://www.booslight.com/products/naica/>.

## Smart senzor pro fotometrii

Martin Vitásek, Ing., Libor Chrástecký, Ing.

Lightdrop, s.r.o., [vitassek@lightdrop.cz](mailto:vitassek@lightdrop.cz), [chrastecky@lightdrop.cz](mailto:chrastecky@lightdrop.cz), [www.lightdrop.cz](http://www.lightdrop.cz)

### Abstrakt:

Smart senzor je citlivý kompaktní senzor pro měření fotometrických veličin připojitelný přes rozhraní USB k mobilu, tabletu nebo počítači. Je navržen pro každodenní provoz profesionálů v různých odvětvích. Senzor je určen pro testování světelných zdrojů a pro měření světelných parametrů prostředí. Senzor je pozoruhodně malý, kompaktní a ideální pro provozní měření. Senzor umožňuje měřit osvětlenost, teplotu chromatičnosti a barevnou odchylku. Obslužný měřicí software je dostupný pro operační systém Windows a pro operační systém Android. Software je intuitivně navržen tak, aby byl jednoduchý na ovládání a aby bylo možno naměřená data jednoduše exportovat.

## 1 Úvod

Projekt, v rámci kterého byl smart senzor pro fotometrii vyvinut, reaguje na absenci podobného přístroje na trhu. Projekt si klade za cíl posunout možnosti měření osvětlení na novou úroveň a to vše za přijatelnou cenu. Smart senzor pro fotometrii měří všechny parametry, které jsou potřeba měřit u moderního osvětlení s LED. Proti standartním luxmetrům smart senzor mimo osvětlenosti měří také náhradní teplotu chromatičnosti světelného zdroje a barevnou odchylku. Díky novému přístupu v metodice měření s přepínáním kalibračních konstant, na základě tvaru spektra, je dosahováno vyšší přesnosti fotometrických měření u různých zdrojů světla.

## 2 Fotometrie

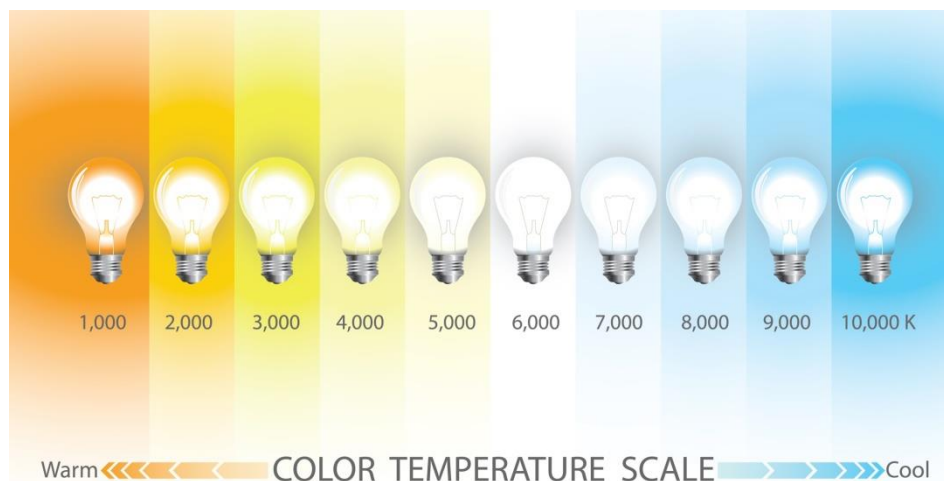
Fotometrie je oblast optiky zkoumající elektromagnetické záření v oblasti viditelného spektra z hlediska jeho působení na zrakový orgán. Veličiny určující velikost působení tohoto záření na zrakový orgán se nazývají fotometrické veličiny. Fotometrické veličiny zohledňují citlivost oka na různé vlnové délky. Citlivost každého lidského oka má individuální charakter. Z tohoto důvodu Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) definovala tzv. normálního fotometrického pozorovatele, který sjednocuje výpočty v oblasti fotometrie. Křivka spektrální citlivosti lidského oka popisující fotopické vidění je dle organizace CIE definována funkcí  $V(\lambda)$ . Přehled fotometrických veličin a jejich jednotek je uveden v tab. 1.

Český název [ jednotka ]	English title [ unit ]
<b>Světelný tok <math>\Phi</math></b> [ Lumen = lm ]	<b>Luminous Flux</b> [Lumen = lm]
<b>Svitivost I</b> [ lm · sr <sup>-1</sup> = Kandela = cd ]	Luminous Intensity I [Candela = cd]
<b>Osvětlenost E</b> [ lm · m <sup>-2</sup> = Lux = lx ]	<b>Illuminance E</b> [Lux = lx]
<b>Jas L</b> [ cd/m <sup>2</sup> ]	<b>Luminance L</b> [ cd/m <sup>2</sup> ]
<b>Osvit H</b> [ Lux · s ]	Exposure <b>H</b> [ Lux · s ]

Tab. 1 Fotometrické veličiny

### 3 Náhradní teplota chromatičnosti

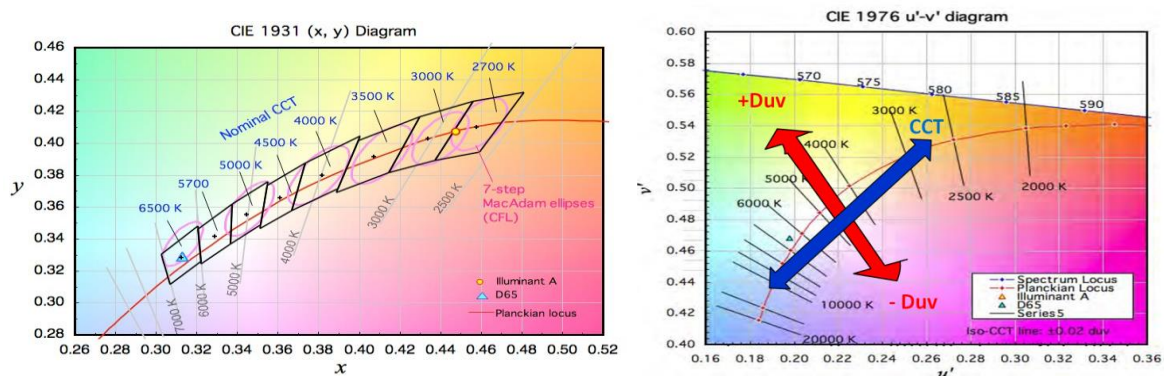
Teplota chromatičnosti je jeden ze základních parametrů, který charakterizuje zdroje bílého světla. Teplota chromatičnosti se udává v Kelvinech a charakterizuje světelné zdroje od teplé bílé, přes neutrální bílou až po studenou bílou, viz obr. 1.



Obr. 1 Teploty chromatičnosti

Teplota chromatičnosti zdroje světla udává teplotu, kterou by muselo mít absolutně černé těleso, aby vyzařovalo spektrum bílého světla jako světelný zdroj. Z tohoto vyplývá, že teplota chromatičnosti závisí na spektrálním složení světla pocházejícího z daného světelného zdroje. Barevnost světelného zdroje je určena souřadnicemi barvy  $x$ ,  $y$  nebo souřadnicemi  $u'$ ,  $v'$  případně  $u$ ,  $v$  dle normy CIE v daných barevných prostorech. Tyto dvě čísla však neposkytují informaci o barvě bílého světla dostatečně intuitivně, proto se pro praktické účely používá přepočítání na náhradní teplotu chromatičnosti.

Samotná teplota chromatičnosti poskytuje pouze jeden rozměr chromatičnosti, který však je nedostačující, jelikož udává hodnotu pouze na Planckově křivce. Existuje zde však ještě další rozměr, který definuje chromatičnost. Ten udává barevnou odchylku od Planckovy křivky a označuje se  $Duv$ . Jednotlivé barevné prostory a v nich zaznačené Planckovy křivky a teploty chromatičnosti jsou uvedeny na obr. 2.



Obr. 2 Náhradní teplota chromatičnosti v barevných prostorech CIE



## 4 Parametry fotometrů

### 4.1 Třídy přesnosti

Jedna z nejdůležitějších vlastností luxmetru je spektrální citlivost podle křivky citlivosti lidského oka  $V(\lambda)$ .  $V(\lambda)$  je spektrální světelná citlivost lidského oka při denním světle a je definována v normě DIN 5031-11. Požadované přizpůsobení se provádí pomocí optického filtru, jehož kvalita určuje třídu přesnosti. Přípustná odchylka je stanovena v normě DIN 5032-7:  $f1' \leq 2\%$  = třída L,  $\leq 3\%$  = třída A,  $\leq 6\%$  = třída B,  $\leq 9\%$  = třída C. Další informace jsou uvedeny v normě ČSN EN 13032-2 (360456) z února 2018. Přípustná odchylka pro přizpůsobení  $V(\lambda)$  odkazuje na standardní světelný zdroj typu Illuminant A (2856 K).

### 4.2 Chyby fotometrických přístrojů

Chyby měření fotometrie jsou závislé na mnoha různých parametrech. Jednotlivé parametry jsou uvedeny v tab. 2. Pro příklad jsou uvedeny maximální procentuální chyby, které jsou vyžadovány při konstrukci špičkových fotometrických přístrojů.

Název	Zkratka	Chyba %
Kalibrační nejistota	$u_{cal}$	1 %
$V(\lambda)$ shoda s průběhem	$f1'$	1,5 %
UV odezva	$u$	0,2 %
IR odezva	$r$	0,2 %
Kosinová odezva	$f2$	1,5 %
Linearita	$f3$	0,2 %
Zobrazovací jednotka	$f4$	0,2 %
Časová únava	$f5$	0,1 %
Teplotní závislost	$f6$	0,2 %
Modulované světlo	$f7$	0,1 %
Změna rozsahu	$f11$	0,1 %
<b>Celková chyba</b>	$f_{total}$	4,0 %

Tab. 2 Fotometrické veličiny

Pro celkovou chybu platí:  $f_{total} = u_{cal} + f1' + u + r + f2 + f3 + f4 + f5 + f6 + f7 + f11$

Největší rezervy jsou ponechány pro shodu s průběhem  $V(\lambda)$  a pro kosinovou odezvu. Velikost shody s průběhem  $V(\lambda)$  lze ovlivnit kvalitou optického filtru, který je zařazen před samotným snímačem. Velikost chyby je dána poměrem součtu povrchů, které se odchylují od křivky  $V(\lambda)$  k celkové ploše pod křivkou  $V(\lambda)$ . Kosinovou odezvu (směrovou charakteristiku kosinového korektoru) pak lze ovlivnit mechanicko-optickým řešením.

## 5 Smart senzor

Smart senzor oproti klasickým luxmetrům, které v sobě mají jeden světlocitlivý prvek s předřazeným filtrem  $V(\lambda)$ , dokáže změřit i některé další parametry světelného zdroje. Tento senzor v sobě mimo snímač s předřazeným filtrem  $V(\lambda)$  obsahuje na čipu i další snímače, které mají před sebou aplikovány další filtry. Tyto filtry se shodují s normou dle standardu CIE a jejich průběhy odpovídají trichromatickým souřadnicím X, Y, Z.



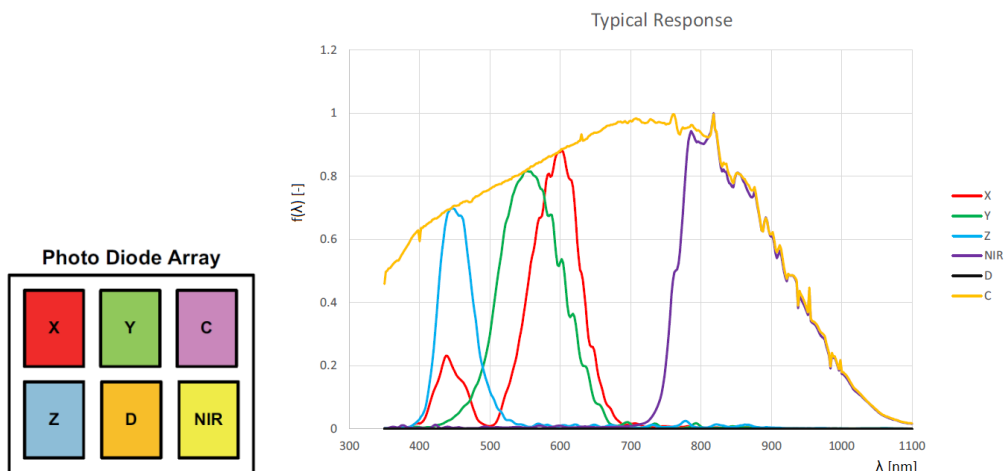
### 5.1 Konstrukce senzoru

Senzor je konstruován tak, aby byl malý a jednoduše použitelný. Pro snadnou manipulovatelnost je umístěn v krabici válcového tvaru o takových rozměrech, aby byla jednoduše uchopitelná do dlaně. Optický vstup je přizpůsoben tak, aby soustředil paprsky z co největšího úhlu na senzor. Díky použití kosinového korektoru a vhodné konstrukci okolí optického vstupu je úhel záběru téměř 180°. Pod kosinovým korektorem se nachází samotný snímač, kterému je předřazena čočka pro soustředění paprsků na plochu snímacího čipu. Snímací čip je osazen na desce plošného spoje, která obsahuje veškerou elektroniku senzoru. Senzor je vybaven mikro USB konektorem, pomocí něhož je senzor připojitelný ať už k počítači nebo k mobilním zařízením podporujícím funkci USB OTG. Pomocí rozhraní USB probíhá přenos měřených veličin do měřící aplikace a zároveň je elektronika senzoru pomocí tohoto rozhraní napájena. Principiální uspořádání mechanické konstrukce senzoru a fotografie samotného senzoru je pak na obr. 3.



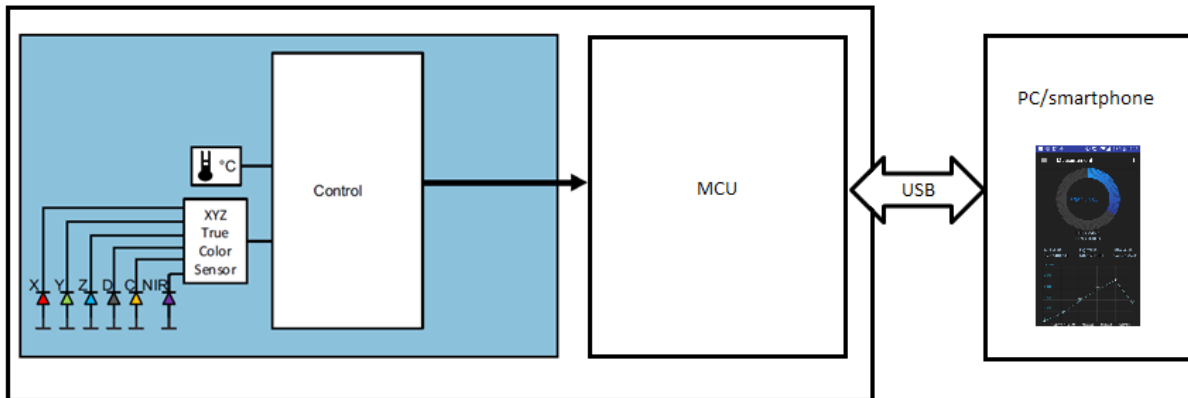
Obr. 3 Princip uspořádání a mechanické provedení senzoru

Elektronika senzoru je vybavena snímačem s šesti světlocitlivými prvky. Každému světlocitlivému prvku je přiřazen spektrální filtr, který vybírá danou část spektra. Rozmístění snímacích prvků na senzoru je uvedeno na obr. 4. Na jednotlivých snímacích prvcích jsou nanесeny filtry, a to pro měření trichromatických souřadnic XYZ, které jsou v souladu s normou CIE 1931 pro 2° pozorovatele. Dále senzor obsahuje snímací prvek referenční tmy a snímací prvek referenčního světla, pomocí něhož lze ujistit informaci o saturaci senzoru a zajistit přepínání rozsahů. Pro další typy měření lze využít snímač snímající oblast blízkého infračerveného záření. V oblasti fotometrie však nemá tento snímač uplatnění. Průběhy jednotlivých filtrů jsou uvedeny na obr. 4.



Obr. 4 Pole snímačů se světelnými filtry a jejich spektrální charakteristiky

Blokové schéma elektroniky senzoru je uvedeno na obr. 5. Modrý blok označuje jednotlivé části, které jsou na čipu snímače. Na čipu je tedy pole šesti fotocitlivých senzorů s nanesenými filtry, teplotní senzor pro zajištění teplotní kompenzace a řídicí elektronika, která zajišťuje samotné měření a převod měřených dat na digitální signál. Na jednom čipu jsou umístěny všechny snímače a taktéž samotný AD převodník, který provádí analogově digitální převod měřených signálů. Tím lze docílit velmi vysoké odolnosti proti okolnímu rušení. Naměřená data jsou pak přenášena v digitální podobě ze senzoru do mikrokontroléru, který následně provádí jejich zpracování a zajišťuje přenos dat do měřicí aplikace, buď v počítači, nebo mobilním zařízení.

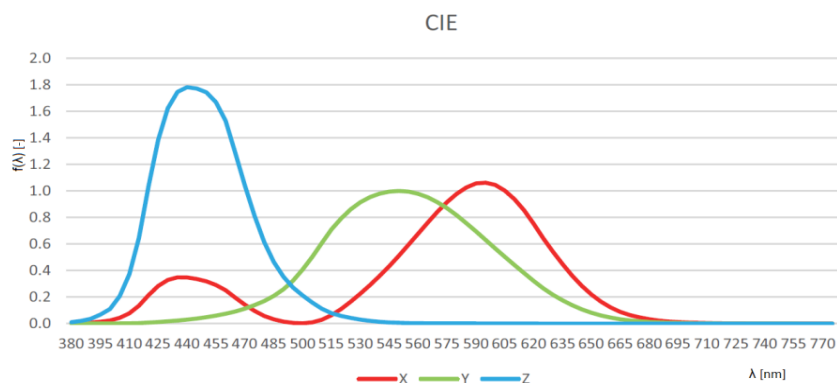


Obr. 5 Blokové schéma senzoru

## 5.2 Měřené parametry světla a princip měření

Senzor umožňuje měřit několik parametrů světla. Lze jej použít pouze pro měření bílého světla, nikoliv pro měření kvazi monochromatických zdrojů záření. Pro oblast použití v osvětlovací technice se jedná o osvětlenost, teplotu chromatičnosti a barevnou odchylku  $Duv$ .

Ve svém principu senzor měří trichromatické souřadnice XYZ, které jsou v souladu s normou CIE 1931 pro  $2^\circ$  pozorovatele, viz obr. 6. Ze souřadnic XYZ lze dále vypočítat kolorimetrické souřadnice dle normy CIE a to v barevném prostoru  $x, y$  nebo  $u, v$  nebo  $u', v'$ . Z těchto souřadnic se následně výpočtem získává teplota chromatičnosti světelného zdroje a barevná odchylka  $Duv$ . Hodnota osvětlenosti se získává přímo z měřicího kanálu trichromatické souřadnice Y, jehož vstupní optický filtr odpovídá průběhu křivky citlivosti lidského oka  $V(\lambda)$ .



Obr. 6 Průběhy spektrálních filtrů dle normy CIE

### 5.3 Výpočet CCT a Duv

Výpočet kolorimetrických souřadnic CIE 1931 x, y:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (1)$$

Výpočet CCT podle McCammyho vzorce:

$$CCT = 449 \cdot n^3 + 3525 \cdot n^2 + 6823,3 \cdot n + 5520,33 \quad (2)$$

Kde:

$$n = \frac{(x - X_e)}{(Y_e - y)} \quad (3)$$

$$X_e = 0,332, \quad Y_e = 0,1858$$

Konverze souřadnic x, y na souřadnice u, v:

$$u = \frac{4x}{-2x + 12y + 3} \quad (4)$$

$$v = \frac{6y}{-2x + 12y + 3} \quad (5)$$

Výpočet Duv:

$$L_{FP} = \sqrt{(u - 0,292)^2 + (v - 0,24)^2} \quad (6)$$

$$a = \arccos\left(\frac{u - 0,292}{L_{FP}}\right) \quad (7)$$

$$L_{BB} = k_6 a^6 + k_5 a^5 + k_4 a^4 + k_3 a^3 + k_2 a^2 + k_1 a + k_0 \quad (8)$$

Kde:

$$\begin{aligned} k_6 &= -0.00616793, & k_5 &= 0.0893944, & k_4 &= -0.5179722, \\ k_3 &= 1.5317403, & k_2 &= -2.4243787, & k_1 &= 1.925865, \end{aligned} \quad (9)$$

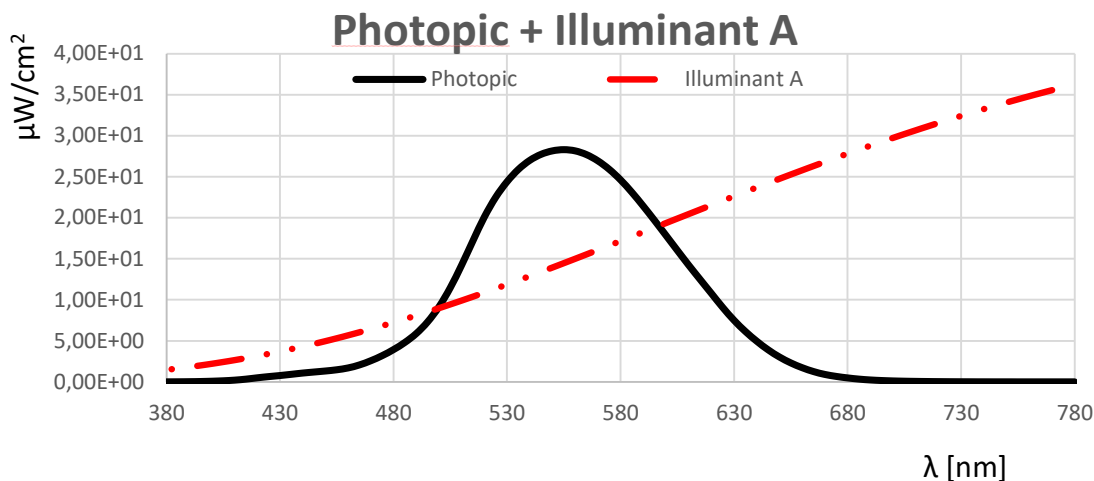
$$k_0 = -0.471106$$

Pak:

$$D_{uv} = L_{FP} - L_{BB} \quad (10)$$

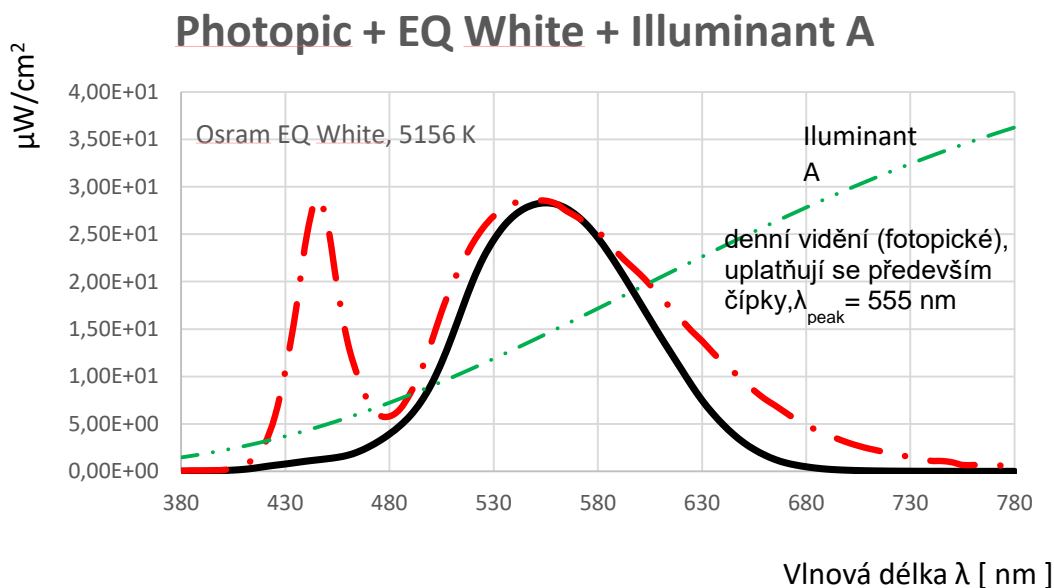
## 5.4 Kalibrace senzoru

Fotometrické senzory se kalibrují pomocí standardizovaného zdroje světla Illuminant A, viz obr. 7. Spektrum vyzařované tímto světelným zdrojem se podobá spektru, které je vyzařováno klasickými žárovkami.



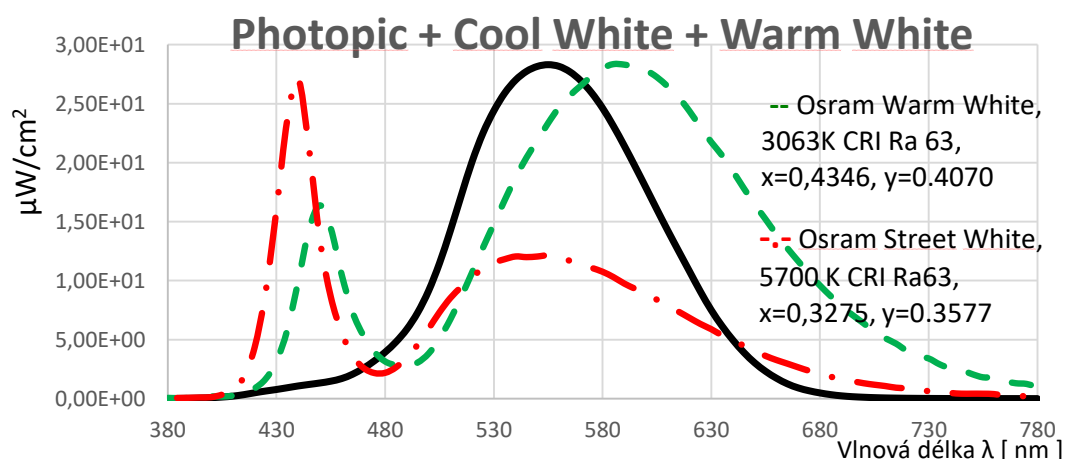
Obr. 7 Křivka  $V(\lambda)$  a spektrum Illuminantu A

Vstupní optické filtry luxmetru vždy mají odchylky od skutečné křivky  $V(\lambda)$  a přesnost luxmetru závisí především na kvalitě tohoto filtru a jeho shodě s křivkou  $V(\lambda)$ . Měření zdrojů světla s klasickými žárovkami bude tedy díky téměř shodnému spektru s kalibračním zdrojem poskytovat správné hodnoty. V dnešní době se ale klasické žárovky vyskytují málo kde. Představme si, že chceme změřit osvětlenost v místě, kde se využívají moderní LED svítidla. Zde nastává problém, jelikož spektrum vyzařované bílou LED je hodně odlišné od Illuminantu A, viz obr. 8.



Obr. 8 Křivka  $V(\lambda)$ , spektrum Illuminantu A a EQ white LED

Luxmetrem, který je kalibrován pomocí Illuminantu A, v tomto případě nikdy nenaměříme správné hodnoty osvětlenosti a různé luxmetry nám budou podávat zcela odlišné měřené hodnoty. Je to dáno tím, že odchylky průběhu reálného filtru od skutečné křivky  $V(\lambda)$  se při jiném spektru světelného zdroje, než pro jaký byl luxmetr kalibrován, projeví mnohem více. U moderních LED světelných zdrojů tuto chybu způsobuje z velké části především modrá složka vyzařovaného spektra, která má u těchto světelných zdrojů poměrně velkou amplitudu. Pokud tedy chceme pomocí luxmetru přesně měřit osvětlenost konkrétního světelného zdroje, musí být luxmetr kalibrován na daný typ světelného zdroje, tedy na tvar jeho spektra. Zde nastává další problém, jelikož LED zdroje bílého světla vyzařují různé tvary spektra v závislosti na teplotě chromatičnosti světelného zdroje. Pro srovnání je uvedeno spektrum teplé a studené bílé LED, viz obr. 9.

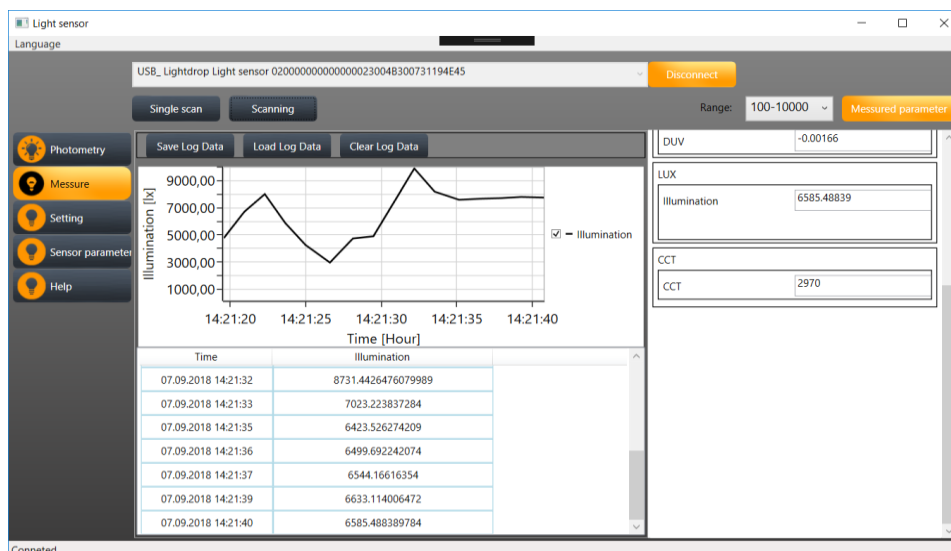


Obr. 9 Křivka  $V(\lambda)$ , spektrum studené a teplé bílé LED

Pokud tedy chceme měřit světelné zdroje LED s různými teplotami chromatičnosti stále přesně, je nutno senzor kalibrovat na různé teploty chromatičnosti tak, aby se potlačily nepřesnosti vstupního optického filtru. Senzor následně při měření světelného zdroje automaticky, na základě měření kolorimetrických souřadnic, detekuje teplotu chromatičnosti světelného zdroje a zvolí kalibraci pro daný tvar spektra tak, aby byla minimalizována chyba způsobená nedokonalostí vstupního optického filtru vzhledem k tvaru spektra vyzařovaného světelným zdrojem.

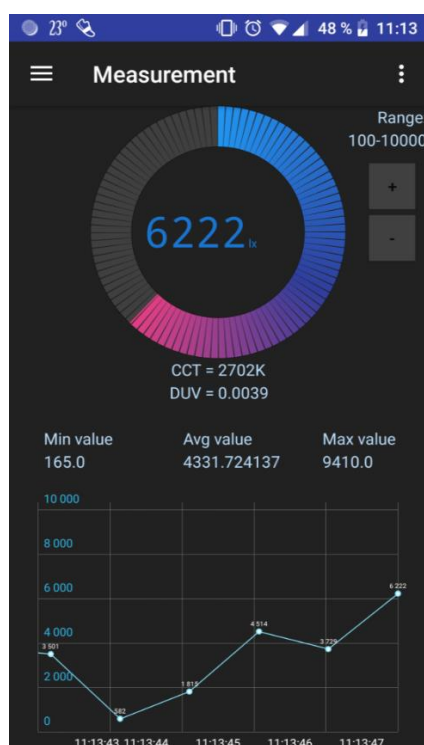
## 5.5 Software

Měřicí software pro fotometrický smart senzor je intuitivní a jednoduchý na ovládání. Tím, že je senzor připojitelný jak k počítači, tak k mobilnímu telefonu nebo tabletu, existuje verze softwaru pro operační systém Windows i pro operační systém Android. Software jak pro operační systém Windows, tak i pro operační systém Android poskytuje stejné funkce pro měření fotometrie. Software čte a zpracovává měřená data ze senzoru a přehledně je zobrazuje uživateli. Do grafu pak zapisuje historii měřených hodnot. Naměřená data lze taktéž z měřicího softwaru exportovat. Software pro operační systém Windows je na obr. 10. V levé části jsou jednotlivé záložky menu, v prostřední části je výpis měřených hodnot s grafem a v pravé části aktuální měřené hodnoty.



Obr. 10 Měřící aplikace pro Windows

Aplikace pro operační systém Android je na obr. 11. V horní části obrazovky se nachází aktuální měřené hodnoty a ve spodní části je graf s historií měřených hodnot. V horním levém rohu se pak nachází tlačítko s rozbalovacím menu.



Obr. 11 Měřící aplikace pro Android

## 5.6 Možnosti využití senzoru

Senzor je konstruován především na použití k měření osvětlenosti, teploty chromatičnosti a barevné odchylky LED světelných zdrojů. Tento senzor lze použít pro měření osvětlenosti i pro jiné typy světelných zdrojů, pokud je na ně kalibrován. Senzor tedy slouží jako malý luxmetr, který umožňuje mimo osvětlenosti měřit i další důležité parametry světla. Díky USB rozhraní je senzor připojitelný k počítači nebo k mobilu, kde lze pomocí softwaru ukládat

průběh měřených hodnot v čase. Senzor lze tedy také využít pro dlouhodobější monitorování světelných podmínek ( datalogger ) ve zvoleném prostředí. Své uplatnění nalezne u výrobců světel a ve všech oblastech, kde vyvstávají požadavky na měření interiérového i exteriérového osvětlení.

## 6 Závěr

Pokud chceme měřit fotometrii s vysokou přesností, je nejlepší sáhnout po spektrofotometru, ale jeho ovládání a měření s ním je pro nezkušené odborníky poměrně složité. Z pohledu dostupnosti jsou spektrofotometry poměrně drahé měřicí přístroje a ne každý si takto drahý přístroj může dovolit pořídit. Na druhou stranu v dnešní době dostupné luxmetry jsou poměrně levné, avšak nejsou vhodné pro měření moderních zdrojů světla využívajících LED. Neposkytují údaj o náhradní teplotě chromatičnosti světelného zdroje, barevné odchylce a jsou kalibrovány na tvar spektra Illuminantu A. Zde uvedený senzor představuje zlatou střední cestu mezi měřicími přístroji pro fotometrii. Senzor kombinuje možnosti měření, které jsou typické pro spektrometry, avšak za cenu nižší přesnosti, než s jakou bychom dané parametry změřili pomocí spektrometru a zároveň přebírá jednoduchost ovládání z klasických luxmetrů. Mimo jiné je připraven pro měření moderních LED zdrojů světla a to vše za cenu srovnatelnou s luxmetry.

## Literatura a odkazy

- [1] Interní materiály Lightdrop, s.r.o.
- [2] SMART spektrometr. KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXXII [online]. 2016, 2016 [cit. 2018-09-09]. Dostupné z: [http://www.csorsostrava.cz/sborniky/Kurz\\_osvetlovaci\\_techniky\\_XXXII.pdf](http://www.csorsostrava.cz/sborniky/Kurz_osvetlovaci_techniky_XXXII.pdf)
- [3] Barva světla (teplota chromatičnosti) u LED osvětlení: Barva světla LED: teplá, denní, nebo studená bílá?. T-led [online]. [cit. 2018-09-12]. Dostupné z: <https://www.t-led.cz/info/barva-svetla.html>

## Měření teploty chromatičnosti v kontrolním poli veřejného osvětlení

Kolektiv ENVIsport a.s.,  
Daniel Zmrzlík, ENVIsport a.s.,  
Jan Zálešák, Ing., ENVIsport a.s.

*Abstrakt: Článek popisuje hodnocení provedených měření náhradních teplot chromatičnosti v kontrolním poli u soustav veřejného osvětlení.*

### 1 Úvod

Teplota chromatičnosti je jedním ze základních parametrů světelných zdrojů. V současné praxi veřejného osvětlení je diskuse výběru vhodné teploty chromatičnosti, respektive náhradní teploty chromatičnosti, velmi aktuální. Například problematika volby dvou nejnepřítějších zástupců u světelných diod -  $T_{cp} = 3000$  K a  $T_{cp} = 4000$  K, je velmi diskutovanou záležitostí. Tato problematika je ve spojení se světelným znečištěním diskutována i ministerstvem životního prostředí. [1] Provozními měřeními bylo zjištěno, že reálná teplota chromatičnosti, vlivem optického systému svítidla a odrazů v městském prostředí, může být značně odlišná. Až o změny hodnot  $T_{cp}$  o 20 % a více. [2] Tento článek popisuje následná provedená měření oblastí s občasnou městskou zástavbou a sleduje změny spektrálního složení zářivého toku v oblasti vidění v podmínkách veřejného osvětlení.

### 2 Provedená měření a zjištěné údaje

V současné době není definován žádný postup ověření či způsobu popisu světelného prostředí pro spektrální charakteristiky jinak než dle charakteristiky světelného zdroje. Světelně technické parametry pozorované scény se však mohou, vlivem spektrálně závislých odrazů světelného toku v prostředí a vlivem vlastností materiálu svítidla (například krycí prvky zdrojů) významně lišit.

Výběr vzorku komunikací se zaměřil na komunikace s nižší intenzitou dopravy, především komunikace obslužné a pěší zóny, kde je městská zástavba realizována převážně několik metrů od komunikace, nebo se u komunikace vůbec nenachází. Dalším charakteristickým rysem byla nižší instalační výška svítidel VO. Sledovaným předpokladem při provádění měření byla změna spektrálního složení zářivého toku v různých kontrolních bodech v rámci kontrolního pole a při pohledu na něj, s předpokladem nižší vypočtené teploty chromatičnosti zářivého spektra pro kontrolní body se zvyšující se vzdáleností od světelného zdroje společně s narůstajícím úhlem od normálové svítivosti svítidla v systému řezů A- $\alpha$  a v menší měřené míře i pro B- $\beta$  při zvětšujícím se úhlu odklonu od normálové svítivosti daného svítidla.

Pro měření byly vybrány úseky veřejného osvětlení se svítivými diodami (ale označeno jako LED) a s vysokotlakou sodíkovou výbojkou (dále jako HPS).



Při vyhodnocení byl potvrzen předpoklad změny  $T_{cp}$  v kontrolním poli. Ukázka typického rozložení pro vytipovanou oblast je uvedena na obr. 1., kde svítidla osvětlovací soustavy jsou umístěna jednostranně, na uvedeném příkladu u „dolní“ hrany kontrolního pole.

		Délka měřeného úseku									
Šířka měřeného úseku		90,6	92,8	91,7	91,7	89,0	90,2	87,8	89,8	90,0	89,4
		97,3	96,7	96,2	94,3	92,2	92,1	93,7	95,5	96,4	96,5
		100,0	98,6	97,0	95,1	93,3	92,3	93,8	96,6	97,7	99,3

Grafické vyjádření rozložení poměru změřených hodnot náhradní teploty chromatičnosti komunikace Blahoslavova v Ostravě pomocí nepravých barev a procent zjištěné  $T_{cp}$ . 100 % hodnota referuje k nejvyšší naměřené  $T_{cp}$  v kontrolním poli.

Sledovaná změna  $T_{cp}$  se snižuje s narůstající vzdáleností kontrolního bodu od svítidel. Komunikace s nižším umístěním svítidel vykazovaly menší variabilitu změn měřených  $T_{cp}$ . Průměrné hodnoty  $T_{cp}$  naměřené na jednotlivých typických úsecích v průměrných hodnotách jsou uvedeny v Tab.1

Typ komunikace	Typ světelného zdroje	Rozdíl mezi $T_{cp}$ svítidla a průměrnou $T_{cp}$ na komunikaci	Rozdíl mezi $T_{cp}$ svítidla a viděnou $T_{cp}$ pozorovatelem scény
obslužná komunikace pro smíšenou dopravu	LED	7,38 %	9,05 %
	HPS	1,69 %	0,79 %
pěší zóna	LED	0,40 %	0,33 %
	HPS	1,54 %	0,79 %

Tab.1 Grafické vyjádření rozložení změřených hodnot náhradní teploty

Výsledky měření potvrzují předpoklad změny zářivého spektra a tím i výsledné teploty chromatičnosti. Na rozdíl od již dříve posuzovaných soustav veřejného osvětlení, kde instalační výška svítidel byla až dvojnásobně vyšší, nebyl potvrzen předpoklad změn teplot chromatičnosti až o 20 % oproti  $T_{cp}$  osvětlujícího světelného zdroje. Bylo však potvrzeno, že s vyšší instalační výškou svítidla (způsobující větší vzdálenosti kontrolních bodů od zdroje světla), se změna teploty chromatičnosti (respektive spektra světelného toku) projevuje více. U osvětlovacích soustav instalovaných v pěších zónách (typicky na nízkých stožárech) se změna měřené  $T_{cp}$  téměř neprojevila.

Téměř konstantní chování v rámci světelného spektra a vykazovaly soustavy s HPS světelnými zdroji.

### 3 Závěr

Měření poskytlo informace o změnách zářivého spektra získaného ze svítidel instalovaných v reálném prostředí veřejného osvětlení komunikací nižších tříd pro motorovou dopravu a pěších zón. Dílčí výsledky tohoto měření doplňují probíhající diskusi na téma výběru a rozložení vnímané teploty chromatičnosti v dopravním prostoru.

V případě probíhající diskuse na téma stanovení metodiky pro určení pozorovatelem viděné teploty chromatičnosti, lze konstatovat relativně malou změnu mezi průměrnou měřenou  $T_{cp}$  z dopadajícího zářivého toku na povrch komunikace a  $T_{cp}$  vypočtenou z odraženého světelného toku od komunikace, která je viděná pozorovatelem (uživatelé daného světelného prostředí). Zjištěné předpoklady však musejí být dále ověřeny pomocí spektrální analýzy odrazných vlastností materiálů povrchů komunikací.

### 4 Poděkování

Děkujeme VŠB-TUO a kolektivu světelné techniky za zapůjčení měřicích přístrojů, vstřícnému přístupu a sdílení nadšení pro práci a výzkum v oblasti světelné techniky. Dále pak poděkování patří kolegům z ENVlspot a.s., kteří nás při měření a vypracování tohoto článku podpořili.

### Literatura a odkazy

- [1] *Světelné znečištění* [online]. Praha: MŽP - Ministerstvo životního prostředí, 2018 [cit. 2018-09-16]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/svetelne\\_znecistení](https://www.mzp.cz/cz/svetelne_znecistení)
- [2] ZÁLEŠÁK. *Studium energetické náročnosti osvětlovacích soustav v podmínkách mezopického vidění*. Praha, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Prof. Ing. Jiří Habel, Dr.Sc. a Ing. Petr Žák, Ph.D.

## Návrh národní metodiky pro výběr tříd osvětlení pozemních komunikací

Žák P., Terrich T., ČVUT FEL v Praze, [zakpetr@fel.cvut.cz](mailto:zakpetr@fel.cvut.cz), [territhe@fel.cvut.cz](mailto:territhe@fel.cvut.cz)

**Abstrakt:** Příspěvek popisuje návrh nové metodiky pro výběr tříd osvětlení pozemních komunikací, jako náhrady za metodiku uvedenou v normě ČSN CEN/TR 13201-1. Nová metodika vychází z administrativního dělení pozemních komunikací v České republice zavedené v národních právních předpisech a jejím hlavním cílem je zjednodušení výběru tříd osvětlení v praxi.

### 1 Úvod

V prosinci 2015 byl Evropským výborem pro normalizaci (CEN) přijat aktualizovaný a rozšířený soubor norem pro osvětlení pozemních komunikací pod označením EN 13201. V červnu 2016 byl tento soubor přijat také do české soustavy technických norem pod označením ČSN EN 13201. Nový soubor tvoří celkem pět částí:

- ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení 9/2016
- ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky, 6/2016
- ČSN EN 13201-3 Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet, 6/2016
- ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření, 6/2016
- ČSN EN 13201-5 Osvětlení pozemních komunikací – Část 5: Ukazatelé energetické náročnosti, 6/2016

U aktualizovaného souboru evropských norem byla zachována původní skladba, kde první část souboru CEN/TR 13201-1, není evropskou normou, ale pouze technickou zprávou. Jednotlivé členské země nemají povinnost tuto zprávu přejímat. Například Německo tuto první část nepřijalo, používá původní metodiku a zároveň pracuje na vytvoření metodiky vlastní. V Itálii, Rakousku a Švýcarsku mají vlastní první část souboru norem. V rámci České republiky byla tato technická zpráva přijata jako česká technická norma. Ostatní části souboru jsou již evropskými normami. Oproti původnímu souboru je nový soubor rozšířen o část 5, která se týká ukazatelů energetické náročnosti veřejného osvětlení. Všechny části byly zařazeny do soustavy českých technických norem převzetím originálu v angličtině a na překladech do češtiny se pracuje.

## 2 Třídy osvětlení

V rámci uvedeného souboru norem se pozemní komunikace podle účelu člení do tří základních světelných situací - pozemní komunikace pro motorovou dopravu (M), konfliktní oblasti (C) a pozemní komunikace pro chodce a pomalou dopravu (P), které se charakterizují třídami osvětlení.

Třídy osvětlení M jsou určeny pro řidiče motorových vozidel na dopravních trasách, v některých zemích také pro pozemní komunikace v oblastech pro bydlení se střední až vysokou dovolenou rychlostí. Třídy osvětlení C jsou určeny pro konfliktní oblasti na pozemních komunikacích, kde je složení dopravy převážně motorové. Konfliktní oblasti se vyskytují tam, kde se proudy vozidel vzájemně kříží, nebo kde ústí do oblastí se zvýšeným výskytem chodců, cyklistů nebo dalších uživatelů pozemní komunikace. Za konfliktní oblasti se považují také místa, kde dochází ke změně geometrie pozemní komunikace, jako je snížení počtu jízdních pruhů nebo zúžení jízdního pruhu nebo pásu. Třídy osvětlení P jsou určeny převážně pro chodce a cyklisty pohybující se po chodnících a cyklostezkách a pro řidiče motorových vozidel pohybujících se nízkou rychlostí ( $v \leq 40$  km/h) po komunikacích v obytných oblastech, pro osvětlení krajnic, parkovacích pruhů a dalších dopravních prostorů, které leží odděleně nebo podél dopravní trasy nebo pozemní komunikace v obytné oblasti apod.

Požadavky na osvětlení závisí na parametrech vlastní dopravy, typu uživatele, na geometrickém uspořádání dopravního prostoru a podmínkách okolí. Z tohoto důvodu je pro každou situaci specifikováno několik tříd osvětlení, konkrétně M1 až M6, C0 až C5, P1 až P7.

## 3 Současná metodika výběru třídy osvětlení

Třídy osvětlení pro každou světelnou situaci se určí podle metodiky uvedené v první části souboru norem [2]. V druhé části souboru norem [3] jsou pak uvedeny parametry osvětlení a jejich hodnoty, které mají být pro danou třídu osvětlení splněny. U nové metodiky pro výběr tříd osvětlení, v porovnání s metodikou v předchozí normě, došlo k výrazným změnám. Původní metodika využívala rozsáhlý tabulkový systém světelných situací. Nová metodika je výrazně jednodušší, a je založena na dvou základních principech: váhové kritérium a adaptivní osvětlení.

Při výběru třídy osvětlení se v první kroku řešená pozemní komunikace zařadí do jedné z výše uvedených světelných situací (M, P, C). Pro každou situaci jsou definovány parametry, které ovlivňují stanovení úrovně osvětlení. Pro každý parametr jsou uvedeny možnosti s příslušnou váhou. Parametry lze rozdělit na konstantní, které se nemění a proměnné, které se mohou v průběhu noci nebo jednotlivých dní měnit. U proměnných parametrů se při výběru třídy osvětlení použijí maximální hodnoty, např. pro intenzitu dopravy se používá špičková hodinová hodnota. Po přiřazení váhových hodnot jednotlivým parametrům se provede jejich součet, tím se získá se celková váha  $V_{WS}$ . V případě třídy osvětlení M se z celkové váhy určí podle vztahu (1) tzv. normální třída osvětlení.

$$M = 6 - V_{WS} \quad (1)$$

Příklad stanovení váhových hodnot u komunikace pro motorovou dopravu (M) je uveden v tab. 1. Třídy osvětlení pro pozemní komunikace pro motorovou dopravu se pohybují v rozsahu M1 až M6. Pokud je celková váha  $V_{WS} < 0$  použije se hodnota  $V_{WS} = 0$ . Pokud vychází číslo třídy osvětlení  $M \leq 0$  použije se třída osvětlení M1.

Vzhledem k tomu, že se hodnoty proměnných parametrů mohou v průběhu noci měnit, nemusí být použití normální třídy osvětlení po celou dobu provozu odůvodnitelné. Změna váhových hodnot parametrů může v takovém případě vyvolat změnu zatřídění a tím i změnu

parametrů osvětlení. Osvětlení, u kterého se mění světelně technické parametry, se nazývá adaptivní osvětlení. Mezi proměnné parametry patří:

- intenzita dopravy;
- skladba dopravního proudu;
- aktuální odrazné vlastnosti vozovky (stárnutí povrchu);
- skutečný stav povrchu (mokrý, suchý, zasněžený..);
- jasnost okolí

Při adaptivním osvětlení je důležité zajistit, aby změny průměrných hladin osvětlení neovlivnily další kvalitativní kritéria tak, že by v daných třídách osvětlení M, C nebo P byly překročeny limitní hodnoty. Snížení světelného toku všech svítidel ve stejném poměru neovlivní rovnoměrnost jasu nebo osvětlenosti, ani kontrast předmětů, ale zvýší se prahový kontrast.

Tab.1 Příklad části tabulky pro výběr tříd osvětlení M

Parametr	Možnosti	Popis		Váhová hodnota $V_w$	Váha $V_{w,t}$
Návrhová nebo dovolená rychlost	Velmi vysoká	$v \geq 100$ km/h		2	-1
	Vysoká	$70 < v < 100$ km/h		1	
	Střední	$40 < v \leq 70$ km/h		-1	
	Nízká	$v \leq 40$ km/h		-2	
Intenzita dopravy		Dálnice, vícepruhové pozemní komunikace	Dvoupruhové pozemní komunikace		0
	Vysoká	> 65% max. kapacity	> 45% max. kapacity	1	
	Střední	35% - 65% max. kapacity	15% - 45% max. kapacity	0	
	Nízká	< 35% max. kapacity	< 15% max. kapacity	-1	
...	...	...	...	...	...
Náročnost navigace	Vysoká			...	...
	Střední			...	
	Nízká			...	
<b>Celková váha <math>V_{ws}</math></b>					$\sum V_{w,t}$
<b>Třída osvětlení <math>M = 6 - V_{ws}</math></b>					

#### 4 Nedostatky současné metodiky výběru tříd osvětlení

Technická zpráva CEN/TR 13201-1 není závazná a členské státy CEN tedy nemají povinnost tento dokument přijímat do soustavy národních technických norem. Již v úvodu technické zprávy se uvádí, že jednotlivé členské státy si mohou metodiku výběru tříd osvětlení, kterou tato zpráva popisuje, upravit nebo použít metodiku jinou. Metodika pro stanovení tříd osvětlení použitá v CEN/TR 13201-1 vychází z dokumentu CIE 115/2010. I přes významné zjednodušení oproti předchozí metodice je pro praxi poměrně náročná, složitá a v některých případech nejednoznačná.

Problematickým místem je například přiřazení váhových hodnot u návrhové resp. dovolené rychlosti, kde při změně rychlosti o jeden stupeň z vysoké na střední dojde ke změně o dvě

třídy osvětlení. Dalším problematickým místem je stanovení kapacity pozemní komunikace, která se jako výkonový parametr stanovuje pro dálnice a silnice mimo obce. V obci lze kapacitu stanovit pro místní rychlostní komunikace. Pro sběrné komunikace je kapacita dána propustností křižovatek a u obslužných komunikací se kapacita nehodnotí. Problematické je také zjišťování intenzit dopravy u místních komunikací. Z výše uvedených informací je zřejmé, že volba třídy osvětlení má v sobě určitou míru nejistoty a může být potenciálním místem sporu. Při porovnání dokumentu CEN/TR 13201-1 a dokumentu CIE 115/2010, z kterého metodika vychází, jsou zřejmé rozdíly jak v možnostech jednotlivých parametrů, tak jejich váhových hodnotách (tab. 2). Obě metodiky se u čtyř parametrů shodují a u čtyř parametrů liší. Je tedy zřejmé, že jak možnosti, tak váhové hodnoty nejsou všeobecně dané a při jejich volbě a nastavení hraje roli individuální přístup.

Tab.2 Porovnání parametrů pro výběr tříd M v dokumentech CIE [1] a CEN [2]

Parametr	CIE		CEN/TR	
	Možnosti	Váhová hodnota	Možnosti	Váhová hodnota
Rychlost	Velmi vysoká	1	Velmi vysoká	2
	Vysoká	0,5	Vysoká	1
	Střední	0	Střední	-1
	X	x	Nízká	-2
Intenzita dopravy	Velmi vysoká	1	x	x
	Vysoká	0,5	Vysoká	1
	Střední	0	Střední	0
	Nízká	-0,5	Nízká	-1
	Velmi nízká	-1	x	x
Skladba provozu	Smišená s převládající nemotorovou dopravou	2	Smišená s převládající nemotorovou dopravou	2
	Smišená	1	Smišená	1
	Pouze motorová	0	Pouze motorová	0
Směrově rozdělená komunikace	Ne	1	Ne	1
	Ano	0	Ano	0
Hustota křižovatek	Vysoká	1	Vysoká	1
	Střední	0	Střední	0
Parkující vozidla	Vyskytují se	1	Vyskytují se	1
	Nevyskytují se	0	Nevyskytují se	0
Jasnost okolí	Velmi vysoká	1	x	x
	Vysoká	0,5	Vysoká	1
	Střední	0	Střední	0
	Nízká	-0,5	Nízká	-1
	Velmi nízká	-1	x	x
Náročnost navigace	Vysoká	0,5	Vysoká	2
	Střední	0	Střední	1
	Nízká	-0,5	Nízká	0

Třídy osvětlení definují požadavky na osvětlení pozemních komunikací. Při relativní složitosti a nejednoznačnosti jejich stanovení to může významně ovlivnit kvalitu návrhu osvětlovacích soustav jak z pohledu bezpečnosti, tak z pohledu energetické náročnosti. Správné definování požadavků na osvětlení je prvním krokem při úvahách o energetické náročnosti a optimalizaci osvětlovacích soustav.

## 5 Návrh nové metodiky pro výběr tříd osvětlení

Současná metodika používá pro stanovení jednotlivých tříd osvětlení parametrický systém. To znamená, že jednotlivé třídy jsou stanoveny podle parametrů, které charakterizují uživatele, dopravní situaci, geometrii dopravního prostoru a okolní prostředí. Nově navrhovaná metodika používá, z důvodu jednoznačného přiřazení tříd osvětlení, taxativní systém. Základem metodiky je administrativní členění pozemních komunikací v České republice a velikosti obce. V současné době se požadavky na osvětlování pozemních komunikací zobecňují. Požadavky na osvětlení pozemních komunikací ve městech se automaticky přenášejí na komunikace v malých obcích. Město a malá obec jsou přitom charakterově odlišné. Město má svým charakterem technickému vývoji, technickým prostředkům. Malé obce jsou více svázány s krajinou, okolní přírodou a jsou součástí krajinného rázu. Veřejné osvětlení je technické zařízení, veřejná infrastruktura, která může krajinný ráz výrazně narušovat. V současné době se stává, že se k osvětlení místních komunikací v malých obcích přistupuje stejně jako k osvětlení ulic ve velkých městech. Takový přístup narušuje přirozený charakter venkovského prostředí, přičemž vliv osvětlení na bezpečnost dopravy v malých obcích je diskutabilní. Zbytečně se pak navyšuje veřejná infrastruktura obce a tím i náklady na provoz a obnovu. V tabulce 3 je uveden pracovní návrh národní metodiky pro výběr tříd pozemních komunikací.

Tab.3 Tab.3 Pracovní návrh národní metodiky pro výběr tříd osvětlení

Prostor	Kategorie		Poznámka	Třída osvětlení				
				Normální	Adaptivní statická			
					zap.- 23:00	23:00 - 05:00	05:00 - vyp.	
Extravilán	Dálnice a silnice	Dálnice		M4	M4	M5	M4	
		Silnice I. třídy		M4	M4	M5	M4	
		Silnice II. třídy		M5	M5	M6	M5	
		Silnice III. třídy		M5	M5	M6	M5	
Intravilán	Průjezdni úseky silnic	Průjezdni úsek silnice I. třídy		M3	M3	M4	M3	
		Průjezdni úsek silnice II. třídy		M3	M3	M4	M3	
		Průjezdni úsek silnice III. třídy		M4	M4	M5	M4	
	Místní komunikace (MK)	MK I. třídy - rychlostní		M3	M3	M4	M3	
		MK II. třídy - sběrná		C3	C3	C4	C3	
		MK III. třídy - obslužná	obce nad 2000 obyvatel		C4	C4	C5	C4
			obce do 2000 obyvatel, souvislá zástavba		P4	P4	P5	P4
			obce do 2000 obyvatel, nesouvislá zástavba		P7	P7	P7 (red.)	P7
		MK IV. třídy - pro chodce		P4	P4	P5	P4	
		Cyklostezky		P5	P5	P6	P5	
		Venkovní schodiště		P3	P3	P4	P3	
		Lávky pro chodce a cyklisty		P4	P4	P5	P4	
	Náměstí, podloubí		P2	P2	P3	P2		
	Účelové komunikace	Parkovací plochy u bytové zástavby		P4	P4	P5	P4	
		Parkovací plochy prodejen, kulturních zařízení		P2	P2	P3	P2	
Parkovací plochy nákupních center			C4	C4	C5	C4		

## 6 Závěr

Návrh národní metodiky pro výběr tříd osvětlení pozemních komunikací má dva cíle. První cíl je praktický. Nová metoda má zjednodušit, usnadnit a zpřehlednit výběr tříd osvětlení v praxi pro běžné projektanty. Druhý cíl souvisí s hodnocením energetické náročnosti a

optimalizací osvětlovací soustavy. Řada dnešních přístupů při hledání energetických opatření se zabývá detaily, jako jsou měrné výkony světelných zdrojů a svítidel, účinností svítidel apod. a ztrácí se přehled o celku, který jediný umožňuje určit to, zda určitá úsporná opatření mají v konečném důsledku význam či nikoliv. Na základě znalosti struktury pozemních komunikací v obci, kraji nebo celé České republice z pasportu pozemních komunikací nebo národních statistických údajů lze touto metodou stanovit požadavky na jejich osvětlení. Znalost požadavků na osvětlení umožňuje velmi rychle stanovit energetickou náročnost různých variant osvětlovacích soustav a jejich porovnání z hlediska energetické náročnosti, investičních nákladů a návratnosti. Při použití řídicích systémů lze, na základě proměnlivosti vstupních parametrů u jednotlivých kategorií pozemních komunikací, modelovat měnící se parametry rozhodné pro zatřídění pozemních komunikací, a tím vyhodnotit požadavky a energetickou náročnost v průběhu provozu, investiční náklady i návratnost různých typů řídicích systémů.

### **Literatura a odkazy**

- [1] CIE 115:2010, Lighting of roads for motor and pedestrian traffic.
- [2] ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení 9/2016
- [3] ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky, 6/2016



## **Analýza dopravní nehodovosti v noci při veřejném osvětlení v České republice**

Theodor Terrich, Ing., Petr Žák, Ph.D., ČVUT v Praze, fakulta Elektrotechnická,  
petr.zak@fel.cvut.cz, theodor.terrigh@fel.cvut.cz

*Abstrakt: Příspěvek obsahuje podrobnou analýzu dopravních nehod na území České republiky, která bude sloužit jako jeden ze vstupních podkladů pro přípravu národní metodiky výběru tříd osvětlení pro pozemní komunikace. Pro analýzu dopravních nehod jsou využity podrobné údaje o dopravních nehodách ze statistiky Policie České republiky za období od roku 2013 do roku 2017. Dopravní nehody jsou analyzovány podle závažnosti dopravní nehody, velikosti obce, kategorie pozemní komunikace a doby. Počty dopravních nehod v obcích v době provozu s veřejným osvětlením jsou také porovnány s celkovým počtem dopravních nehod ve dne a mimo obec.*

### **1 Úvod**

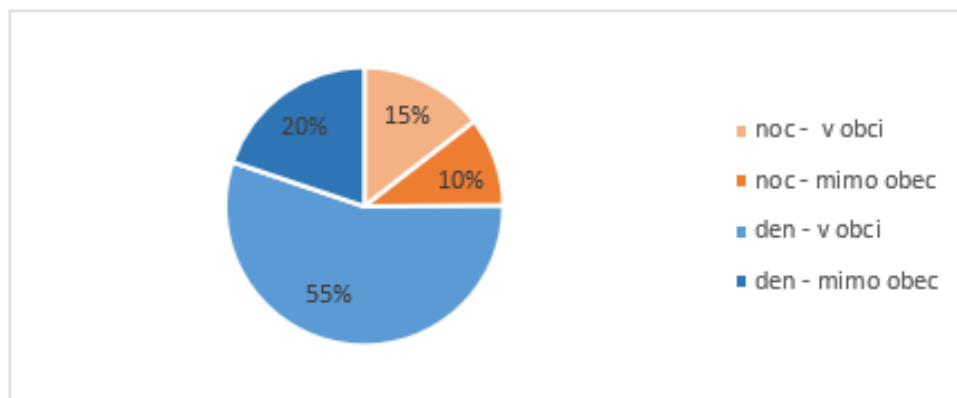
Základním účelem veřejného osvětlení je zajištění bezpečnosti dopravy tím, že se zlepší viditelnost pozemních komunikací a objektů a případných překážek nacházejících se na nebo u pozemní komunikace. Jedním ze způsobů jak ověřit účinnost veřejného osvětlení, je rozbor dopravních nehod. Velmi rozšířenou metodou pro hodnocení veřejného osvětlení ve vztahu k dopravním nehodám je zjišťování počtu dopravních nehod na sledovaném úseku dopravní komunikace před a po rekonstrukci veřejného osvětlení [1,2]. Výsledky studií ukazují, že veřejné osvětlení může snížit počet dopravních nehod. Studie ale současně upozorňují, že to neznamená, že by veřejné osvětlení bylo nákladově účinné opatření pro snížení dopravní nehodovosti [1]. Uvedený přístup umožňuje posuzovat účinnost veřejného osvětlení na konkrétních sledovaných úsecích. Neříká to, ale nic o tom, kde dochází k dopravním nehodám a jaké je rozložení dopravních nehod v rámci většího územního celku. Studie dopravní nehodovosti při veřejném osvětlení na větším územním celku by mohli identifikovat, zda existuje rozdíl v dopravní nehodovosti mezi velkými městy a malými obcemi, v jakých úsecích pozemních komunikací se dopravní nehody stávají, jaké je rozložení dopravních nehod u jednotlivých kategorií pozemních komunikací, časový profil dopravních nehod a další.

### **2 -Databáze a analýzy dopravních nehod**

Pro analýzu dopravních nehod při veřejném osvětlení byla využita databáze dopravních nehod Policie České republiky [1] z let 2013 až 2017. Časový úsek pěti po sobě následujících let obsahuje 467 000 záznamů o dopravních nehodách. Ke každé nehodě je uvedeno 60 parametrů, které obsahují identifikaci místa, časové údaje, druh a příčinu nehody, závažnost nehody, fyzický stav komunikace, typ komunikace, klimatické podmínky a další informace. V úvodní části analýzy bylo provedeno celkové rozložení dopravních nehod na celém území České republiky. Následně byla analýza zúžena na dopravní nehody a následkem na zdraví. Detailní analýzy pak byly omezeny pouze na dopravní nehody s následkem na zdraví v obcích při veřejném osvětlení. V rámci těchto analýz byly dopravní nehody vyhodnocovány v závislosti na kategorii pozemní komunikace, na místě dopravní nehody, na počtu obyvatel obce nebo podle časového profilu.

### ■ Celkové rozložení dopravních nehod

Zpracování velkého množství údajů obsažené ve zpracovávané databázi je časově náročné. Následující část uvádí první výsledky s tím, že práce na dalších rozborech pokračují. V úvodní části analýzy, byl proveden rozbor celkového rozložení všech dopravních s rozlišením podle denní doby a místa nehody. V letech 2013 až 2017 bylo evidováno od 84 000 do 104 000 dopravních nehod za rok. Průměrné roční rozložení dopravních nehod pro toto období je uvedeno na obr. 1

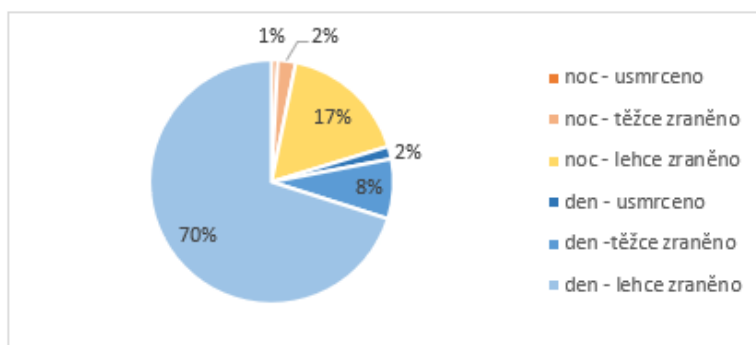


### ■ Průměrné rozložení dopravních nehod v České republice v letech 2013 až 2017

Poměr mezi dopravními nehodami ve dne a v noci je 75% / 25%. Poměr mezi dopravními nehodami v obci a mimo obec činí 70% / 30%. Podíl dopravních nehod v obci v nočních hodinách z celkového počtu dopravních nehod je 15%.

### ■ Dopravní nehody s následky na zdraví

V předchozí analýze byly vyhodnocovány všechny dopravní nehody evidované v databázi Policie ČR. Je třeba rozlišovat mezi evidovaným a skutečným počtem dopravních nehod. Vzhledem k úpravám národní legislativy není od roku 2009 povinnost hlásit policii některé drobné dopravní nehody. To je hlavní důvod významného rozdílu mezi skutečným a evidovaným počtem dopravních nehod. Vypovídá o tom rozdíl v počtu evidovaných nehod v roce 2008 a 2009. V roce 2008 bylo evidováno 160 376 nehod, v roce 2009 bylo evidováno 74 815 nehod, tedy pokles o 53%. V případě dopravních nehod s následkem na zdraví bylo v roce 2008 evidováno 22 481 nehod, v roce 2009 to bylo 21 706 nehod, rozdíl je tedy 3,5%. Z těchto údajů je zřejmé, že rozdíl mezi skutečným a evidovaným počtem dopravních u nehod bez následků na zdraví je velký a u dopravních nehod s následky na zdraví je minimální. Z tohoto důvodu byl rozbor dopravních nehod dále omezen pouze na dopravní nehody s následkem na zdraví, které zahrnují nehody s úmrtím, s lehkým zraněním a těžkým zraněním. Průměrné roční rozložení dopravních nehod s následkem na zdraví je uvedeno na obr. 2, z kterého je zřejmé, že k 80% těchto nehod dochází v průběhu dne.



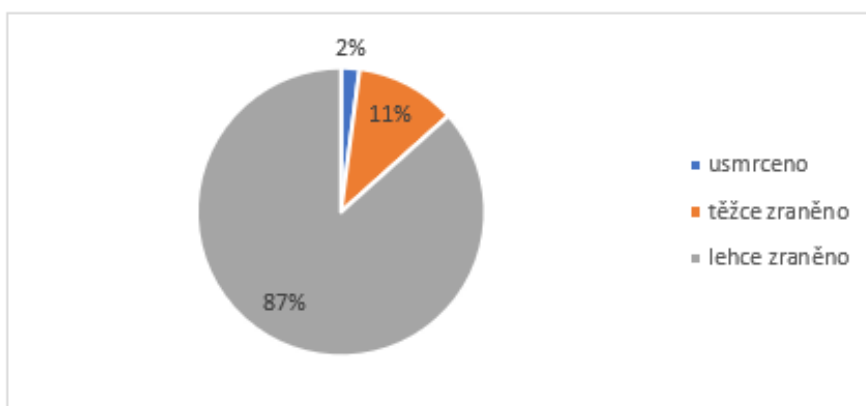
Podíl dopravních nehod s následky na zdraví podle denní doby v letech 2013 až 2017

### 2.2.1 Dopravní nehody v obcích při veřejném osvětlení s následky na zdraví

Pro další zpracování byly vyhodnocované údaje zúženy pouze na dopravní nehody s následkem na zdraví v obcích při veřejném osvětlení. Počet všech dopravních nehod v obcích v nočních hodinách s veřejným osvětlením má za sledované období (tab. 1) mírně vzestupnou tendenci (od 11,5 do 12,6 tisíc), ale počet dopravních nehod s následkem na zdraví se výrazně nemění. Z celkového počtu dopravních nehod s následkem na zdraví v obcích v nočních hodinách je podíl dopravních nehod s lehkým zraněním 88%, s těžkým zraněním 11% a s úmrtím 2% (obr. 3)

Tab.1 Počet dopravních nehod s následky na zdraví v obcích s veřejným osvětlením

Dopravní nehody	Rok				
	2013	2014	2015	2016	2017
Celkem v české republice	84 398	85 859	93 067	99 863	103 825
Celkem v obcích	59 692	60 736	65 020	68 873	71 459
V obcích v noci s VO	11 508	11 439	11 457	12 138	12 640
-s následky na zdraví	2 259	2 361	2 190	2 186	2 131
> usmrceno	54	47	38	50	41
> těžce zraněno	279	292	238	247	203
> lehce zraněno	1 926	2 022	1 914	1 889	1 887



Rozložení dopravních nehod s následky na zdraví v letech 2013 až 2017 dle závažnosti

## 2.2.2 Dopravní nehody v závislosti na počtu obyvatel obce

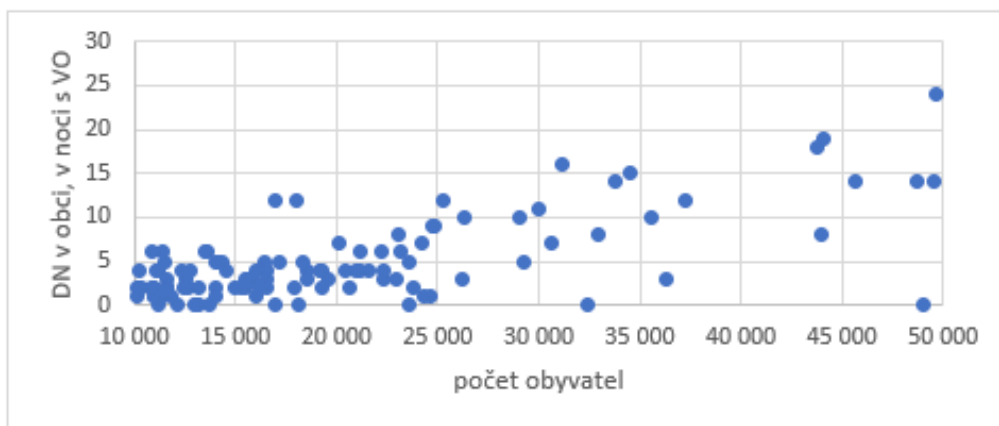
Pro další analýzu byla použita databáze obcí Českého statistického úřadu obsahující počet obyvatel. Jednotlivým obcím pak byly přiřazeny údaje z databáze dopravní nehodovosti. Pro lepší přehlednost byly obce rozděleny podle počtu obyvatel na následujících skupin: 0 – 999, 1000 - 4999, 5000 – 9999, 10 000 – 49 999, 50 000 – 99 999, nad 100 000 obyvatel. Přehled dopravních nehod v jednotlivých skupinách obcí je uveden v tab. 2. Grafické znázornění počtu dopravních nehod pro vybrané skupiny obcí je uvedeno na obr. 4 a obr. 5.

Z výsledků provedených analýz dopravních nehod s následky na zdraví v obcích při veřejném osvětlení vyplývá, že v České republice je větší podíl těchto nehod ve městech s vyšším počtem obyvatel. U malých obcí do 1 000 obyvatel, které tvoří 77% obcí v České republice a žije v nich 17% obyvatel České republiky, došlo k 8 % dopravních nehod. Přitom k těmto nehodám došlo pouze v 5 % obcí. U ostatních 95 % obcí do 1 000 obyvatel nedošlo k žádné dopravní nehodě s následkem na zdraví v nočních hodinách. Ve městech nad 10 000 obyvatel, které tvoří pouze 2% obcí v České republice, a žije v nich 52 % obyvatel, došlo k 71 % těchto dopravních nehod. Lze přitom očekávat, že ve větších městech je kvalita veřejného osvětlení vyšší než v malých obcích. U sídel s nižším osídlením lze nalézt modus počtu DN. U obcí do 5 000 obyvatel je modus a medián počtu DN na území obcí v noci s VO s následky na zdraví nebo životě roven 0. U obcí s počtem obyvatel od 5 do 20 tisíc je medián i modus DN na území obcí v noci s VO s následky na zdraví nebo životě roven 1.

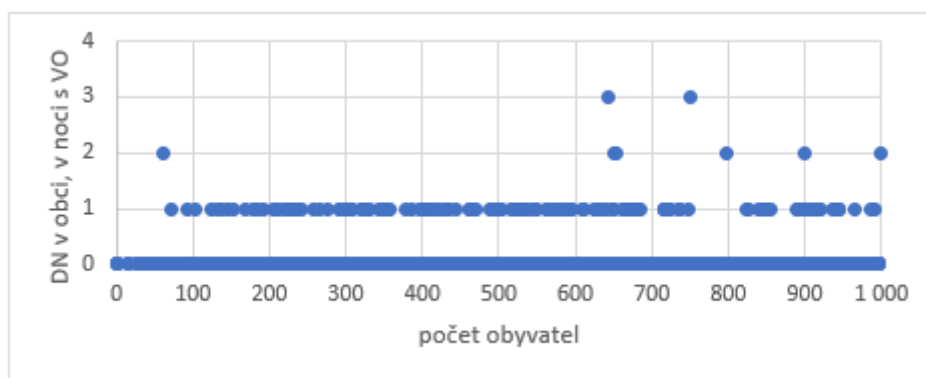
Tab.2 Průměrné rozložení dopravních nehod v obcích podle počtu obyvatel

Skupina obcí	Počet obcí		Počet obyvatel		Celkový počet dopravních nehod*		Poměrná nehodovost
	N <sub>m</sub>	n <sub>m</sub> (%)	N <sub>i</sub>	n <sub>i</sub> (%)	N <sub>a</sub>	n <sub>a</sub> (%)	DN / 10 000 obv.
nad 100 000	6	0,1%	2 324 894	22,0%	706	33,9 %	3,04
50 000 – 99 999	12	0,2%	872 324	8,2%	233	11,2 %	2,67
10 000 – 49 999	112	1,8%	2 279 086	21,5%	542	26,0 %	2,38
5 000 – 9 999	144	2,3%	984 263	9,3%	175	8,4 %	1,78
1 000 – 4 999	1 169	18,7%	2 313 231	21,9%	256	12,3 %	1,11
0 - 999	4 815	76,9%	1 805 022	17,1%	170	8,2 %	0,94
<b>CELKEM</b>	<b>6 258</b>	<b>100%</b>	<b>10 578 820</b>	<b>100%</b>	<b>2 082</b>	<b>100 %</b>	<b>1,97</b>

\*) dopravní nehody s následkem na zdraví v obcích v noci při veřejném osvětlení



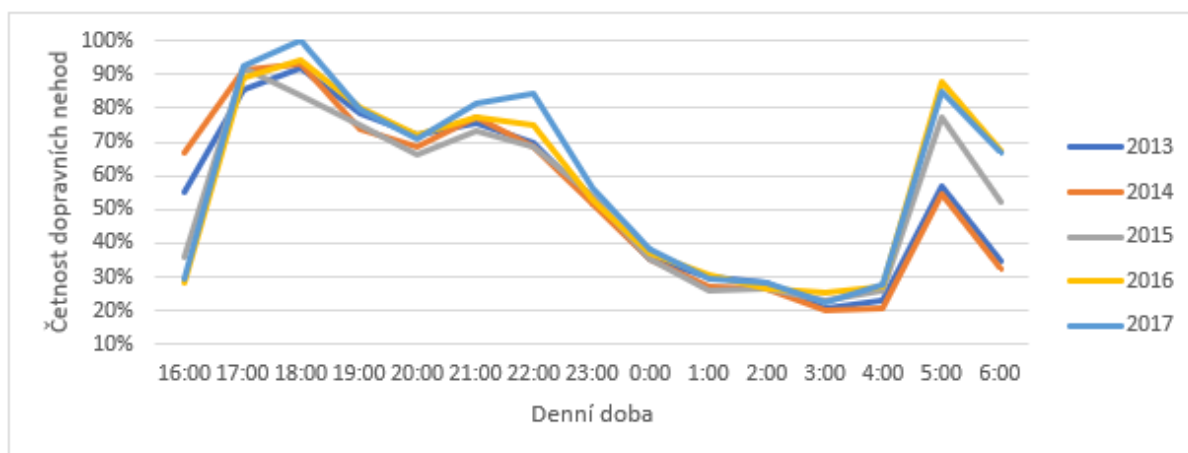
■ Dopravní nehody s následkem na zdraví v obcích od 10 000 do 49 999 obyvatel v noci s VO



■ Dopravní nehody s následkem na zdraví v obcích do 999 obyvatel v noci s VO

### 2.2.3 Časový profil dopravních nehod

Pro dopravní nehody v obcích v noci s VO ve sledovaných letech byl sestaven časový profil s krokem 1 hodina. Časové profily ve sledovaném období 2013 až 2017 jsou vyrovnané (obr. 6). Největší četnost DN je okolo 18 hodiny, kdy vzrůstá intenzita provozu v důsledku návratové špičky. Po druhém vrcholu, který je okolo 22 hodiny, dochází k výraznému útlumu, který dosahuje minima počtu DN okolo 4 hodiny ráno. Po tomto minimu nastává opět okolo 5 hodiny ráno výrazný vzestup počtu DN na úroveň 60%. Krajní hodnoty časového profilu nemají dostatečnou vypovídající hodnotu. Časový profil zahrnuje pouze nehody, které se odehrály při zapnutém VO a tudíž časy od 16 do 17 hodin a od 7 do 8 hodin pokrývají asi jen polovinu kalendářního roku.



■ Časový profil dopravních nehod s následky na zdraví v obcích v noci s VO

#### 4 Závěr

Závěrem je třeba uvést, že předložené analýzy dopravní nehodovosti a jejich závěry nejsou určeny k posuzování, zda má veřejné osvětlení vliv na bezpečnost dopravy. Tuto závislost jasně dokazují výsledky řady studií [1]. Předložené analýzy jsou primárně zaměřeny na otázku, jaká opatření v oblasti veřejného osvětlení na sledovaném území reprezentovaném Českou republikou budou mít největší přínos z hlediska zvýšení dopravní bezpečnosti a snížení dopravní nehodovosti při současném snížení energetické náročnosti a omezení rušivého světla. Dalším důležitým tématem, které s předchozí otázkou souvisí, je zda by bylo možné oddělit přístupy k řešení veřejného osvětlení ve velkých městech a v malých obcích. Přičemž odlišnosti v přístupu by souvisely s místními komunikacemi pro obsluhu území. Přístup k pozemním komunikacím určených pro přenos dopravy by zůstal shodný. Pro získání odpovědi na výše uvedené otázky bude třeba provést další analýzy. Jednou z těchto analýz bude rozbor dopravních nehod s následky na zdraví při veřejném osvětlení u malých obcí, kde v obcích do 1000 obyvatel, kterých je v České republice 4 815, se tento druh dopravní nehody stane pouze v 5 % obcí. Je tento výskyt nahodilý nebo se některé z těchto nehod stávají pravidelně ve stejných obcích? Ve větších městech se v průměru stane okolo 3 dopravních nehod na 10 000 obyvatel. Je ale několik výjimečných případů, kde je tento poměr výrazně větší (8) nebo naopak výrazně menší (1). Lze u těchto případů vysledovat nějakou souvislost ve vztahu k veřejnému osvětlení? To jsou další oblasti rozšíření zpracovávaných analýz. Z pohledu časového profilu je třeba provést další vyhodnocení podle dalších kritérií, jako jsou dny v týdnu, měsíce i roční období. V dalších analýzách souvisejících s časovým profilem dopravních nehod je třeba vedle absolutních počtů dopravních nehod, tyto nehody vztáhnout na skutečnou dobu provozu v průběhu celého roku.

#### Literatura a odkazy

- [1] CIE 93:1992 – Road lighting as an accident countermeasure, CIE, ISBN 3 900 734 305, Central Bureau, Vienna, 1993
- [2] Boyce P.R., Lighting for driving, Roads, Vehicles, Signs and Signals, ISBN 9 780849 385292, CRC Press, New York, 2009
- [3] [www.policie.cz/clanek/dopravni-nehody-v-mape-cr.aspx](http://www.policie.cz/clanek/dopravni-nehody-v-mape-cr.aspx)

- [4] CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Návod pro výběr tříd osvětlení
- [5] ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky
- [6] CIE 115:2010 Lighting of roads for motor and pedestrian traffic
- [7] Zákon 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích
- [8] ČSN 73 6100 Názvosloví pozemních komunikací
- [9] ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací
- [10] ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

## **Ekonomická výhodnost - vyhodnocování veřejných zakázek na realizaci osvětlovacích soustav**

Lumír Kunčický, Ing., VŠB-TU Ostrava, Lumir.Kuncicky@vsb.cz

*Abstrakt: Podle nejnovějšího znění zákona o veřejných zakázkách by se měly jednotlivé nabídky hodnotit podle nejvyšší ekonomické výhodnosti. Tento článek uvádí jednoduchý postup, jak ekonomickou výhodnost vypočítat.*

### **1 Úvod**

Zákon o zadávání veřejných zakázek sice platí obecně pro všechny obory, ale při realizaci zakázek na instalaci nebo rekonstrukci osvětlovacích soustav mohou nastat některá specifika jak pro zadavatele, tak i pro účastníky veřejných zakázek.

### **2 Legislativa**

V roce 2016 začal platit zákon č. 134/2016 Sb. Zákon o zadávání veřejných zakázek (dále jen zákon). Dle předcházejícího znění si zadavatel veřejné zakázky mohl zvolit, zda hlavním hodnotícím kritériem nabídek bude nejnižší nabídková cena nebo nejvyšší ekonomická výhodnost. Podle dnešního znění zákona již možnost výběru není a zadavatel by měl vyhodnotit ekonomickou výhodnost nabídek prostřednictvím výpočtu nákladů životního cyklu. Většina zadavatelů tuto povinnost obchází a do zadání uvedou: „hodnotícím kritériem je nejvyšší ekonomická výhodnost, která je dána nejnižší nabídkovou cenou“. Ale v případě osvětlovací techniky uvedené tvrzení není pravdivé, dokonce většinou platí pravý opak.

Dle § 31 zákona také platí, že veřejné zakázky malého rozsahu (do 2 000 000,- Kč) mohou být zadány mimo působnost tohoto zákona, ale vždy je nutno dodržet zásady podle § 6. Podle něho musí zadavatel dodržovat zásadu rovného zacházení a zákazu diskriminace. Tím ale zadavatel musí vlastně dodržovat všechny základní ustanovení celého zákona, protože každý účastník se může cítit diskriminován jejich nedodržením. Například účastník nabízející svítidla s nejvyšší ekonomickou výhodností je diskriminován tím, že byl vyřazen, protože nenabízel nejnižší cenu.

### **3 Parametry osvětlovací techniky**

V dnešní době je na trhu tak velké množství různých svítidel a světelných zdrojů od tak velkého množství dodavatelů a výrobců, že ani zkušený elektrotechnik nemůže jednoznačně rychle vyhodnotit, které je nejvýhodnější. Stejně ani zaměstnanec úřadu nebo podobné instituce, který má vypracovat zadání a následně vyhodnocení veřejné zakázky a je většinou vzdělán v úplně jiném oboru, nemůže objektivně vše vyhodnotit a ani ve skutečnosti nemusí. Měl by si vyžádat posouzení od nezávislého odborného pracoviště (např. VŠB-TU Ostrava, katedra elektroenergetiky) nebo od projektanta. Každé rekonstrukci by měl předcházet projekt (u výměny osvětlení tomu tak většinou není) stanovující základní požadované parametry, protože rozmanitost a rozsah parametrů zejména u LED svítidel je značně veliký.

Problematická zadání veřejných zakázek v oboru osvětlovací techniky s hodnotícími kritérii jen podle nejnižší nabídkové ceny většinou nemají zadány ani základní parametry svítidel.



V takovém případě se může stát, že vítězným dodavatelem s nejnižší nákupní cenou bude občasný dealer, který svítidla nakoupil na jihoasijském výprodejovém serveru. Teprve po převzetí a zaplacení se zjistí, že rekonstruované osvětlení nesplňuje normy, spotřeba elektrické energie se dokonce zvýšila a záruku nelze uplatnit, protože dealer již neexistuje.

V opačném případě, pokud by z nějakého důvodu muselo být zadáno kritérium nejnižší ceny, ale byly by detailně zadány parametry podle světelného i ekonomického výpočtu a nabízená svítidla by byla přibližně shodná (lišila by se jen cenou), tak by tímto kritériem byla vybrána svítidla opravdu nejvýhodnější pro danou aplikaci. Ani žádný z účastníků by se nemohl cítit diskriminován.

#### 4 Veličiny důležité pro výpočet

Neobjektivnější metodou je porovnání ekonomické výhodnosti jednotlivých nabídek. Pokud každý účastník dostane zadány hodnoty, které musí nabízená svítidla splňovat, a údaje, které musí společně s nabídkou předat zadavateli, pak může být výpočet proveden jednoduchým vyplněním tabulky. Všechny nabídky tak budou porovnávány za stejných podmínek.

Údaje od zadavatele:

- **Doba svícení denně** [hod.] - Průměrný čas určující jak dlouho je zapnuto osvětlení za jeden den.
- **Doba svícení ročně** [hod.] - Doba svícení denně vynásobená počtem dnů svícení v roce.
- **Sazba za el. energii** [Kč.kWh<sup>-1</sup>] - Údaj vypočítá z vyúčtování od dodavatele elektrické energie jako podíl celkové fakturované částky a celkového množství spotřebované energie.

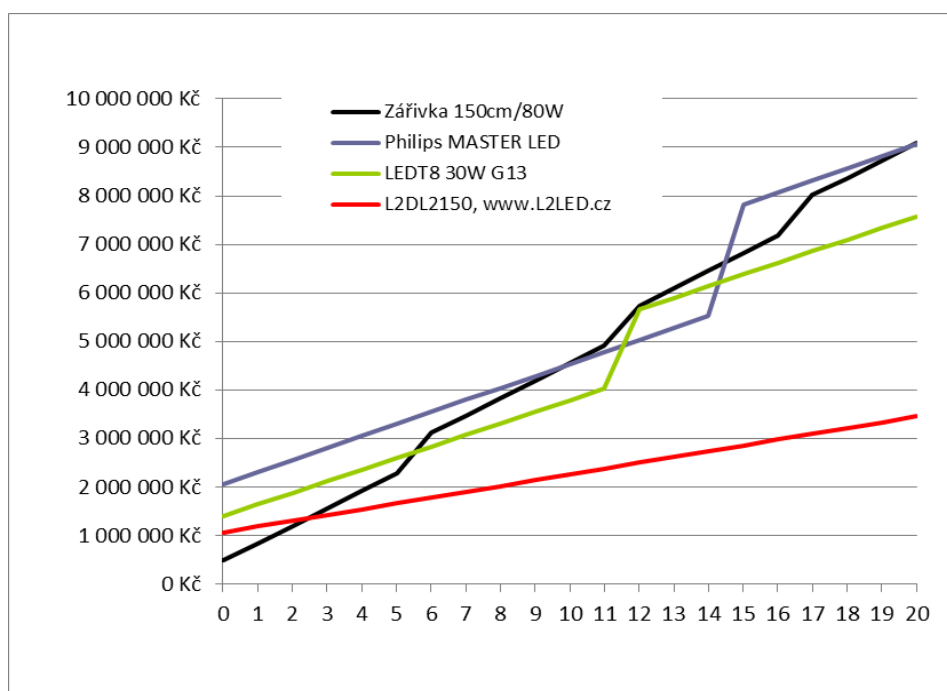
Údaje o svítidle od účastníka:

- **Celkový příkon** [W]- Jmenovitý příkon svítidla. Pro zářivky a výbojky se musí navýšit navíc o ztráty v předřadných a kompenzačních obvodech (většinou cca 20%).
- **Světelný tok svítidla** [lm]- Celkový světelný tok vyzářený svítidlem. Někteří výrobci chybně uvádějí jen světelný tok LED, který se musí snížit o ztráty optických prvků (10 až 50 %).
- **Světelná účinnost (efektivita)** [lm.W<sup>-1</sup>] - anglicky luminous efficacy, dle českých norem měrný světelný výkon, vypočítá se jako podíl světelného toku a příkonu a udává kolik světelné energie je vyrobeno z každého Wattu elektrické energie. Nejdůležitější parametr svítidel, čím má svítidlo vyšší účinnost, tím je úspornější.
- **Životnost** [hod.] - Katalogový údaj, většinou udává dobu, za jak dlouho klesne svítivost o 30%.
- **Cena servisního zásahu** [Kč] – Cena za instalaci (nebo opravu) jednoho kusu svítidla.

## 5 Vyhodnocení ekonomické výhodnosti

Pro vyhodnocení ekonomické výhodnosti nabídek svítidel musíme pro každou nabídku vypočítat celkové dlouhodobé náklady na provoz osvětlovací soustavy (definováno zákonem jako náklady životního cyklu). Vypočtou se jako součet pořizovacích nákladů, nákladů za elektrickou energii a nákladů na údržbu. Vyhodnocení se provede na dobu životního cyklu, což obvykle bývá na dobu dvakrát až čtyřikrát delší, než je požadovaná doba záruky.

K provedení výpočtu vytvoříme tabulku, ve které do prvních řádků vyplníme parametry svítidel a do dalších řádků parametry osvětlovací soustavy. Pro výpočet návratnosti a další porovnání různých variant osvětlení musíme vyplnit i parametry stávajícího osvětlení, umístíme je do prvního sloupce. Protože nemůžeme porovnávat nově nabídnuté moderní osvětlovací soustavy se zastaralou, opotřebovanou soustavou, musíme do prvního sloupce vyplnit parametry původní soustavy jako by byla provedena úplná rekonstrukce za nová svítidla, ale stejného typu. Do dalších sloupců vyplníme parametry dle nabídek jednotlivých účastníků. Do spodní části tabulky umístíme řádky s výpočty za jednotlivé roky životního cyklu. V prvním řádku výpočtů bude vyhodnocen začátek provozu (rok nula), ve kterém budou jen náklady na instalaci (rekonstrukci). V dalších řádcích (letech) se přičtou náklady na elektrickou energii a v následujících řádcích (letech) se musí porovnávat, zda doba provozu nepřekročila dobu života svítidla. V tom případě se v daném okamžiku musí připočítat i náklady na údržbu, tj. na výměnu světelného zdroje nebo svítidla. Následně do tabulky umístíme graf závislosti celkových provozních nákladů na době provozu.



Obr.1 Příklad grafu závislosti celkových provozních nákladů na době provozu.

V uvedeném příkladu grafického vyhodnocení byly vypočteny náklady na provoz osvětlení sportovní haly. Původní osvětlení obsahovalo 576 kusů zářivek a bylo nahrazeno třemi

variantami LED. V bodech grafu, kde se barevné křivky protínají s černou, jsou doby návratnosti jednotlivých nabídek. Ekonomicky nejvýhodnější je varianta L2LED, která sice nemá nejnižší nákupní cenu, ale díky nejvyšší světelné účinnosti má nejnižší úsporu energie, návratnost dva roky a oproti nejlevnější variantě vykazuje po 20 letech provozu úsporu 5,5 mil Kč.

## **6 Závěr**

Z uvedeného příkladu je zřejmé, že správné zadání výběrových kritérií má u osvětlovací techniky velký vliv na celkové hospodářské výsledky.

### **Literatura a odkazy**

- [1] Karel Sokanský, Kurz osvětlovací techniky, 2015 až 2017
- [2] Katalogové listy svítidel L2LED, s.r.o., [www.L2LED.cz](http://www.L2LED.cz)
- [3] Zákon č. 134/2016 Sb. Zákon o zadávání veřejných zakázek

## **Světelné znečištění – řešení v minulosti, současnosti a jak dál**

Pavel Suchan, Česká astronomická společnost, Astronomický ústav AV ČR, suchan@astro.cz,  
www.svetelneznecistení.cz

*Motto: Světlo - dobrý sluha, ale zlý pán.*

Ukazuje se, že lidstvo opět a opět neumí naložit s vynálezem, který by mu měl jen sloužit. Umělé světlo a trvale udržitelný rozvoj si nerozumějí. Často svítíme neúčelně a pomíjíme dnes už prokázaná fakta, že tím poškozujeme naše životní prostředí.

V České republice se situace začala postupně měnit v roce 2001. Tehdy proběhla na Akademii věd první tisková konference na toto téma. Následovaly další, např. o zhasínání Pražského hradu, (který mimochodem v 1 hodinu v noci opravdu zhasíná). Lidé si postupně začali uvědomovat, že světlo v noci může a nemusí být distribuováno dobře.

Následoval zákon O ochraně ovzduší 2002/86 Sb., jeho novely, posléze vypuštění ustanovení o světelném znečištění. Někdo se radoval, jiný byl smutný, občané se ale opět ocitli bez podpory státu bránit se bezohlednému svícení či projevům světelného znečištění. Velmi se diskutovalo o tom, jak moc je důležité dodržet ULOR 0 % a jak moc by vadilo, kdyby pár procent unikalo do horního poloprostoru.

Dnes je to jinak. O ULOR 0 % nepochybuje asi nikdo. Regulace příkonu v průběhu noci se považuje za běžnou a je dnes součástí technických vybavení LED svítidel. Ten nejvýraznější posun je v tom, že od roku 2017 se problematiky světelného znečištění ujal stát. Pod vedením Ministerstva životního prostředí se pravidelně scházejí zástupci Ministerstva vnitra, Ministerstva zdravotnictví, Ministerstva průmyslu a obchodu, Ministerstva pro místní rozvoj, Ministerstva dopravy a Svazu měst a obcí ČR. První výsledky už registrujeme. Vznikly první státní dotace pro šetrné osvětlování. MŽP už v roce 2017 připravilo dotace pro obce v národních parcích. V roce 2018 došlo k dalšímu kvalitativnímu i kvantitativnímu posunu – MŽP a MPO sladily své dotační tituly a dotačnímu titulu EFEKT, stejně tak jako dotačnímu titulu MŽP nyní už i pro obce na území CHKO, byly stanoveny shodné podmínky – ULOR 0 % a náhradní teplota chromatičnosti ne vyšší než 3 000 K. Poprvé tak bylo formálně vysloveno, že účinnost svítidel nebude vždy na prvním místě, že uspořit plus minus 10 % za cenu negativních důsledků především modré složky světla, není řešení pro noční životní prostředí. Stát tak jasně ukázal směr. O nesvícení do horního poloprostoru a o regulaci není už žádného sporu.

V současnosti se ale vede odborná debata o náhradní teplotě chromatičnosti CCT. Barva světla se totiž podle biologických, fyziologických a lékařských výzkumů posledního desetiletí ukazuje v nočním prostředí lidí i přírody jako zásadní parametr. K CCT nyní probíhá odborná debata. SRVO spolu s MŽP už takový seminář uspořádaly, nyní to činí SPO. Na jedné straně stojí maximální účinnost a tedy ekonomika provozu, udržení kognitivních funkcí řidičů v průběhu noci, index podání barev CRI či zařídění komunikací dané normou. Na druhé straně stojí vědecké výzkumy biologických věd, které prokazují škodlivost modré složky světla obsažené ve studených barvách světla. Mezi tím je řada měst a obcí, které udržují a

dokonce dále instalují sodíkové výbojky, protože očekávají v příštích letech rozhodnutí, jak to tedy je.

Tři parametry ohleduplného osvětlování, které zaručují minimalizaci negativních účinků světla v noci:

- ULOR 0 %
- nízká CCT (3 000 L, resp. 2 700 K je kompromis, který stále nestačí)
- regulace v průběhu noci (abychom nesvítili zbytečně moc, když to nepotřebujeme).

Shodneme se na nich? Dokážeme odpovídat občanům, kteří v současnosti nemají účinnou možnost obrany před škodlivými účinky světla? Technické normy dnes sice slouží pro světelně technické návrhy, ale v kontextu s novými vědeckými poznatky jiných oborů nedostatečně slouží obyvatelům.

Možná jsme v krátké přechodné situaci. Tyhle všechny problémy může vyřešit např. biodynamické osvětlení. Do 21 hodin svítit vysokými teplotami chromatičnosti není problém, po této hodině a zároveň poklesu dopravy a pohybu chodců, se barva změní tak, aby světlo neobsahovalo modrou složku.

### Odkazy

- [1] Jednoduchá osvětlovací příručka pro obce, doporučení pro šetrné osvětlování, Ministerstvo životního prostředí a Svaz měst a obcí ČR, 2017 - [http://svetelneznecesteni.cz/data/podklady/Osvetlovaci\\_prirucka\\_pro\\_obce.pdf](http://svetelneznecesteni.cz/data/podklady/Osvetlovaci_prirucka_pro_obce.pdf)
- [2] Ministerstva začínají řešit 14 úkolů pro omezení světelného znečištění v ČR, Ministerstvo životního prostředí, 2018 - [https://www.mzp.cz/cz/news\\_\\_180321\\_SZ](https://www.mzp.cz/cz/news__180321_SZ)

## **Vyzařování světelného toku do horního poloprostoru z reálného modelu části města**

Petr Běčák, Ing., Jana Wlosoková, Ing., Tomáš Novák, doc., Ing., Ph.D., Karel Sokanský, prof., Ing., CSc.,  
VŠB-TU Ostrava, petr.becak@vsb.cz, [www.vsb.fej.cz](http://www.vsb.fej.cz)

*Abstrakt: Článek je zaměřen na další ověření softwarového goniometru ve výpočetním programu Wils - Building Design z hlediska možnosti výpočtu vyzařování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z osvětlovacích soustav venkovního osvětlení. Podkladem pro tento článek byl reálný model části města ve Frýdku-Místku. Původním ověřením prošel softwarový goniometr z hlediska přesnosti výpočtů přímé a odražené složky světelného toku. Posléze byl vytvořen jednoduchý model sestávající se z několika objektů tvořící budovy a jednoduché osvětlovací soustavy tvořené pěti svítidly. Nadstavba výpočetního programu je koncipována tak, že umožňuje vložení sítě výpočetních bodů ve tvaru koule. Body zobrazujícími normálové osvětlenosti ve směru do středu koule si je možno představit jako čidla luxmetrů. Cílem implementace takovéto sítě výpočetních bodů je rozšíření možnosti výpočetního programu o modelování křivek svítivosti stávajících, ale i nových svítidel a rovněž i výpočet vyzařování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z osvětlovacích soustav venkovního osvětlení jako podklad pro další astronomické výpočty, které se zaměřují na rušivé světlo a zvýšený jas oblohy [1]. Na základě testování bude posléze možno namodelovat jakoukoli osvětlovací soustavu ve městě, či její čtvrti, za pomoci vložení LDT dat svítidel a vznikne tak reálná osvětlovací soustava s reálnými modely budov. Z výsledného modelu pak bude možno vyčíslit podíl přímého a odraženého světelného toku do horního poloprostoru z osvětlovacích soustav.*

### **1 Úvod**

Cílem článku je ukázka funkčnosti softwarového goniometru ve výpočetním programu Wils - Building Design od společnosti Astra MS Software z hlediska modelování vyzařování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru ze soustav venkovního osvětlení. V současnosti sice existuje celá řada dalších výpočetních programů zabývajících se modelováním osvětlovacích soustav, či samostatných svítidel, například výpočetní programy německé firmy DIALux, nebo švýcarský RELUX, ale žádný z těchto software neumožňuje výpočet osvětleností, respektive svítivostí pro zobrazení křivek svítivosti světelných zdrojů či svítidel, jelikož sítě výpočetních bodů [2] jsou v těchto programech roviny. Ve spolupráci VŠB-TU Ostrava s firmou Astra MS Software bylo umožněno vložení sítě výpočetních bodů ve tvaru koule s výpočetními body zobrazujícími normálové osvětlenosti ve směru do středu koule.

Pro tento článek bylo záměrně vybráno sídliště Kolaříkovo nacházející se ve Frýdku-Místku z toho důvodu, jelikož je zde velké množství osvětlovacích soustav tvořené svítidly se sodíkovými výbojkami ve tvaru koule, jež vyzařují velkým podílem svého světelného toku právě do horního poloprostoru. Proto můžeme prohlásit, že toto sídliště je nejhorší případ, poněvadž obsahuje velké množství nevhodných svítidel podílejících se významně na množství rušivého světla, a tím spojeném zvýšeném závojevém jasu oblohy [3]. Rušivému světlu

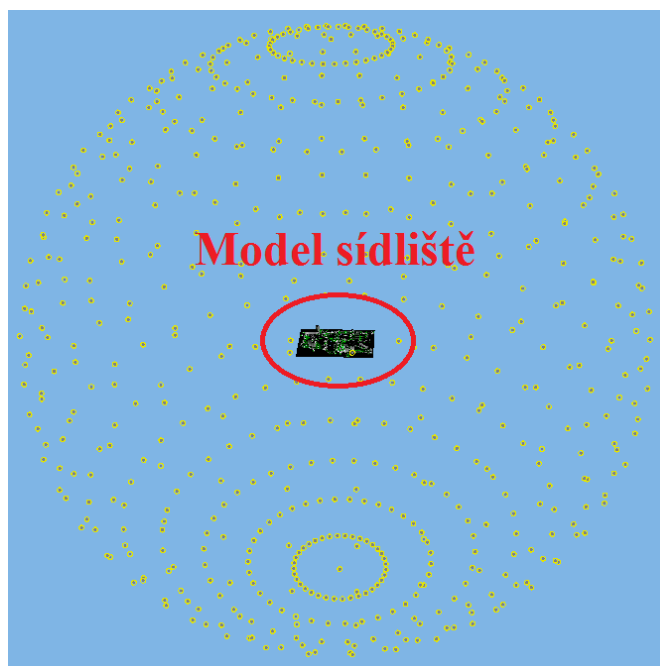
nejde úplně zabránit, ale účelným osvětlováním lze jeho důsledky značně redukovat. Měla by se instalovat výhradně svítidla, jejichž světelný tok svítí pouze do dolního poloprostoru.

Rušivé světlo představuje celkový souhrn negativních vlivů umělého osvětlení. Je to nadměrné a nepotřebné světlo, které je tvořeno umělými světelnými zdroji šířící se ve venkovním prostoru. Projevuje se světelným přesahem osvětlení na okolní zástavby. Světlo proniká do přilehlých nemovitostí, oslňuje a světelný tok svítidel vyzařuje rovněž do horního poloprostoru, kde se rozptyluje stejně jako sluneční záření směřující dolů na zem. Rušivé světlo vyvolává nejen venkovní osvětlení, ale rovněž architektonické nasvícení budov, světelný reklam (billboardů), osvětlení sportovních areálů a parkovišť. Je to rovněž světlo, které uniká z interiérů výškových budov a obytných domů, a dále světlo ze světlometů automobilů. Obecně lze prohlásit, že veškeré umělé osvětlení, nejen venkovní osvětlení, přináší negativní jevy a je pro astronomy a ekology „kuřím okem“ dnešní doby. Proto je nutné verifikovat všechny zdroje rušivého světla [4] a dokázat, že se na jeho velikosti nepodílí pouze venkovní osvětlovací soustavy pro komunikace.

Článek je zaměřen na výpočet množství vyzářeného světelného toku do horního poloprostoru ze soustav venkovního osvětlení. Další zdroje rušivého světla budou namodelovány a vyloženy v budoucnu. Veškeré výpočty v rámci testování programu a výpočetních procedur byly prováděny s udržovacím činitelem 1 tak, aby bylo možné porovnávat vstupní a výstupní data zejména z pohledu zákona o zachování energie a neprojevovalo se stárnutí svítidel a světelných zdrojů. Udržovací činitel 1 tedy představuje „nejhorší stav“ pro velikost rušivého světla.

## 2 Funkce softwarového goniofotometru

Doplňek v programu Wils umožňuje vložení sítě výpočetních bodů ve tvaru koule s výpočetními body zobrazujícími normálové osvětlenosti ve směru do středu koule. Takto navržený systém duplikuje funkci reálného goniofotometru, což je fotometrický laboratorní přístroj, jímž se měří rozložení svítivosti neboli křivek svítivosti světelných zdrojů a svítidel. Princip goniofotometru spočívá v tom, že umožňuje měřit svítivosti v různých rovinách a pod různými úhly, což lze snadno interpretovat koulí se sítí výpočetních bodů. Softwarový goniofotometr tedy duplikuje tuto funkci s tím rozdílem, že do něj můžeme virtuálně vložit nejen svítidlo pomocí LDT dat, ale také rovnou model města neomezených rozměrů s těmito LDT daty svítidel a zvolit si hustotu výpočetních bodů v úhlovém kroku podle standardně používaných rovin pro měření svítidel C, γ. Pro správnost výpočtu je nutno uvažovat vložený objekt jako bodový zdroj, to znamená, že objekt má zanedbatelné rozměry vzhledem ke vzdálenosti bodu, ke kterému se provádí kontrolní měření. V praxi je tento poměr požadován větší než 5 tak, aby byl světelný zdroj chápán jako bodový. Na obrázku 1 je znázorněna situace bodového zdroje (model sídliště) vzhledem k výpočetním bodům softwarového goniofotometru. Jestliže je nejdelší rozměr modelu 625 metrů, zvolili jsme průměr výpočetní koule na hodnotu 5 000 metrů, což je 8mi násobek modelu sídliště. Výpočet je tedy z pohledu bodového zdroje splněn.



Obr.1 Model sídliště umístěn v síti výpočetních bodů ve tvaru koule

Dále je nutno zopakovat, že jednotlivé body výpočetní sítě softwarového goniometru zobrazující normálové osvětlenosti ve směru do středu koule si můžeme představit jako čidla luxmetrů. Názorně je tato skutečnost zobrazena na obrázku 2. Software pracuje na základě čtvercového zákona, to znamená, že každý z výpočetních bodů snímající normálovou osvětlenost je přepočítán na svítivost v daném směru. Výsledkem je sestavena výsledná křivka svítivosti, která lze exportovat ve formě LDT dat nesoucí patřičné náležitosti.



Obr.2 Výpočetní body zobrazující normálové osvětlenosti výpočetních bodů



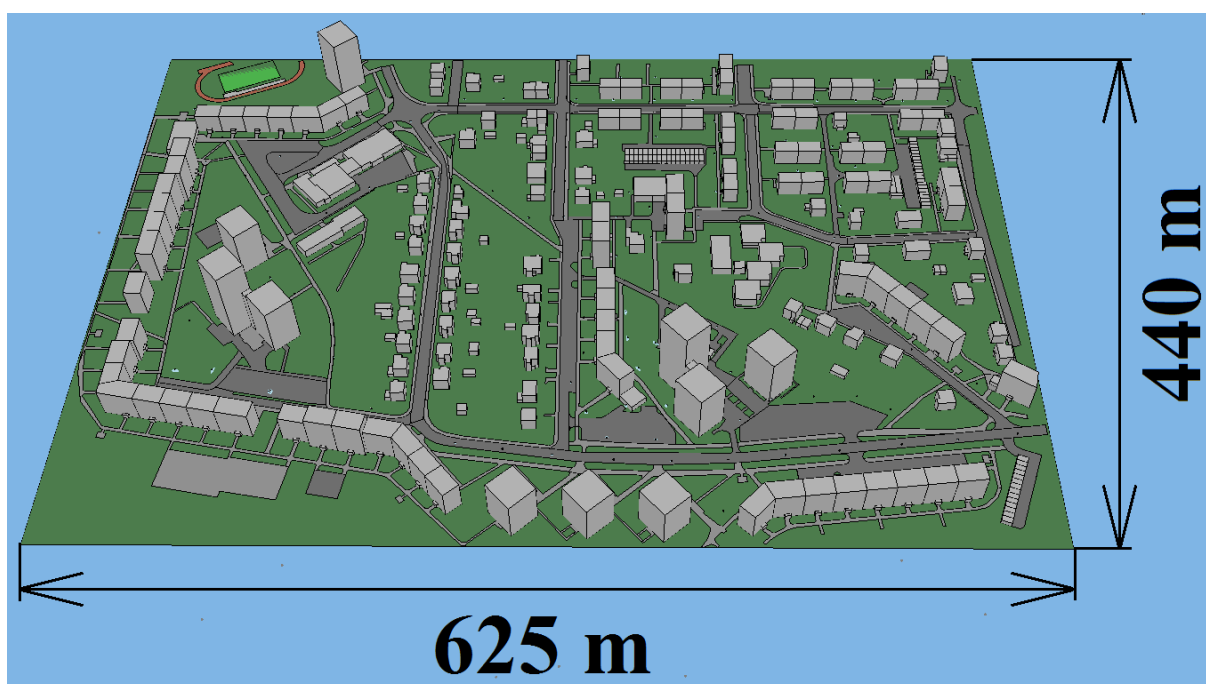
### 3 Model sídliště Kolaříkovo

Podkladem pro model byla část města Frýdek-Místek s komunikacemi a zástavbou. Zástavba je tvořena rodinnými a výškovými domy. Samotná zástavba a komunikace s chodníky tvoří pro osvětlovací soustavu a šíření jejího světelného toku překážky se specifickou odrazností. Následující tabulka obsahuje parametry modelovaných objektů.

Modelovaný objekt	Počet (ks)	Plocha (m <sup>2</sup> )	Odrážnost (%)
Budovy	170	-	30
Komunikace a parkoviště	-	50 000	10
Chodníky	-	11 000	20
Tráva	-	137 000	10

Tab.1 Parametry modelovaných objektů v programu Wils

Jak bylo zmíněno v úvodu, sídliště vykazuje velké množství svítidel vyzařujících do horního poloprostoru, a proto bylo vhodné tuto skutečnost ověřit a verifikovat výpočtem, jaký podíl světelného toku se vlastně dostává do horního poloprostoru. Po vyčíslení tohoto podílu můžeme dále určit, kolik světelného toku se dostává do horního poloprostoru přímo a kolik odrazem o modelované předměty s respektováním difúzního odrazu. Na obrázku 3 je detailně zobrazen 3D model sídliště Kolaříkovo, získaný z dwg dat s přesným umístěním budov, komunikací a svítidel (včetně montážní výšky a směrování svítidel) osvětlovací soustavy VO, tvořenou vysokotlakovými sodíkovými výbojkami [5].



Obr.3 3D model sídliště Kolaříkovo se zaznačenými rozměry

Jednotlivá svítidla venkovního osvětlení se nacházejí v různých roztečích na sloupech ve výšce 5, 6 a 8 m. Jednotlivá svítidla byla vložena pomocí LDT dat jednotlivých výrobců a podrobná specifikace je uvedena v tabulce 2. Jsou zde uvedeny typy použitých svítidel, jejich počet, montážní výška a podíl světelného toku do dolního, respektive horního

poloprostoru z dat výrobců. Lze rovnou prohlásit, že tři typy svítidel jsou nevhodné pro osvětlování komunikací, protože vyzařují do horního poloprostoru velkým podílem svého světelného toku. Jedná se konkrétně o parková svítidla od firmy Elektrosvit a Humaco. Je třeba poznamenat, že se jedná o historická svítidla. V době jejich instalace nebyly kladeny tak vysoké nároky na omezování rušivého světla, jak je tomu v dnešní době. Pro výpočet se převážně neuvažovalo s vyklopením svítidel (sklon výložníků je roven 0°), pouze 3 typy svítidel byly vyklopeny o 5° (Elstav Lunoide 70, 100 a Artechnic-Schreder M2A-S).

Typ svítidla	Počet svítidel (ks)	Výška svítidel (m)	Světelný tok vyzařovaný do dolního poloprostoru (%)	Světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru (%)
Elektrosvit 4460570	4	6	98,70	1,30
Elektrosvit 4461602	3	5	49,90	50,10
	27	6		
Elektrosvit 4461902	94	6	49,60	50,40
Humaco EP 50W RAL	4	5	74,70	25,30
Elstav Lunoide 70 SHC	46	6	100	0
Elstav Lunoide 100 SHC	5	6	99,90	0,10
	3	8		
Artechnic-Schreder M2A-S 100 SHC	4	6	100	0
	2	8		

Tab.2 Typy svítidel, jejich počet, montážní výška a podíl světelného toku do dolního, respektive horního poloprostoru

Následující tabulka obsahuje rovněž parametry jednotlivých svítidel z hlediska jejich příkonu, účinnosti a světelného toku zdrojů, svítidel a i celé osvětlovací soustavy.

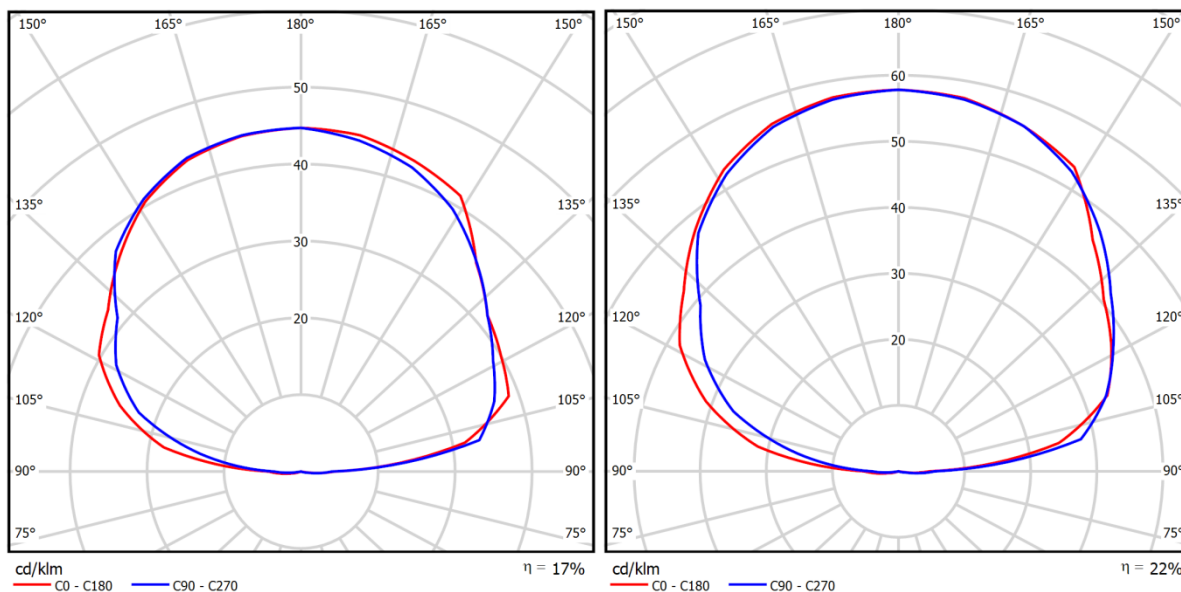
Typ svítidla	Příkon svítidla (W)	Příkon soustavy (W)	Světelný tok zdroje (lm)	Světelný tok zdrojů soustavy (lm)	Účinnost svítidel (%)	Světelný tok svítidla (lm)	Světelný tok soustavy (lm)
Elektrosvit 4460570	85	340	5 800	23 200	57	3 306	13 224
Elektrosvit 4461602	85	2 550	5 800	174 000	73	4 234	127 020
Elektrosvit 4461902	85	7 990	5 800	545 200	73	4 234	397 996
Humaco EP 50W RAL	85	340	6 600	26 400	60	3 960	15 840
Elstav Lunoide 70 SHC	85	3 910	5 600	257 600	72	4 032	185 472
Elstav Lunoide 100 SHC	120	960	9 500	76 000	74	7 030	56 240
Artechnic-Schreder M2A-S 100 SHC	120	720	10 700	64 200	78	8346	50 076
<b>CELKEM</b>		<b>16 810</b>		<b>1 166 600</b>			<b>845 868</b>

Tab.3 Příkony, účinnosti a světelné toky jednotlivých svítidel

Na základě uvedených tabulek lze prohlásit, že se ve sledované oblasti nachází celkem 192 svítidel, z nichž mají nejpočetnější zastoupení svítidla od firmy Elektrosvit, konkrétně typ koule 4461902 sestávající se ze dvou svítidel na jednom sloupu VO. Světelný tok všech světelných zdrojů v modelu je 1 166 600 lm a celkový světelný tok svítidel osvětlovací soustavy je 845 868 lm

#### 4 Vyzařování světelného toku osvětlovací soustavy VO do horního poloprostoru

Cílem celého snažení je vyčíslit podíl světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru. Výpočet v programu Wils umožňuje vypočítat pouze přímou složku tohoto toku a rovněž přímou složku včetně složky odražené, tedy celkový světelný tok šířící se do horního poloprostoru. Odečtením přímé složky světelného toku od celkového světelného toku modelu získáme složku odraženou. Jak již bylo zmíněno dříve, výpočet uvažuje difúzní odraz. Následující grafy zobrazují vyzařovací charakteristiky sídliště.



Obr.4 Vyzařovací charakteristiky sídliště (vlevo: přímá složka), (vpravo: přímá + odražená složka)

Na základě výše předložených světelně-technických parametrů osvětlovací soustavy získaných ze softwarového goniofotometru lze konstatovat následující:

Tvary a velikosti svítivosti vypočtených vyzařovacích charakteristik modelu sídliště odpovídají předpokladům. Vypočtená křivka svítivosti vyzařuje pouze do horního poloprostoru a její tvar se blíží cosinovu (difuznímu) zářiči. Očekávané odchylky od tvaru funkce cosinus jsou viditelné právě v nesymetrii křivek, které jsou způsobeny nesymetrickým vyzařováním svítidel osvětlovací soustavy a tím, že výpočet respektuje i odrazné vlastnosti materiálů definovaných v tabulce, což má za následek deformaci křivky.

Podíl přímého světelného toku do horního poloprostoru byl programem Wils vypočten na 17 % celkového světelného toku svítidel osvětlovací soustavy VO, což odpovídá hodnotě 143 798 lm. Velký podíl na této skutečnosti má množstvím instalovaných svítidel s vyzařováním cca 50 % svého světelného toku do horního poloprostoru. Konkrétně se jedná o 124 těchto svítidel z celkového počtu 192 svítidel použitých v modelu sídliště.

Podíl celkového světelného toku do horního poloprostoru byl vypočten na 22,7 % světelného toku svítidel osvětlovací soustavy VO, což odpovídá hodnotě 192 012 lm. Odražená složka lze jednoduše dopočítat a činí pouze 5,7 % celkového světelného toku osvětlovací soustavy VO, což odpovídá hodnotě 48 214 lm. I tento fakt dokazuje, že na tvaru a velikosti vyzařování do horního poloprostoru má největší vliv na tomto modelu právě přímý světelný tok VO.

## 5 Závěr a vize do budoucna

Následující tabulka znázorňuje přehledný souhrn výše vypočtených parametrů, které se zabývají vyzařováním do horního poloprostoru na základě modelového příkladu sídliště s reálnou vysokotlakou sodíkovou osvětlovací soustavou VO.

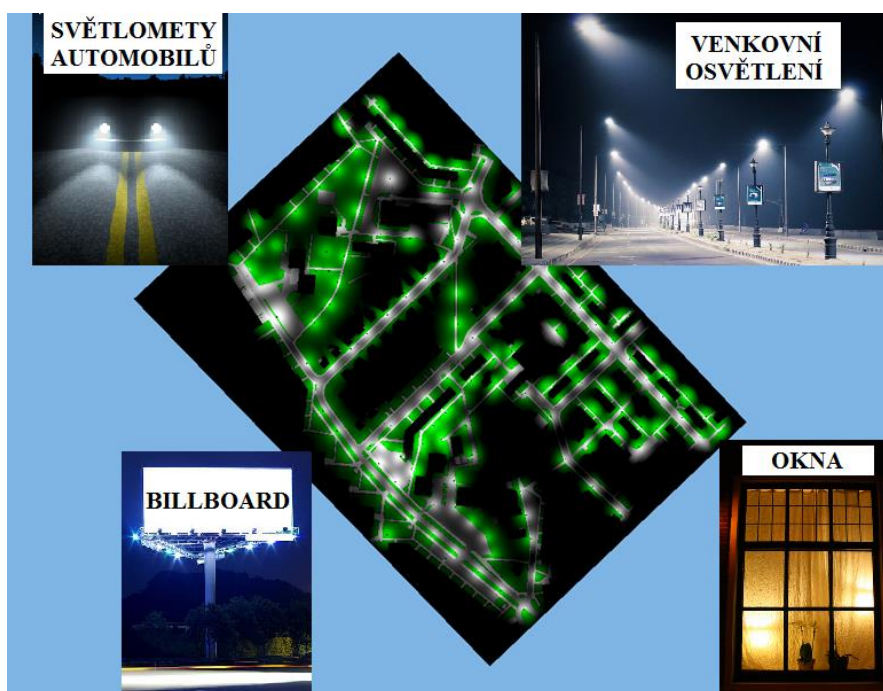
Parametr	Vysokotlaká sodíková osvětlovací soustava
----------	---

Celkový příkon svítidel osvětlovací soustavy (W)	16 810
Celkový světelný tok svítidel osvětlovací soustavy (lm)	845 868
Světelný tok do horního poloprostoru (%)	22,7
Světelný tok do horního poloprostoru (lm)	192 012
Přímá složka světelného toku do horního poloprostoru (%)	17
Přímá složka světelného toku do horního poloprostoru (lm)	143 798
Odražená složka světelného toku do horního poloprostoru (%)	5,7
Odražená složka světelného toku do horního poloprostoru (lm)	48 214

Tab.4 Souhrn vypočtených parametrů modelu sídliště

V programu můžeme rovněž nahradit osvětlovací soustavu sodíkovou za moderní LED [6, 7] osvětlovací soustavu o odpovídajících parametrech a sledovat rozdíly ve vyzařovaném toku do horního poloprostoru.

Cílem do budoucna bude doplnit do modelu další potenciaální zdroje rušivého světla, vyčíslit a verifikovat podíl vyzařovaného světelného toku z těchto zdrojů vůči osvětlovacím soustavám VO. Obrázek 5 znázorňuje tuto vizi.



Obr.5 Vyzařování světelného toku modelu sídliště s VO s příkladem dalších možných zdrojů rušivého světla

## Literatura

- [1] M. Kocifaj, F. Kundracik, "Modeling the night sky brightness distribution via new SkyGlow Simulator", Proceedings of 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries, Lumen 2016 Karpacz, Poland, DOI: 10.1109/LUMENV.2016.7745553
- [2] L. Lipnický, D. Gašparovský, R. Dubnička, "Influence of the calculation grid density to the selected photometric parameters for road lighting", Proceedings of 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries, Lumen 2016 Karpacz, Poland, DOI: 10.1109/LUMENV.2016.7745555
- [3] F. Dostal, K. Sokansky, T. Novak, "Long-term measurements of night sky illuminance", 2010, 1 2010 9th International Conference on Environment and Electrical Engineering, DOI: 10.1109/EEEIC.2010.5489919
- [4] S. Darula, P. Oberman, "Jas okna v noci", Kurz osvětlovací techniky XXVII, Kouty nad Desnou, ISBN 978-80-248-2087-3
- [5] P. Žák, S. Vodráčková, "Conception of public lighting", Proceedings of 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries, Lumen 2016 Karpacz, Poland, DOI: 10.1109/LUMENV.2016.7745514
- [6] R. Dubnička, L. Lipnický, M. Barčík, D. Gašparovský, "Comprehensive view of LED products in luminaires", Published in: Diagnostic of Electrical Machines and Insulating Systems in Electrical Engineering (DEMISEE), 2016 Papradno, Slovakia, DOI: 10.1109/DEMISEE.2016.7530467
- [7] T. Pavelka, M. Ptacek, P. Baxant, "Static model of LED behaviour depending on operating conditions", Published in: Electric Power Engineering (EPE), 2016 17th International Scientific Conference, 2016 Prague, Czech Republic, DOI: 10.1109/EPE.2016.7521774

## Řízení osvětlovacích soustav vnitřního osvětlení na konstantní hladinu osvětlenosti – volba a umístění čidel

Jiří Beseda, Ing., Pavel Valíček, Ing., Tomáš Novák, Doc., Karel Sokanský, Prof., VŠV-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, pavel.valicek@vsb.cz, www.fe.i.vsb.cz

*Abstrakt: Příspěvek se zabývá problematikou fungování stmívání osvětlovacích soustav umělého osvětlení stmívaných na konstantní hladinu osvětlenosti na základě příspěvků denního světla.*

*Článek rozebírá vliv umístění a přijímací charakteristiky čidla osvětlenosti na průběh osvětlenosti a rovnoměrnosti řešením vnitřních prostor při různých úrovních venkovního osvětlení.*

*Primárně je zde modelovány nejjednodušší typy osvětlovacích soustav stmívaných jako celek na základě vstupu jednoho čidla osvětlenosti.*

### 1 Čidla osvětlení

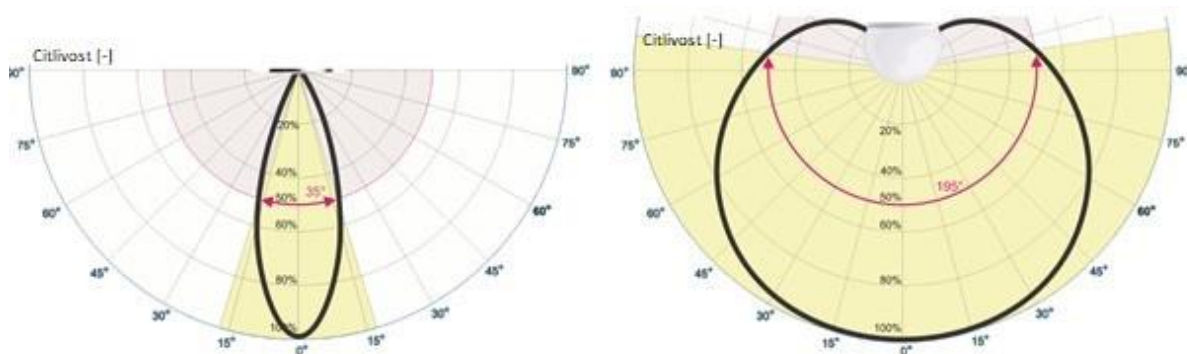
Běžně používaný typy čidel vnitřního osvětlení používají pro snímání osvětlení principů fotoelektrického článku. Při konstrukci čidel osvětlení se snažíme přiblížit vlastnostem luxmetru, přičemž se omezujeme na dodržení spektrální citlivosti čidla a směrové chyby.



Obr.1 Čidlo osvětlení TRIDONIC basicDIM ILD 16DPI 69f [1]

#### 1.1 Přijímací charakteristiky

Hlavním parametrem světelného čidla je jeho přijímací charakteristika. Ta určuje, jakým způsobem bude senzor prostorově vyhodnocovat osvětlenost v daném objektu. Při popisu luxmetru jsme si definovali jako nejvhodnější snímací prvek fotometrickou hlavu s Kosinusovým nadstavcem, která má ideálně kruhovou přijímací charakteristiku. V případě běžně dostupných čidel je však úhel snímání osvětlení omezen. Běžně dostupná světelná čidla mají tento úhel mezi 140° až 30°, přičemž právě 30° je mezi prodávanými čidly nejběžnější. Tento úhel je pak určen z bodu přijímací charakteristiky, kdy čidlo přijímá 50 % světelného toku z místnosti, jako je to vyobrazeno na obr. 2, kde je vyobrazena přijímací charakteristika pro 35° vlevo na obrázku a 195° vpravo.



Obr.2 Přijímací charakteristiky pro různé úhly snímání [2]

## 2 Senzory použité při zkoumání chování osvětlovací soustavy

Pro volbu vhodných přijímacích charakteristik byl proveden průzkum prodávajících čidel na českém trhu a podle nejběžněji používaných přijímacích charakteristik, ze kterého byly zvoleny hodnoty pro výpočet. Základní přehled nejběžnějších čidel prodávajících na českém trhu, jejich způsob komunikace a úhel přijímací charakteristiky je uveden v tabulce tab. 1.

Výrobce	Typ	Způsob komunikace	Úhel přijímací charakteristiky
Osram	DUO	1...10 V	110°
	DIM MULTI	1...10 V	110°
	DIM PICO	1...10 V	50°
	DIM MICO	1...10 V	80°
ZUMTOBEL	ED-EYE	DALI	30°
TRIDONIC	basicDIM ILD 5DPI 14f	DALI	60°
	basicDIM ILD 16 DPI 69f	DALI	13°
	SMART senzor 5D 19f	PCA EXCEL one4all	42°
	SMART senzor 5D 19fe	PCA EXCEL one4all	31°
	SMART senzor 10DPI 19fe	PCA EXCEL one4all	38°
BEG	LUXOMAT MiniClip LR-1	1...10 V	140°

Tab.1 Základní přehled čidel osvětlení prodávajících na českém trhu

Pro simulaci regulace osvětlovací soustavy na konstantní hladinu osvětlenosti v 3D modelu místnosti LPOI302 byly vybrány hodnoty přijímacích úhlů: 30° 60° 110° a s Kosinovu přijímací charakteristiku.

Stupňování úhlů bylo zvoleno tak, aby bylo názorně vidět, jak ovlivňují různé úhly přijímací vlastnosti čidla osvětlení v dané místnosti a také aby byl pokryt co nejlépe rozsah úhlů v rozsahu od 0° do 180°. Čidlo osvětlení s Kosinovou přijímací charakteristikou, tedy snímající prostorový úhel 180°, se v nabídkách firem nevyskytuje. Bylo však použito pro simulaci jako názorná ukázka, jakým způsobem takovéto čidlo reaguje na změny světelných podmínek v místnosti.



## 2.1 Vymodelování konkrétních snímacích úhlů pro senzory

Výpočetní prostředí BuildingDesign poskytuje uživateli snímač osvětlení pouze s kosinovou charakteristikou. Pro potřeby zúžení přijímací charakteristiky bylo nutné navrhnout stínítko, které omezí prostorový úhel na požadovanou hodnotu. Pro tento účel vznikl 3D model trubice, která byla pomocí importace 3D objektů implementována do modelované místnosti.

Trubice má v prostředí BuildingDesign nadefinovaný černý povrch s odrazností  $\rho = 0 \%$  a nulovým činitelem prostupu světla, díky čemuž bylo zamezeno rušivým odrazům či snímáním rušivého světla z širších úhlů, než byly požadovány. Pomocí jednoduchého vzorce byla následně vypočtena délka přesunutí stínící trubice přes snímací bod pro požadované úhly. Příklad výpočtu hloubky zasunutí snímacího bodu do trubice pro úhel  $60^\circ$  je uveden v rovnici 1.1.

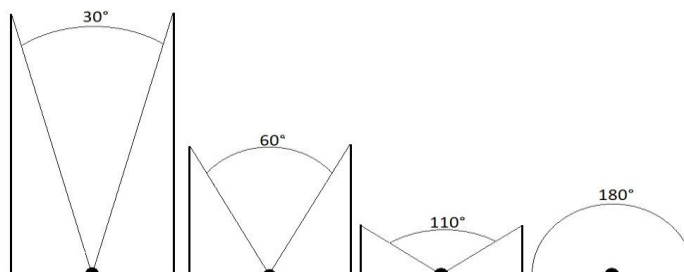


Obr.3 3D model stínící trubice

$$l = \frac{d}{2 \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{31}{2 \cdot \tan\left(\frac{60^\circ}{2}\right)} = 26,847 \text{ mm}$$

[1.1]

Kde:  $l$  – hloubka zasunutí snímacího bodu do trubice  $d$  – průměr vymodelované trubice  
 $\alpha$  – požadovaný prostorový úhel přijímací charakteristiky



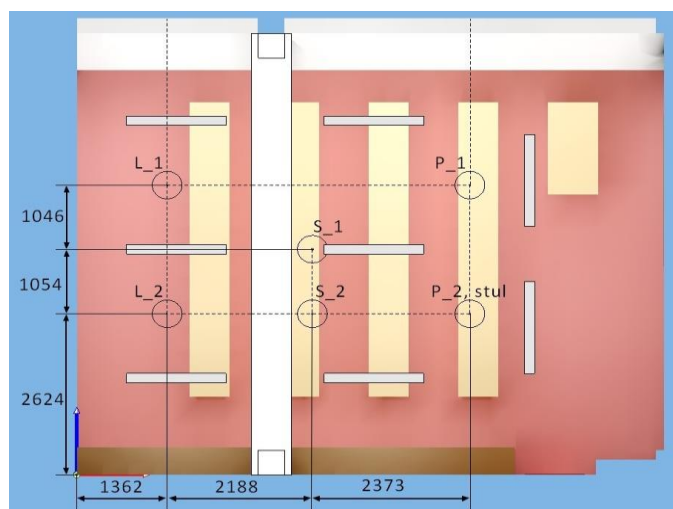
Obr.4 Nákres jednotlivých případů stínění snímacího bodu trubicí

## 2.2 Umístění senzorů v rámci místnosti

Ve zkušebním modelu místnosti LPOI302 bylo zvoleno celkem 7 pozic senzorů. Celkem 6 pozic se nachází na stropě ve výšce 3100 mm a jeden je umístěn v rovině stolu ve výšce 750 mm. Pozice senzorů jsou voleny tak, aby co nejlépe vystihly různorodosti světelných podmínek v místnosti vzniklé vlivem přístupu denního světla do místnosti.

Pozice senzorů L\_1, L\_2, P\_1, P\_2 jsou voleny v osách středů jednotlivých oken tak, že senzory L\_1 a P\_1 jsou umístěny v 1/3 délky místnosti a senzory L\_2 a P\_2 poté ve 2/3 délky místnosti. Tyto pozice jsou vybrány záměrně jako nejvhodnější pozice z hlediska rovnoměrnosti denního světla z obou stran a také jsou tato místa rovnoměrně vzdálená od svítidel.

Naopak pozice ve středu místnosti S\_1 byla navržena jako nejčastější pozice volená při současné instalaci senzorů osvětlení. Jedná se o přibližný střed místnosti s umístěním v ose středové řady svítidel. Pozici S\_2 byla vybrána jako doplňková pro porovnání výsledku středového umístění s umístěním v osách středů oken.



Obr.5 Grafický náčrt pozice senzorů v rámci místnosti LPOI302

### 3 Vyhodnocení umístění senzorů

Při modelování chování osvětlovací soustavy byla jako výchozí hodnota regulace, a tudíž požadovaná hodnota udržované hodnoty osvětlenosti v místnosti, zvolena 453 lx. Jedná se o hodnotu, která je dosažena osvětlovací soustavou umělého osvětlení pro 100% příkonu na konci doby života.

Venkovní osvětlenost se při modelování zvedala stupňovitě podle řady 0, 50, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1500, 3000, 5000, 7500, 10000, 15000, 20000lx.

Z grafu na obr. 6 můžeme vidět, že ne všechna umístění senzoru osvětlení dokáží poskytovat řídicí informace vedoucí k správné regulaci soustavy.

Z pohledu udržení požadované hodnoty 453 lx při konstantní hodnotě odrazností povrchů vyhověl nejlépe senzor umístěný na pozici S\_1 s přijímacím úhlem 60°. Tento průběh kopíroval požadovanou hodnotu s nejmenší odchylkou. Dále poté vyhověly postupně tyto senzory S\_1 30°, L\_2 60°, L\_2 30° P\_2 60°, S\_2 60°, P\_2 30°, stol 110° a stol 60°. Ostatní umístění a přijímací charakteristiky jsou nevyhovující, protože během regulace klesla hodnota udržované hodnoty osvětlení pod požadovanou hranici.

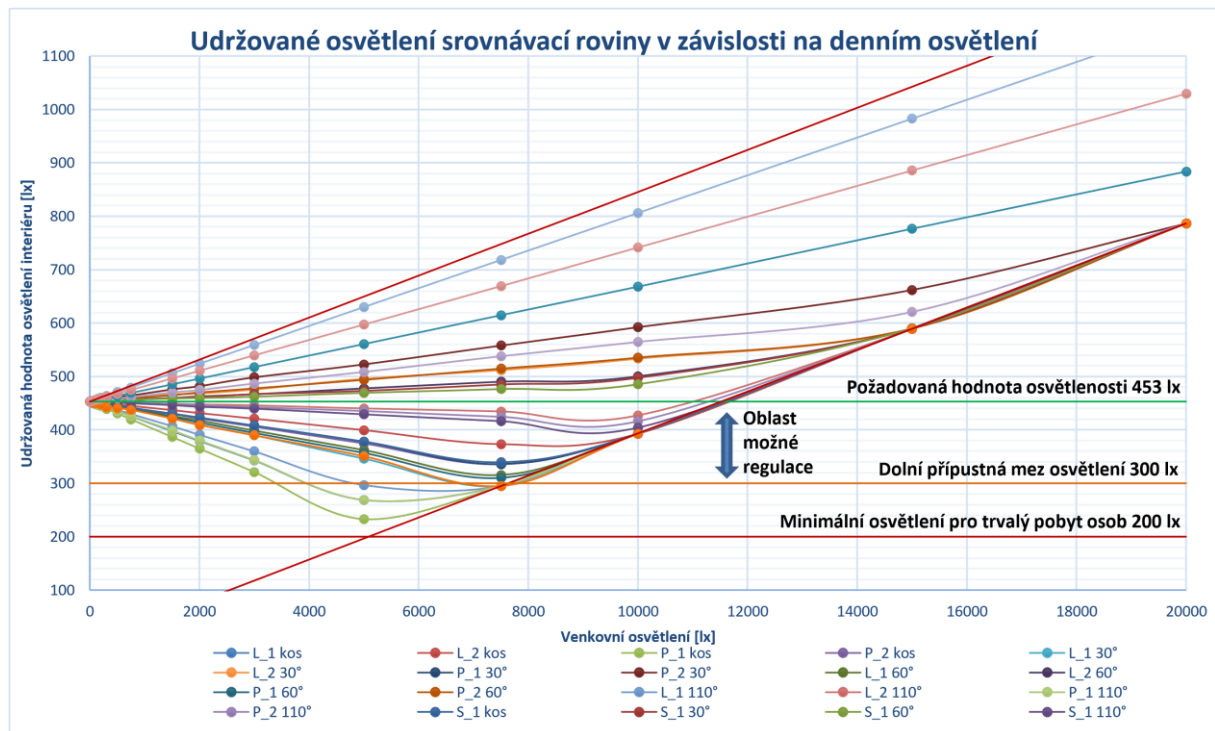
Obecně lze tedy říci, že není vhodné umísťovat senzory do blízkosti oken, neboť je poté osvětlovací soustava podregulována a není dosaženo požadované udržované osvětlenosti v místnosti jako celku. Nejvhodnějším umístěním senzoru v této dispozici je střed místnosti nebo vzdálenost 2/3 délky místnosti od oken. Nejvhodnější poloha čidla ale závisí na prostorovém charakteru místnosti.

Z dat získaných během modelování lze rovněž vyčíst, který přijímací úhel je pro snímání osvětlení v místnosti nejvhodnější. Pro přehlednost vyjme z grafu obr. 6 pouze hodnoty senzoru pro polohu S\_1, která vyšla jako nejvhodnější.

Výsledky pro polohu senzoru S\_1 vyobrazené na obr. 6 se principiálně shodují s ostatními polohami na stropě. Nejlepším úhlem přijímací charakteristiky je prostorový úhel 60°. Úhel 30° již místnost přesevětluje, naopak úhel 110° a Kosinova přijímací charakteristika osvětlovací soustavu podregulovávají a osvětlení v místnosti poté nedosahuje požadovaných hodnot.

Nevhodnost širokých přijímacích charakteristik způsobuje přítomnost velkých oken po celé straně místnosti, které tyto čidla částečně oslňují, a ty poté neposkytují věrné informace o stavu osvětlenosti srovnávací roviny. Opačným extrémem je poté přijímací úhel 30°, který naopak díky své malé snímací ploše nedokáže změřit dostatečnou plochu, která by měla vypovídací hodnotu o stavu celé místnosti, a proto jsou jeho výsledky rovněž zkreslené.

Opačným případem je umístění senzoru v úrovni pracovního úkolu se směrem snímání vzhůru. Zde se prokázal opačný trend, a to vhodnost co nejširší přijímací charakteristiky. Ideální je tedy pro umístění senzoru na stůl Kosinova přijímací charakteristika, která respektuje jak umístění tak přijímací charakteristiku luxmetru a reálně vyhodnocuje osvětlenost v místě zrakového úkolu.



Obr.6 Graf regulace vnitřního osvětlení na konstantní hladinu osvětlenosti pro různé umístění a typy senzorů

#### 4 Shrnutí

Jako neoptimálnější pozice senzoru, při důrazu na rovnoměrnost osvětlení, je ve středu místnosti na stropě. Tato poloha je označena v práci jako poloha S\_1. Další přijatelné pozice senzorů osvětlení jsou dále umístěné ve 2/3 délky místnosti od oken na pozicích L\_2 a P\_2. Naopak jsem ze získaných dat ověřil, že pozice v blízkosti oken nejsou vhodné z důvodu nízké hladiny osvětlení ve zbylých částech místnosti a z toho plynoucí nedodržení normativních požadavků pro osvětlení celého pracovního prostoru.

Při optimalizaci vhodné přijímací charakteristiky senzorů osvětlení vyšla pro umístění na strop jako nejvhodnější přijímací charakteristika s prostorovým úhlem 60°, dále pak 30°. Širší charakteristiky jsou pro umístění na strop nevhodné, jelikož místnost podregulovávají a nejsou tak dosaženy požadované světelné podmínky. Při použití senzoru v rovině pracovního stolu je trend přijímacích charakteristik opačný a nejlépe pak regulují soustavu senzory s přijímací charakteristikou Kosinovou a 110°.

### **Poděkování**

Tento příspěvek byl vypracován v rámci projektu SP2018 / 117 SGS, VŠB-TU Ostrava. Práce byly částečně podpořeny projekty č. CZ.1.07 / 2.3.00 / 20.0217 a VI20172019071.

### **Literatura a odkazy (styl literatura)**

- [1] BasicDIM ILD 16DPI 69f. In: *TRIDONIC* [online]. Dornbirn: TIDONIC, 2017, 2017 [cit. 201804-17]. Dostupné z: <http://www.tridonic.com/com/en/products/basicdim-ild-16dpi-69f.asp#tab4>
- [2] Vyzařovací charakteristika. In: *VymenZarovku* [online]. Hradec Králové: Smart-Print, 2015, 2015 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://www.vymenzarovku.cz/s/waty-lumeny>

## **Určenie adaptačného jasu v mezopickkej fotometrii s ohľadom na vizuálne pole pozorovateľa**

Roman Dubnička, Mgr., PhD. – Lukáš Lipnický, Ing. – Dionýz Gašparovský, doc., Ing., PhD.  
Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej  
elektrotechniky, [roman.dubnicka@stuba.sk](mailto:roman.dubnicka@stuba.sk)

*Abstrakt: Doterajšie prístupy pre návrh, meranie či posudzovanie vlastností verejného osvetlenia vychádzajú z ftopického svetelného toku zdrojov, ktoré platí pre zrak adaptovaný na denné videnie. Svetelné podmienky vo verejnom osvetlení adaptujú zrak na tzv. mezopické videnie, pri ktorom studené biele svetlo vykazuje vyššiu svetelnú účinnosť. Tento článok sa zaoberá možnosťou stanovenia adaptačného jasu na základe praktických meraní a preskúmaním jasových pomerov v zornom poli pozorovateľa. Na základe meraní stanoví adaptačný jas za podmienok mezopického videnia pre modelové situácie.*

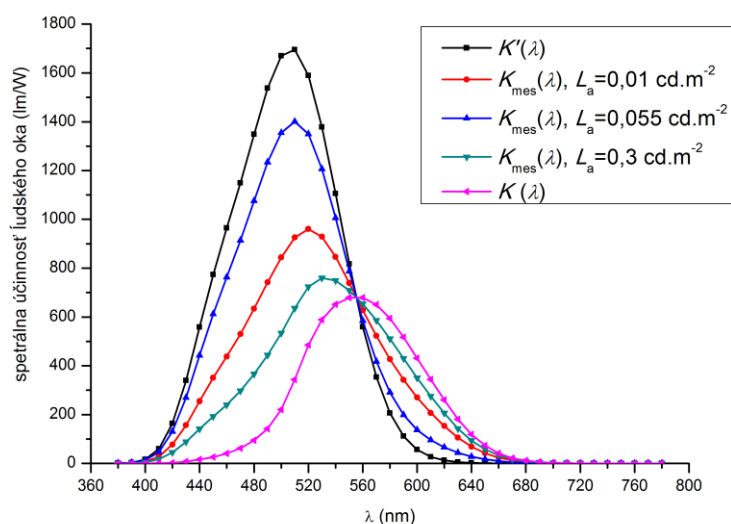
### **1 Úvod**

Verejné osvetlenie je služba vysokej spoločenskej hodnoty, prostredníctvom ktorej sa zabezpečuje vyššia úroveň dopravnej a osobnej bezpečnosti, ale aj kvalita pobytu vo vonkajšom priestore vo večerných a nočných hodinách. So zavádzaním inovatívnych druhov svetelných zdrojov ako sú halogenidové výbojky a najmä LED, ktoré vyžarujú odlišné svetlo ako bežné sodíkové výbojky, vystupuje do popredia otázka ich skutočnej energetickej efektívnosti. Vydaním systému fotometrie mezopického videnia v CIE sa otvára nový priestor pre výskum metód návrhu a posudzovania osvetľovacích sústav, ktoré v oblasti mezopického videnia pracujú. Tento článok sa zaoberá problematikou fotometrie za podmienok mezopického videnia, kde spektrálna účinnosť ľudského oka závisí od stavu adaptácie zrakového systému pozorovateľa. Od tohto stavu závisí aj zrakový výkon, ktorý závisí od úrovne adaptačného jasu v podmienkach mezopického videnia. Mapovaním typických situácií do zorného poľa a jeho zónovaním sa skúmali jasové a uhlové pomery, na základe ktorých je možno navrhnuť novú metodiku na výpočet osvetlenosti a jasu osvetlenej komunikácie.

### **2 Hodnotiaci systém pre mezopickú fotometriu**

Na základe nových poznatkov a úvah pre mezopickú fotometriu založenú na zrakovom výkone pozorovateľa, bolo možné v roku 2010 v rámci medzinárodnej komisie CIE pracovnej skupiny technickej komisie TC 1-58 vytvoriť dlho očakávaný medzinárodný jednotný systém pre mezopickú fotometriu definujúci pomernú spektrálnu účinnosť ľudského oka v určenom rozmedzí úrovni jasov vnímaných pozorovateľom. Pri tvorbe jednotného systému boli na rôznych pracoviskách skúmané rôzne systémy hodnotenia postavených na rôznych predpokladoch so zohľadnením všetkých aspektov, ktoré pri mezopickom videní je nutné uvažovať. Takéto dva skúmané systémy navrhnuté pre mezopickú fotometriu boli založené na princípe zrakového výkonu, a to menovite USP a MOVE systém boli v rámci technickej komisie podrobne skúmané a položili základ ako najvhodnejšie systémy pre tvorbu jednotného systému hodnotenia v mezopickkej fotometrii na základe zrakového výkonu. Tento

jednotný systém, ktorý na základe vedeckých poznatkov o zrakovom výkone pozorovateľa pre mezopickú fotometriu je založený na systéme hodnotenia MES2 s názvom „Prechodný hodnotiaci systém pre mezopickú fotometriu“ s hornou hranicou jasu  $5 \text{ cd.m}^{-2}$  od ktorej vyššie začína fotopická oblasť videnia a dolnou hranicou jasu  $0,005 \text{ cd.m}^{-2}$  od ktorej nižšie začína oblasť videnia skotopická. Funkcia spektrálnej odozvy ľudského oka  $V_{\text{mes}}(\lambda)$  nie je v mezopickej oblasti rovnaká ale mení sa závislosti od úrovne adaptačného jasu, ktorý zodpovedá konkrétnym svetelným podmienkam v zornom poli pozorovateľa (obr. 1).



Obr.1 Tvar funkcie  $V_{\text{mes}}(\lambda)$  pre rôzne úrovne adaptačného jasu

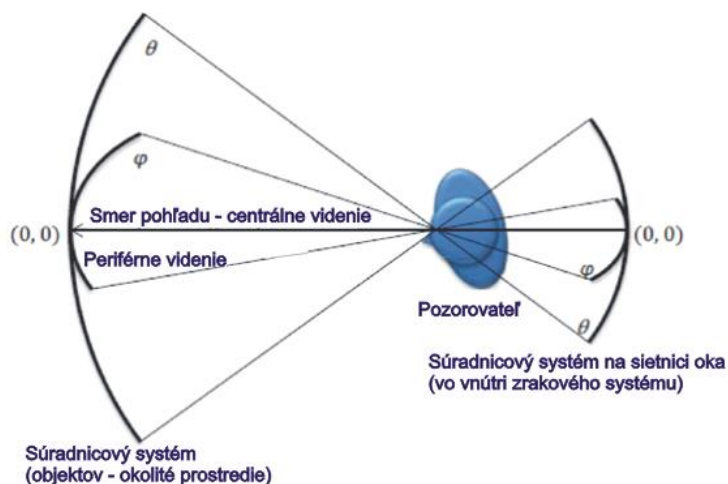
## 2.1 Súčasné problémy riešené v mezopickej fotometrii

Jasové pomery v zornom poli pozorovateľa sa menia dynamicky závisiacich od rôznych zrakových úloh svetelnej scény pozorovanej pozorovateľom. V dnešnej dobe sú riešené v rámci rôznych výskumných úloh sú práve problémy ohľadne určenia adaptačnej plochy v zornom poli pozorovateľa v podmienkach mezopického videnia. Určenie adaptačného jasu rozhoduje o správnom použití konkrétnej pomernej spektrálnej účinnosti ľudského oka, ktorá má byť následne uvažovaná pri svetelnotechnických výpočtoch fotometrických parametrov ako aj má slúžiť pre správny návrh meracieho systému mezopickej fotometrie. Všetky modely v súčasnosti sú založené na zrakovom výkone pozorovateľa to znamená branie do úvahy vplyvu centrálného a periférneho videnia. Základné zrakové úlohy sú založené na troch základných otázkách:

- 1 Môže byť objekt v zornom poli pozorovateľa jasne rozpoznaný ?
- 2 Ako rýchlo môže pozorovateľ objekt rozpoznať ?
- 3 Aký objekt je v zornom poli pozorovateľa ?

Pre proces videnia ako aj polohy objektov v zornom poli pozorovateľa je nutné zaviesť vhodný súradnicový systém, ktorý popisuje polohu objektov v zornom poli pozorovateľa

spolu so smerom pohľadu spojenú so súradnicami dopadajúcich lúčov zo zorného poľa na sietnicu oka pozorovateľa (obr. 2).



Obr.2 Súradnicový systém zrakového systému pozorovateľa

Potom v súradnicovom systéme sa dá zdefinovať priestorové rozloženie jasov v zornom poli pozorovateľa ako funkciu polohy definovanú dvojicou uhlov v súradnom systéme  $\theta$  a  $\varphi$  ako  $L(\theta, \varphi)$ , čo zodpovedá lokálnym jasom v zornom poli pozorovateľa ako funkcia, ktorá je označovaná skratkou LD (z angl. Luminance Distribution) a slúži pre určenie adaptačného jasov  $L_s$ . Prvým krokom je určenie efektívnej hodnoty jasov  $L_{\text{eff}}(\theta, \varphi)$  pozorovanej scény pre každý bod definovanej rozložením jasov v zornom poli pozorovateľa, a to konvolúciou funkcií LD a SLE čím je zahrnutý aj vplyv periférneho videnia definovaný vzťahom (1).

$$L_{\text{eff}}(\theta, \varphi) = L(\theta, \varphi) * f_{\text{SLE}}(\theta, \varphi) \quad (1)$$

Na základe výsledku efektívnej hodnoty jasov potom vykonať výpočet rozloženia adaptačných jasov  $L_a(\theta, \varphi)$  pre každý bod svetelnej scény konvolúciou funkcií  $L_{\text{eff}}(\theta, \varphi)$  a EM (2).

$$L_a(\theta, \varphi) = L_{\text{eff}}(\theta, \varphi) * f_{\text{EM}}(\theta, \varphi) \quad (2)$$

pravdepodobnostné rozdelenie pre každý bod sa získa konvolúciou funkcií AOM a EM (3).

$$P_{\text{AOM}}(\theta, \varphi) = f_{\text{AOM}}(\theta, \varphi) * f_{\text{EM}}(\theta, \varphi) \quad (3)$$

pričom aj výsledná funkcia  $P_{\text{AOM}}(\theta, \varphi)$  zodpovedá súradnicovému systému roviny sietnice oka pozorovateľa (obr. 2). Na základe vyššie vykonaných konvolúcií potom sa dá pre výpočtovú plochu AOM určiť hodnotu adaptačného jasov na základe vzťahu (4).

$$P_{\text{AOM}}(\theta, \varphi) = \iint \frac{L_a(\theta, \varphi) \cdot P_{\text{AOM}}(\theta, \varphi) d\theta d\varphi}{P_{\text{AOM}}(\theta, \varphi) d\theta d\varphi} \quad (4)$$

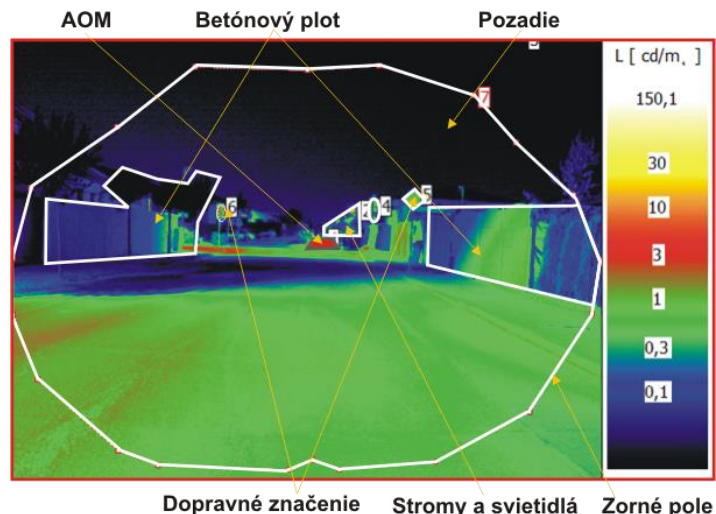
Navrhovaným systémom výpočtu adaptačného jasov definovaním výpočtového modelu popísaným vyššie boli vykonané modelové výpočty adaptačných jasov šestnástich



konkrétných situácií svetelných scén s jasovými mapami získanými s pomocou jasového analyzátora v podmienkach verejného osvetlenia vozoviek pre motorové vozidlá.

### 3 Analýza jasových máp s ohľadom na vizuálne pole pozorovateľa

Predmetom výskumnej práce bolo meranie jasových máp rôznych situácií na pozemných komunikáciách s ohľadom na zorné pole pozorovateľa. Príklad svetelnej scény vybranej situácie možno vidieť na obrázku vybraného prípadu svetelnej scény obr. 3.



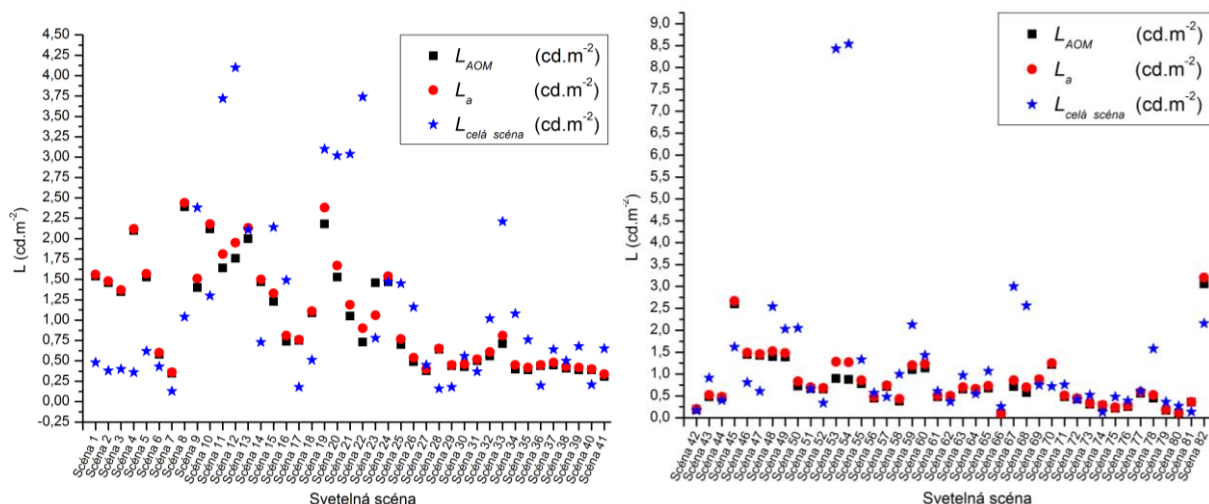
Obr.3 Analýza jasovej mapy svetelnej scény z terénneho merania

Vo viacerých výskumných prácach, bol preukázaný vplyv mimoosvého (periférneho) videnia na hodnotu adaptačného jas v podmienkach mezopickej fotometrie. Preto platí vzťah

$$L_a = L_{local} + L_{veil} \quad (5)$$

Kde  $L_a$  v  $\text{cd.m}^{-2}$  je výsledný adaptačný jas určený pre adaptačné pole vyjadreného ako súčet  $L_{local}$  v  $\text{cd.m}^{-2}$  jas centrálneho (foveálneho) videnia a  $L_{veil}$  v  $\text{cd.m}^{-2}$  v závojového jas periférneho videnia pozorovateľa. Pri vyhodnotení jasových máp boli vypočítané jasy oblastí plochy merania (AOM), celej plochy scény zodpovedajúcej zornému poľu pozorovateľa a následne adaptačné jasy na základe matematického modelu pre každú svetelnú scénu (obr. 4).





Obr.4 Vypočítané hodnoty adaptačného jasu a jasy vybraných oblastí svetelných

Svetelné scény môžu byť na základe vykonaných výpočtov rozdelené do skupín, ktoré majú približne rovnaké rozloženie jasových pomerov v zornom poli spôsobené rôznymi objektami s rôznou úrovňou jasu, čo tvorí základ pre vytvorenie systematického prístupu k použitiu adaptačného jasu pre praktické účely v podmienkach mezopickej fotometrie založenej na zrakovom výkone.

#### 4 Záver

S pomocou analýzy digitálnej fotografie bolo možné analyzovať svetelnú scénu pre zorné pole pozorovateľa, pričom v tomto prípade bol uvažovaný vodič automobilu pre rôzne situácie ako podklad pre stanovenie adaptačného jasu na základe matematického modelu a vzťažnej sústavy pozorovateľa popísaného vyššie. Boli zachytené najbežnejšie situácie, ktoré sa v praxi verejného osvetlenia vyskytujú najčastejšie. Z výsledkov možno konštatovať, že predpoklad rovnosti hodnoty adaptačného jasu, ktorý zodpovedá úrovni jasu priamo osvetľovanej plochy, ktorá je predmetom výpočtu alebo merania (AOM), v niektorých prípadoch môže viesť ku chybnému určeniu pomernej spektrálnej účinnosti oka pozorovateľa v podmienkach mezopického videnia.

#### 5 Podakovanie

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

**VEGA 1/0640/17 „Sebestačné inteligentné siete a regióny a ich začlenenie do existujúcej elektrizačnej sústavy“**

#### Literatúra a odkazy

- [1] Kinney, J.A.S., "Sensitivity of the eye to the spectral radiation at scotopic and mesopic intensity levels," *Journal of the Optic Society of America*, vydanie 45, pp. 507-514, 1955.

- [2] T. Uchida, Y. Ohno, "Defining the visual adaptation field for mesopic photometry: Does surrounding luminance affect peripheral adaptation?", *Lighting Research and Technology*, zv. 46, pp. 520-533, 2014.
- [3] T. Uchida, "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.
- [4] Uchida, T., Akashi, Y., Terai, N., Iwamoto, K., "TESTING A MESOPIC ADAPTATION SIMULATION METHOD WITH SIMPLE LUMINANCE," rev. *PROCEEDINGS of the Conference on Smart Lighting for Better Life at the CIE Midterm Meeting 2017*, pp. 173-179, Jeju, South Korea, 2017
- [5] R. Dubnička, *Klasifikačný systém pre výpočet a meranie fotometrických parametrov osvetlenia pozemných komunikácií v podmienkach mezopického videnia*, Dizertačná práca, Bratislava, Máj 2018

## **Meranie fotometrických parametrov premenlivých dopravných značení**

Roman Dubnička, Mgr., PhD. – Lukáš Lipnický, Ing. – Marek Mokrání, Ing.  
Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky, [roman.dubnicka@stuba.sk](mailto:roman.dubnicka@stuba.sk)

*Abstrakt: Signalizačné svetelné dopravné značenia sa využívajú napr. pri rôznych podujatiach pre lepšiu orientáciu účastníkov ako aj pre zabezpečenie bezpečnej cestnej premávky v doprave. Preto je nutné, aby takéto značenia spĺňali všetky náležitosti z hľadiska svetelnotechnických parametrov. Tento článok sa zaoberá určením fotometrických parametrov a kolorimetrických parametrov premenlivého dopravného značenia v laboratórnych podmienkach skúšobného laboratória.*

### **1 Úvod**

Premenné dopravné značenie je elektronický druh dopravného značenia, ktorý sa používa v cestnej doprave za účelom informovania vodičov o aktuálnej dopravnej situácii. V mestách býva často umiestnené pri podzemných a nadzemných parkoviskách, mimo nich zvykne premenlivé dopravné značenie informovať o obchádzkových trasách, dočasnom znížení maximálnej povolenej rýchlostí, či aktuálnych poveternostných podmienkach. Dopravné zariadenia sa používajú na usmerňovanie cestnej premávky buď samostatne alebo v spojení so zvislými dopravnými alebo vodorovnými dopravnými značkami, ktorých význam zdôrazňujú alebo spresňujú. Sú to výstražné dopravné zariadenia (výstražné prerušované svetidlo žltej alebo oranžovej farby, svetelné zábrany, svetelné vodiace tabule, svetelné rampy, svetelné šípky, zariadenia predbežnej výstrahy, pojazdné uzávierkové tabule, výstražné a svetelné dopravné majáčky, výstražné pásy so striedavými kolmými alebo šikmými červenými a bielymi pruhmi). Ďalej sa používajú tzv. parkovacie zariadenia (elektronické panely a elektromechanické panely na premenné značky). Na výrobu, osadenie zvislých dopravných značiek a zhotovovanie vodorovných dopravných značiek, používaných k riadeniu premávky na pozemných komunikáciách, platí STN 01 8020. Umiestnenie, druh a spôsob vyhotovenia značiek určuje projektová dokumentácia stavby. Problematika rôznych osobitných konštrukcií (napr. portálov, výložníkov atd.), prípadne netypických dopravných značiek a zariadení, musí byť podrobnejšie definovaná v zvláštnych technicko-kvalitatívnych podmienkach.

### **2 Požiadavky pre premenné dopravné značenie**

Premenné dopravné signalizačné svetidlá pre dopravné značenie prešli historicky vývojom za použitia od tradičných žiarovkových svetelných zdrojov ku použitiu moderných LED svetiel spĺňajúc požiadavky normatívnych predpisov STN EN 12153 Zariadenia na riadenie dopravy: Výstražné a bezpečnostné svetelné zariadenia a STN EN 12966 Zvislé dopravné značky: Dopravné značky s premennými symbolmi, ktoré pojednávajú o svetelnotechnických požiadavkách premenných dopravných značení s premennými symbolmi. Svetlnočinná plocha dopravného značenia s premennými symbolmi musia spĺňať okrem fotometrických

a kolorimetrických parametrov aj priestorové charakteristiky vyžarovania zatriedených do príslušných tried v príslušných normách v závislosti od použitia značenia v praxi. Jas v definovaných uhloch podľa požiadaviek normy STN EN 12966 je meraná za pomoci goniofotometra pre roviny B, na ktorom bolo svietidlo upevnené a sú zmerané svietivosti v jednotlivých uhloch a polohách podľa požiadaviek normy STN EN 12966 pre výstražné svetelné zariadenia znázornené v tabuľke pre jednotlivé triedy dopravných značení s premenlivými symbolmi. Referenčná os panelu značenia je považovaná fiktívna os prechádzajúca kolmo stredom svietiacej plochy svetelnočinnnej plochy dopravného značenia podľa požiadaviek normy STN EN 12966. Farebné súradnice svetelných zdrojov, ktoré vyžaruje svetelnočinnná plocha v kolmom smere a vo vybraných uhloch sa hodnotí za pomoci farebného priestoru CIE 1931 (x,y), ktoré sa následne porovnávajú s dovolenými hranicami podľa normy STN EN 12966 (obr.1).

Tabuľka 5 –  $L_s$  a  $L_a$  limity jasu pre žltú farbu na referenčnej osi

Riadok	Osvetlenie značky (lx)	Triedy jasu (cd/m <sup>2</sup> )					
		L3, L3(*)		L2, L2(*)		L1, L1(*)	
		$L_{s(min)}$	$L_{s(max)}$	$L_{a(min)}$	$L_{a(max)}$	$L_{s(min)}$	$L_{s(max)}$
1	40 000	7 440	22 320	3 720	11 160	1 860	5 580
2	10 000	7 440 (*)	22 320	3 720 (*)	11 160	1 860 (*)	5 580
3	4 000	1 320	3 960	660	1 980	330	990
4	400	360	1 080	180	540	90	270
5	40	150	450	120	360	60	180
6	≤ 4	45	135	36	108	18	54

Tabuľka 10 – Minimálne hodnoty pomeru jasov (LR) pre rôzne farby a triedy R1, R2 a R3 pri skúšobných uhloch na referenčnej osi a mimo referenčnej osi

Farba	Minimálne hodnoty pomeru jasov					
	R3		R2		R1	
	na referenčnej osi	mimo referenčnej osi	na referenčnej osi	mimo referenčnej osi	na referenčnej osi	mimo referenčnej osi
Bielá	16,7	8,35	10	5	5	3
Žltá	10	5	6	3	3	1,8
Oranžová	6,5	3,25	3,9	1,95	1,9	1,15
Zelená	5	2,5	3	1,5	1,5	0,9
Červená	4,2	2,1	2,5	1,25	1,25	0,75
Modrá	1,7	0,85	1	0,5	0,5	0,3

Tabuľka 11 – Triedy šírky líča

Trieda šírky líča	Skúšobné uhly (stupne)	
	Vodorovný	Zvislý
B1	-5	0
	+5	0
	0	-5
B2	-7	0
	+7	0
	0	-5
B3	-10	0
	+10	0
	0	-5
B4	-10	0
	+10	0
	0	-10
B5	-15	0
	+15	0
	0	-5
B6	-15	0
	+15	0
	0	-10
B7	-30	0
	+30	0
	0	-20

Tabuľka 3 – Rohové body (súradnice chromatickosti x, y podľa CIE 1931) oblastí chromatickosti pre farby triedy C2

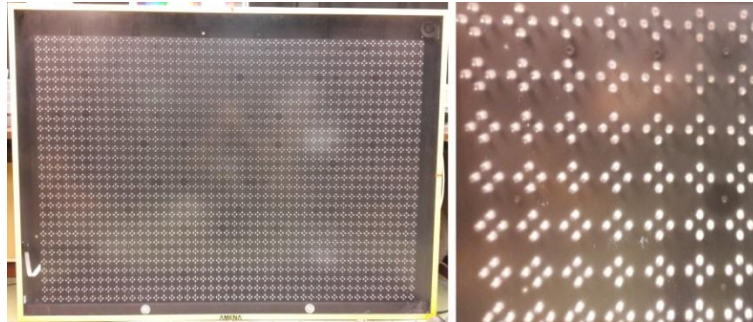
Farba		Trichromatické súradnice rohových bodov			
		1	2	3	4
Červená	x	0,660	0,680	0,710	0,690
	y	0,320	0,320	0,290	0,290
Oranžová	x	0,624	0,605	0,650	0,669
	y	0,370	0,370	0,331	0,331
Žltá	x	0,536	0,547	0,613	0,593
	y	0,444	0,452	0,387	0,387
Bielá	x	0,300	0,440	0,440	0,300
	y	0,342	0,432	0,382	0,276
Zelená	x	0,009	0,284	0,209	0,028
	y	0,720	0,520	0,400	0,400
Modrá	x	0,109	0,173	0,208	0,149
	y	0,087	0,160	0,125	0,025

Obr.1 Triedy premenlivých dopravných značení pre meranie úrovne jasu (STN EN 12966) a hodnoty farebných súradníc x,y farebného priestoru CIE 1931 pre premenlivé dopravné značenie podľa normy STN EN 12966

### 3 Meranie svetelnotechnických parametrov dopravného značenia

V rámci svetelnotechnického merania fotometrických parametrov a meranie farby svetla bol 1ks prerušovaného premenlivého dopravného značenia s rozmerom 177 cm x 129 cm s premenlivými symbolmi zobrazovanými na svetelnočinnnej ploche značenia podľa normy STN EN 12966 Zvislé dopravné značky: Dopravné značky s premennými symbolmi na riadenie dopravy. Dopravné značenie bolo nové s nainštalovanými LED svetelnými zdrojmi určeného na inštaláciu do exteriéru alebo interiéru pre celodennú prevádzku. Panel dopravného značenia bol dodaný na skúšku so všetkým príslušenstvom tak, aby ho bolo možné napájať zdrojom jednosmerným napätím, ktorého nominálnu hodnotu stanovil

výrobca značenia. LED svetelné zdroje so žltou farbou, ktorý v paneli dopravného značenia boli nainštalované spolu s príslušnou optickou časťou pre usmernenie svetelného toku do priestoru zo svetelných zdrojov s predným krytím vyrobeného z priehľadného skla. Úroveň jasů dopravného značenia je možné regulovať na tri úrovne.



Obr.2 Panel prerušovaného premenlivého dopravného značenia s LED zdrojmi – žltá farba

Meranie bolo vykonané po stabilizácii skúšaného svetelného zariadenia od zapnutia približne 30 minút pre každú úroveň. Panel dopravného značenia s premenlivými symbolmi s LED zdrojmi, ktoré bolo predmetom skúšania (obr. 3). Na základe výsledkov bolo dopravné značenie zatriedené v súlade s normou podľa normy STN EN 12966 článok 4.4 Požiadavky na optické vlastnosti prerušovaných premenných dopravných značení. Fotometrické a kolorimetrické parametre boli stanovené podľa normy STN EN 12966 a STN EN 13032, kde merané hodnoty parametrov premenlivého dopravného značenia boli merané v zmysle požiadaviek normy STN EN 12966 Zariadenia na riadenie dopravy: Výstražné a bezpečnostné svetelné zariadenia.

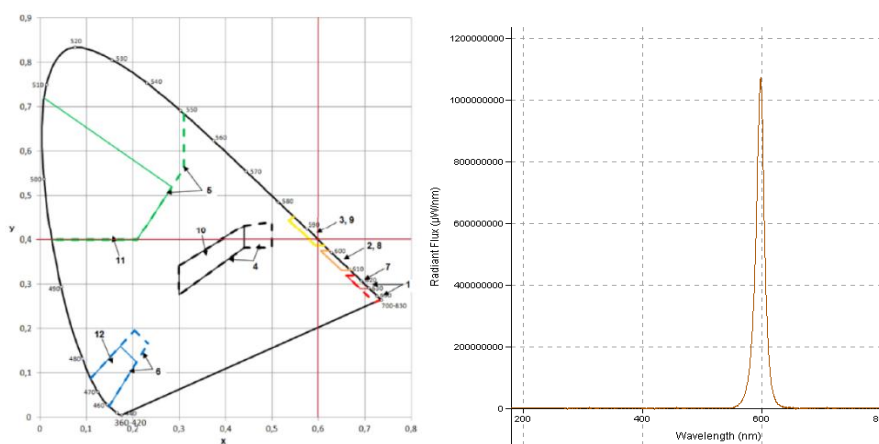
Pri meraní bol stanovený nasledovný postup:

- 1 Meranie úrovne jasů v kolmom smere, vo vybraných uhloch pre situáciu s externým aj bez externého zdroja simulovaného slnečného žiarenia v súlade s článkom 4.4 normy STN EN 12966 a vykonaných podľa článku normy 5.5 Skúšobné metódy optických parametrov. Meranie bolo vykonané pri nominálnej úrovni napätia stanovenej výrobcom
- 2 Meranie farebných súradníc  $x,y$  farebného priestoru CIE 1931( $x,y$ ) v súlade s normou 13032 a požiadavkami STN EN 12966. Meranie bolo vykonané pri dvoch úrovniach stanovenej výrobcom
- 3 Meranie rovnomernosti dopravného značenia svietenia pre triedy definovaných v norme STN EN 12966
- 4 Vyhodnotenie meraní a porovnanie s hodnotami uvedených v norme STN EN 12966 so zatriedením do príslušných tried na základe skúšaných parametrov.

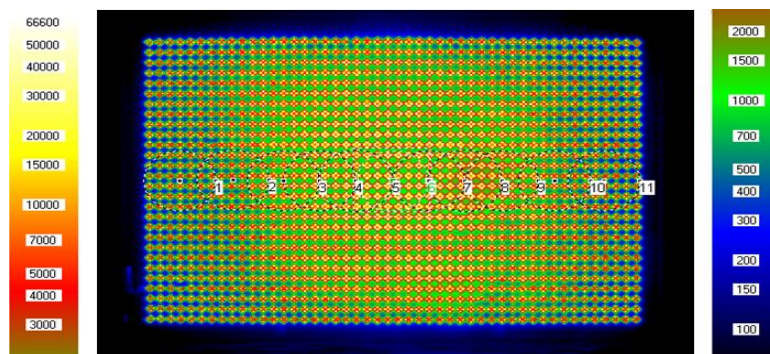
#### 4 Výsledky merania

Farba		Oranžová	
Úroveň		3	
Skúšobné uhly [°]		Trichromatické súradnice	
Vodorovne	zvisle	x	y
0	0	0,601	0,398
-5	0	0,603	0,396
5	0	0,601	0,397
0	-5	0,602	0,397
-7	0	0,603	0,395
7	0	0,600	0,399
-10	0	0,604	0,395
10	0	0,601	0,398
0	-10	0,602	0,396

Tab.1 Farebné súradnice x,y vo vybraných uhloch podľa STN EN 12966 – úroveň 3



Obr.3 Diagram CIE a spektrálne zloženie LED svetelných zdrojov

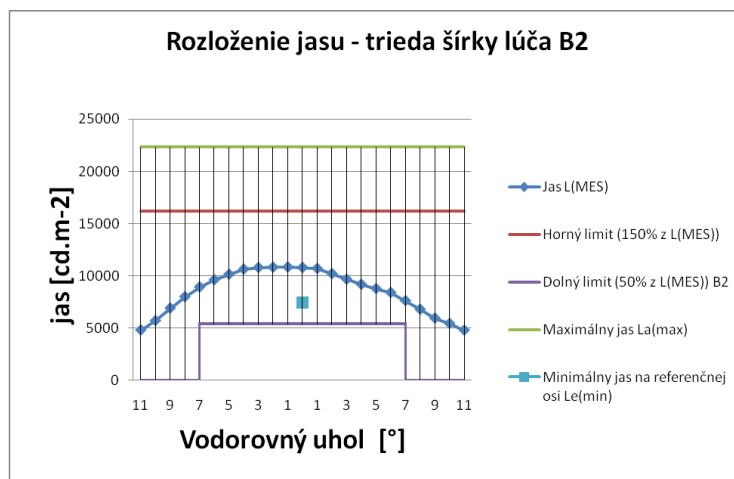


Obr.4 Jasová analýza premenlivého dopravného značenia s LED zdrojmi – úroveň 3



Jasomer		Simulátor 4000lx		Jas [cd.m <sup>2</sup> ]			Vypočítaný pomer Jasov	
Vodorovne	Zvisle	Vodorovne	Zvisle	Lb10	La10	Le	Lr10 ((La10-Lb10)/Lb10)	Lr10 (Le/Lb10)
0	0	0	10	499	10810	11310	20.7	22.7
0	-2.5	0	10	510	10690	11200	20.0	22.0
Jasomer		Simulátor 10000lx		Jas [cd.m <sup>2</sup> ]			Vypočítaný pomer Jasov	
Vodorovne	Zvisle	Vodorovne	Zvisle	Lb5	La5	Le	Lr5 ((La5-Lb5)/Lb5)	Lr5 (Le/Lb5)
0	0	0	5	160	10810	10970	66.6	68.6
0	-2.5	0	5	168	10690	10860	62.6	64.6

Tab.2 Určenie pomeru jasov  $L$  (cd.m<sup>-2</sup>) na dopravnom značení so simulátorom



Obr.5 Graf rozloženia jasov pre vyhovujúcu triedu šírky lúčov

Rozloženie jasov na referenčnej osi			Rozloženie jasov na referenčnej osi	
Vodorovný Uhol [°]	L(MES) [cd.m <sup>-2</sup> ]		Zvislý Uhol [°]	L(MES) [cd.m <sup>-2</sup> ]
	L	P		
0	10810		0	10810
1	10860	10720	-1	10730
2	10840	10220	-2	10700
3	10810	9686	-3	10670
4	10650	9191	-4	10660
5	10160	8784	-5	10650
6	9628	8400	-6	10640
7	8941	7618	-7	10360
8	8003	6790	-8	10050
9	6909	5942	-9	9142
10	5702	5426	-10	8454
11	4798	4785	-11	7515

Tab.3 Rozloženie jasov  $L$  (cd.m<sup>-2</sup>) na dopravnom značení v rovinách

Rovnomernosť			
Jasomer	Vodorovne	0°	
	Zvisle	0°	
Požiadavka A		Požiadavka B	
Prvok	L(MES) [cd.m2]	Prvok	L(MES) [cd.m2]
1	<b>326</b>	1	<b>326</b>
2	<b>336</b>	2	336
3	<b>354</b>	3	354
24	<b>410</b>	24	410
25	<b>425</b>	25	425
26	<b>426</b>	26	<b>426</b>
Vypočítaný pomer		Vypočítaný pomer	
<b>1,24</b>		<b>1,31</b>	

Tab.4 Určenie rovnomernosti jasov  $L$  ( $\text{cd.m}^{-2}$ ) na dopravnom značení

## 5 Záver

V článku bolo popísané fotometrické meranie premenných dopravných značení v laboratórnych meraní spolu s výsledkami merania za pomoci goniofotometra pre priestorové charakteristiky svietidiel a spektorrádiometra pre meranie farebných súradníc podľa normatívnych požiadaviek. Neistota merania svietivosti bola ocenená relatívnou rozšírenou neistotou 7,0 % a farebných súradníc  $x,y$  s hodnotou rozšírenej neistoty 0,003 s koeficientom rozšírenia  $k = 2$  za predpokladu normálneho rozdelenia čo predstavuje interval pokrytia približne 95%.

## 6 PodĎakovanie

Táto publikácia vznikla za podpory Skúšobného laboratória svetelnotechnických zariadení v rámci Skúšobne FEI STU.

## Literatúra a odkazy

- [1] CEN 2016, STN EN 13032-4. Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 4: Zdroje LED, moduly a svietidlá
- [2] CEN 2016, STN EN 12966. Svetlo a osvetlenie. Zariadenia na riadenie dopravy: Výstražné a bezpečnostné svetelné zariadenia



ŠPATNÉ  
SVĚTLO VÁM  
MŮŽE POKAZIT  
ŽIVOT.

RADĚJI  
PŘEJDĚTE  
NA SVÍTIDLA  
LEDVANCE.





# LED SVÍTIDLA LEDVANCE



# Malý chrání velkého. Přepětová ochrana pro LED pouliční osvětlení

LED osvětlení ve funkci pouličního osvětlení je dvojnásobně ohroženo: od blesku a od přepětí přicházejícího z elektrické rozvodné sítě. Pro ochranu citlivých elektronických ovladačů a světelných diod LED proto OBO vyvinulo výkonnou přepětovou ochranu. Díky kompaktní konstrukci může být ÚSM-LED instalována do prostoru svorkovnice stožáru nebo do hlavy svítidla. Sortiment OBO tak nabízí další komplexní řešení pro ochranu před bleskem a přepětím.

Více se dozvíte na adrese [www.obo.cz](http://www.obo.cz)



[www.obo.cz](http://www.obo.cz)

Building Connections

**OBO**  
BETTERMANN

Centrum **ENET** 



# INNOVA

Inovativní systémové  
řešení osvětlení



záruka  
**5**



**+50°C**

...systémové  
LED svítidlo

...krytí IP66 / IP69  
ESČ, ENEC, CB, CE

...přes 300 provedení  
pro stropy od 2,5 do 12 m

...2 600 až 8000 lm, záruka 5 let  
životnost L90/B10, 50000 hodin

česká svítidla  
[www.innova.lighting](http://www.innova.lighting)

# TREEVOS

# Budoucnost průmyslového osvětlení se jmenuje

# INNOVA

Společnost TREVOS uvedla na trh již 7. generaci průmyslového svítidla určeného pro prostory s požadavkem na vysoké krytí (odolnost vůči prachu a vodě IP66/IP69). Je určeno pro výrobní prostory, skladovací haly (logistická centra), parkovací domy, zemědělské objekty aj. Jeho volba přináší uživatelům vysokou přidanou hodnotu a technický standard.

- Jedná se o uzavřené a během jeho provozní životnosti nerozebíratelné svítidlo s LED světelnými zdroji. Při výrobě je automaticky testována funkčnost a těsnost každého kusu. Je tak garantována **100% spolehlivost**, krytí a elektrická bezpečnost všech svítidel.



- Vzhledem k dokonalé těsnosti je konstrukce svítidla připravena pro zapojení na **propojovací konektor**, který je umístěn na jeho boční straně. Tím odpadá tradiční rozebírání svítidla při montáži a zapojování vodiče do svorkovnice.

- V designu svítidla jsou i **posuvné závěsy** umožňující instalovat svítidlo na uchycení v rozteči původního osvětlení. Dochází tak k zjednodušení při výměně původního osvětlení za nová svítidla. Rozpětí závěsů je od 420 mm do 980 mm v závislosti na typu svítidla.



- Zákazníkovi to v souhrnu přináší řadu výhod, hlavní z nich je **úspora času** potřebná pro zapojení či propojení svítidel. Konektor byl v praktickém montážním testu jednoznačným vítězem s téměř třetinovým časem potřebným pro zapojení světelné soustavy (více na Youtube kanálu).

- Pro využití svítidla v různém prostředí je v nabídce volba ze **tří světelných charakteristik**: od 2,5 m montážní výšky v případě Innova WB (Wide beam - široká charakteristika) až po 12 m výšky stropu u verze Innova NB (Narrow beam - úzká charakteristika). Umožňuje to použití různých difuzorů s odlišnou optikou včetně osazení primárního difuzoru umístěného přímo na LED čipech.

## Chytré řešení a variabilita

Innova od společnosti TREVOS je svítidlo s nadčasovým designem, technicky vyspělé včetně důmyslného řešení osvětlení, které přináší zákazníkovi **vysokou přidanou hodnotu** v podobě úspory práce, času a energie. Nezanedbatelná je možnost dodávky zařízení včetně kabelů **s již připojenými konektory** dle typu plánovaného zapojení a montážník je pak „pouze“ zapojí do příslušného svítidla nebo světelné soustavy. Svítidlo se vyrábí ve více jak **300 variantách (2600 – 8000 lm)** včetně třífázového propojení, stmívání, nouzového osvětlení nebo senzorů. Standardní délka připojovacích a propojovacích kabelů je 1 a 3 m, ale TREVOS je v rámci projektů připraven i na **individuální požadavky** zákazníků.



Innova se vyrábí z vysoce kvalitního polykarbonátu PC a z dalších odolných materiálů, které umožňují svítidlo použít do chemicky agresivního prostředí. Celková tuhost, pevnost, odolnost a dobrý tepelný management elektronických součástí se projevují ve dlouhé životnosti svítidla i při teplotách okolí **až do 50 °C**, pro které je certifikováno. Za kvalitu svých produktů, které často svítí nepřetržitě, ručí TREVOS **pětiletou zárukou**.

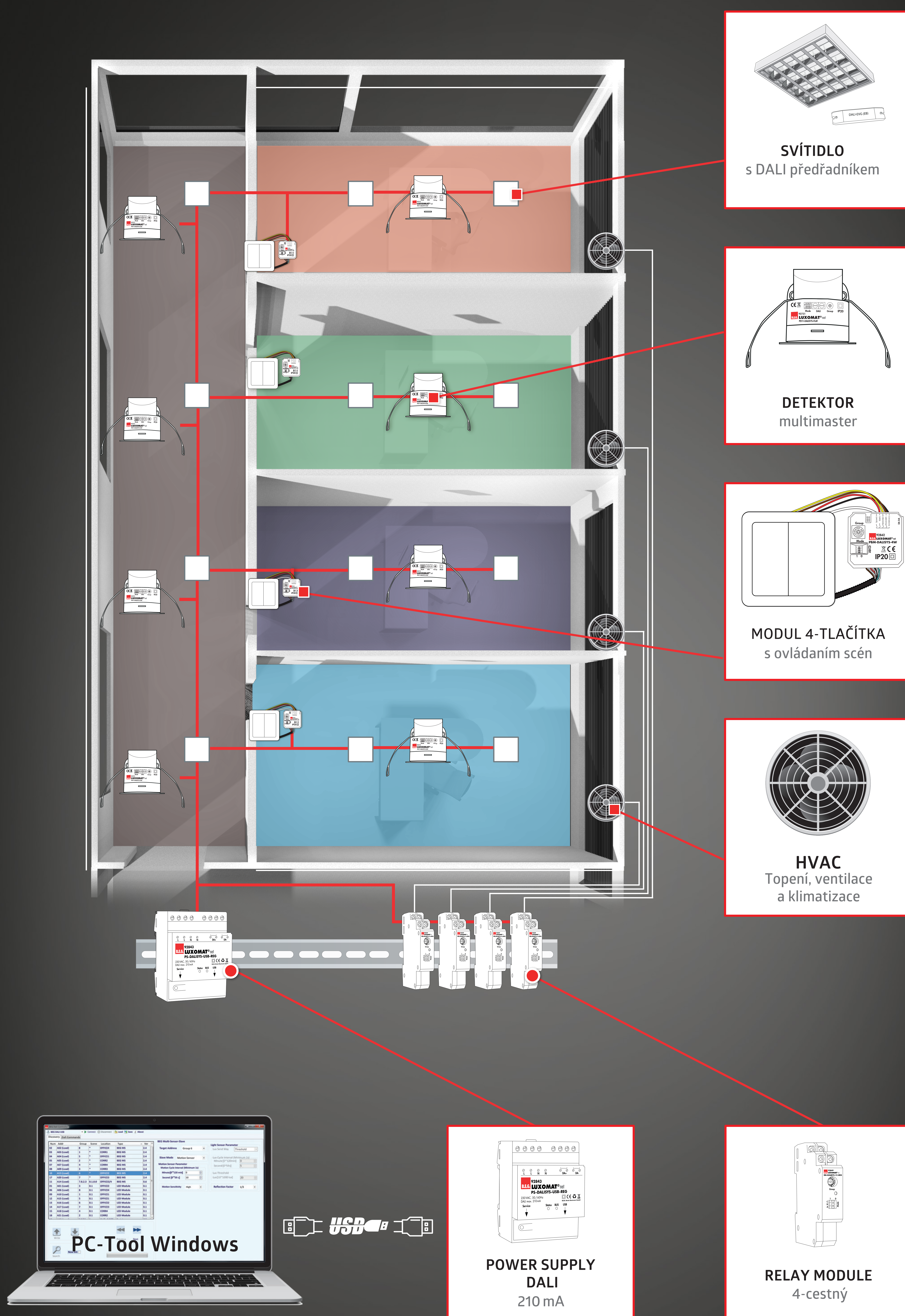
Více informací najdete na [www.innova.lighting](http://www.innova.lighting)

## TREVOS

[www.trevos.cz](http://www.trevos.cz)  
česká svítidla





**Flexibilní řešení:  
Několik místností**

- Menší budovy, sklady, otevřené kanceláře, kancelářské podlaží, schodiště, atd...
- Uvedení do provozu pomocí PC (Windows) přes DALI napáječ S integrovaným USB rozhraním
- Automatické adresování až 64 DALI členů pomocí krátkých adres, maximálně 16 skupin
- Konfigurace až 16 scén
- Funkce "Guided light" : synchronizace osvětlení v různých částech budovy
- DALI napájení (210 mA) napájí všechny komponenty, včetně (max. 8) B.E.G. multisenzorů



Autor:	Kolektiv autorů
Katedra, institut:	Katedra elektroenergetiky
Název:	Sborník odborného semináře Kurz osvětlovací techniky XXXIV.
Místo, rok, vydání:	Ostrava, 2018, 1. vydání
Počet stran:	160
Vydala:	VŠB- TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA 17.listopadu 15/2172 708 33 Ostrava-Poruba
Tisk:	Ediční středisko VŠB-TU Ostrava
Náklad:	150

Neprodejné

Z technických důvodů má sborník 2 části

**ISBN 978-80-248-4220-2**