



AVISON (Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci)

je projektem soutěže VI - Bezpečnostní výzkum České republiky 2015-2022 (2015 - 2022) vyhlášeného MVO - Ministerstvem vnitra (MV) s identifikačním číslem **VI20172019071** řešeným v období: 01.01.2017- 31.12.2019. Jeho hlavní příjemcem je Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava / Fakulta elektrotechniky a informatiky, dalším účastníkem projektu je Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. v roli dalšího účastníka projektu.



V Příloze č. 1 Smlouvy – Projekt, v části 5. 3. Vedlejší výsledky projektu:

DEFINICE DRUHŮ VÝSLEDKŮ

(Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací schválené usnesením vlády dne 8. února 2017 č. 107)

O - ostatní výsledky

Obsah:

- 1) VITASEK, J., J. LATAL, T. STRATIL, A. VANDERKA, L. HAJEK a V. VASINEK. Purposeful Suppression and Reconstruction Of White Light from LED. In: Proceedings of the International Conference on Advances in Electronic and Photonic Technologies. Podbanske: UNIZA, 2017, s. 180-184. ISBN 978-80-554-1342-6
- 2) LATAL, J., HANULAK, P., VITASEK, J., VANDERKA, A., HÁJEK, L. a J. MARTOCH. Measurement of LED color coordinates used in the automotive for exterior lighting. In: Proceedings of the International Conference on Advances in Electronic and Photonic Technologies. Podbanske: UNIZA, 2017. s. 237-242. ISBN 978-80-554-1342-6
- 3) NOVAK, T., SOKANSKY, K., KOUDELKA, P., MARTINEK, R., The Potential Usage Of Public Lighting In The Smart City, In: CIE Midterm Meeting 2017, South Korea, s. 1135 – 1139, ISBN 978-3-901906-95-4, DOI: 10.25039/x44.2017.PO95.
- 4) NOVAK, T., SOKANSKY, K., KOUDELKA, P., MARTINEK, R., STRATIL, T., LATAL, J., VITASEK, J., Study of LED Modulation Effect on the Photometric Quantities and Beam Homogeneity of Public Lighting, In: LUX EUROPA 2017, European Lighting Conference, Ljubljana Slovenia, 2017, s. 663 – 668, ISBN 978-961-93733-4-7.
- 5) LATAL, J., VITASEK, J., VANDERKA, A., HAJEK, L., WILCEK, Z. a J. KOLAR. Simulation and Measurement of Fog Effect on FSO Systems. In: International Conference on Advances In Electronic And Photonic Technologies. Tatranská Lomnica, High Tatras, Slovakia, 2018. s. 61 – 64. ISBN 978-80-554-1450-8.
- 6) VITÁSEK, J. J. LÁTAL, S. HEJDUK, T. STRATIL, A. VANDERKA and L. HÁJEK. Veřejné osvětlení v mlze. In: Kurz osvětlovací techniky XXXIV. Kouty nad Desnou: ČSO, 2018, pp. 85-89. ISBN 978-80-248-4221-9.
- 7) S. HEJDUK, L. HÁJEK, J. LÁTAL, A. VANDERKA. Možnosti využití veřejného osvětlení pro komunikaci ve viditelném spektru. In: Kurz osvětlovací techniky XXXIV. Kouty nad Desnou: ČSO, 2018, pp. 69 - 75. ISBN 978-80-248-4221-9.
- 8) T. STRATIL, L. HÁJEK, J. VITASEK, A. VANDERKA, S. HEJDUK a J. LÁTAL. Širokopásmové komunikace ve viditelné oblasti světla. In: Kurz osvětlovací techniky XXXIV. Kouty nad Desnou: ČSO, 2018, pp. 194 - 199. ISBN 978-80-248-4221-9.
- 9) BÍL, M., SEDONÍK, J. A R. ANDRÁŠIK. Časoprostorová analýza dopravních nehod. In: Kurz osvětlovací techniky XXXIV. Kouty nad Desnou: ČSO, 2018. ISBN 978-80-248-4221-9.
- 10) BÍL, M., ANDRÁŠIK, R., KUBEČEK, J. A J. SEDONÍK. Nejrizikovější křižovatky v ČR z pohledu nehod vzniklých v noci. In: Kurz osvětlovací techniky. Kouty nad Desnou: ČSO, 2018. ISBN 978-80-248-4221-9.
- 11) DOLEJŠÍ O., TESAŘ J., SOKANSKÝ K. A T. NOVÁK. Noční dopravní nehody v závislosti na intenzitě dopravy v osvětlení intravilánu měst a obcí na komunikacích I., II., III. tříd, včetně místních komunikací. In: Kurz osvětlovací techniky XXXIV. Kouty nad Desnou: ČSO, 2018. pp. 49 – 53. ISBN 978-80-248-4221-9.

- 12) TESARĚ, J., Pohled svĕtelnĕho technika na prvnl veřejnl osvĕtlenl s malĕm negativnlm dopadem na ťivotnl prostředl??? In: Kurz osvĕtlovacl techniky XXXIV. Kouty nad Desnou: ĆSO, 2018. ISBN 978-80-248-4221-9.
- 13) TESARĚ, J., Přlklady z praxe nevhodnl osvĕtlenĕ dopravnl prostor v zavislosti na omezenĕm vĕhledu z vozidla. In: Kurz osvĕtlovacl techniky XXXIV. Kouty nad Desnou: ĆSO, 2018. ISBN 978-80-248-4221-9.
- 14) TESARĚ, J. a O. Dolejšl. Stanovenl parametrŭ osvĕtlenl na pozemnlch komunikacch dle ĆSN CEN/TR 13201-1 (vĕbĕr třlđ osvĕtlenl 9/2016), tam kde neznáme intenzitu dopravy. In: Kurz osvĕtlovacl techniky XXXIV. Kouty nad Desnou: ĆSO, 2018. ISBN 978-80-248-4221-9.
- 15) NOVAK, T., SOUSTEK, L., MARTINEK, R., LATAL, J., SOKANSKY, K., KUNCICKY, R., KUNCICKY, L., BARTOS, J. Smart Polygon At VSB - TU Ostrava 24 H/Day Using Of Public Lighting Net, *Proceedings of the 29th CIE SESSION*, s. 1694-1702, DOI 10.25039/x46.2019.PO172.
- 16) NOVAK, T., GASPAROVSKY, D., BECAK, P., SOKANSKY, K., Modelling Of Large Light Sources Radiation To The Upper Hemisphere – Obtrusive Light, *Proceedings of the 29th CIE SESSION*, s. 1684-1693, DOI 10.25039/x46.2019.PO171.
- 17) S. HEJDUK, T. STRATIL, J. LATAL, L. HAJEK, A. VANDERKA, T. NOVĀK, K. SOKANSKĚ, Implementace inteligentnlho modulĀtoru na bĀzi OOK s Bias-Tee do svltdla veřejnlho osvĕtlenl, *Proceedings of the 23rd International Conference - LIGHT 2019*, s. 44-47, ISBN 978-80-248-4354-4.
- 18) TomĀř Stratil, Jan LĀtal, Stanislav Hejduk, Lukas Hajek, Aleř Vanderka, Mořnosti vyuřitl open source řešenl pro chytrĕ veřejnl osvĕtlenl, *Proceedings of the 23rd International Conference - LIGHT 2019*, s. 51-54, ISBN 978-80-248-4354-4.
- 19) J. VITASEK, S. HEJDUK, T. STRATIL a J. LATAL. Optical Parameters of Sunny and Rainy Day and Their Comparison. In: *Advances in Electronic and Photonic Technologies (ADEPT)*. řtrbskl Pleso: UNIZA, 2019, pp. 269-272. ISBN 978-80-554-1568-0.

PURPOSEFUL SUPPRESSION AND RECONSTRUCTION OF WHITE LIGHT FROM LED

J. Vitasek*, J. Latal, T. Stratil, A. Vanderka, L. Hajek, V. Vasinek

Department of Telecommunications, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science,
VSB-Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava, Czech Republic
e-mail: jan.vitasek@vsb.cz

Abstract *Light Emitting Diodes (LED) emitting white light find more and more using in everyday life. The white LEDs gradually replace the classical light sources. Therefore, there is a possibility to use the white LEDs for illumination and also for communication. The main disadvantage of the white LED is a phosphorescent decay after a switching off of excitation blue light. This decay limits bandwidth and using of white LEDs for communication purposes. This article brings a manner how to evade this limitation. A part of original white LED spectrum is suppressed by an optical filter. Then the suppressed part is replaced by another LED. The correct choice of suitable LED enables to reconstruct the original spectrum. This solution removes the problem with decay because the white LED emits continuously. The communication LED will carry the data only. The scale of reconstruction of original white light is the colour coordinates x and y in diagram CIE 1931.*

Keywords proceedings, paper, template

1. INTRODUCTION

Current research in communications also aims for the optical communications. The optical communications have several advantages in comparison to the existing metallic and radio communications. The data rate and bandwidth are considerably greater and wider in the optical communications. The one of the main area of interest today is considered the indoor optical communications. These communications have a potential to gradually replace the current radio communication Wi-Fi. The most frequent case of the indoor optical communication system is called the Visible Light Communication (VLC). This technology joins together two functions, communication and illumination [1-5].

To realize the idea of joining the communication and illumination properties together was enabled after a coming the white illumination Light Emitting Diodes LED. The classical illumination sources (light bulbs and fluorescent lamps) cannot be switch on and off fast enough, which is the basis of communication [3]. The illumination LEDs have further advantages in comparison to the classical illumination sources. The LEDs reach much higher efficiency and their further improvements are expected. The other advantages are their longer lifetime, higher tolerance to humidity, a smaller and compact size, minimum heat generation compared with the classical illumination sources, and lower power consumption. The LEDs are more ecological because they are mercury free [4-5].

Already today we can observe the gradual replacement of the classical illumination sources by the LEDs. Generally, we can buy the LED light bulb which has the identical shape, size, thread and optical intensity like the classical light bulb. This LED light bulb is directly connected to the current infrastructure without any changes and it is possible to

use it. The same deals for the LED tubes. Further the LEDs are placed into the lamp for street lighting due to their lifetime, power consumption and other advantages [6]. Perhaps the greatest instantaneous signpost of replacement the classical illumination sources is using the LEDs in head lamps and tail lamps in cars, which is often still thought by the extra equipment [7-8].

The increasing using of LEDs for the illumination direct offers using also for the communication. Nevertheless, there are several obstructions. The white LEDs are based on the two principles. The first principle is using of the three chips emitting blue, green and red light. If these chips are correctly set, they create the white light together. This principle is called colour mixing. The other principle is based on the conversion of the light wavelength to another wavelength. The converters are luminophores which convert the blue light to yellow. The most often used luminophores are Yttrium Aluminium Garnets ($Y_3Al_5O_{12}$). The basis is the chip emitting the blue light. This blue light impacts the luminophore layer where a part of blue light is converted to yellow light. The rest of blue light and yellow light create the white light together. Both these methods have their limitations. The three-colour LEDs are supplied by high current therefore the fast switching on and off is problematic. The LEDs with the luminophore suffer the luminescence delay. After switching off of the exciting blue light, the luminophore still emits yellow light some time, which extends the symbol duration time. This delay is called the luminescence decay [3].

2. SOLUTION OF WHITE LEDS OBSTRUCTIONS

This article offers a solution how to get around the above described obstructions. The basis is a purposeful suppression of a part of the spectrum emitted by the white LED by using a suitable optical filter. The suppressed part is then replaced by spectral and intensity suitable LED. Both these LEDs then create the original white light.

The advantage is that the white LED emits continuous it is not switched on and off. As well so high forward current is not switched. Even there is not any luminophore decay. Only the LED which replaces the suppressed part of spectrum is switched on and off. The LED is a monochromatic LED which is supplied by lower forward current and a creation of light is given only by features of semiconductor material. This LED is called the communication LED.

3. MEASUREMENT IN LABORATORY

We needed several components to realize the measurement. The basis was the white power LED. The forward current of this power LED was 700 mA. Further a notch filter was placed to this power LED. The notch filter suppressed a part of its spectrum. The next used element was a suitable chosen communication LED. The communication LED had to fulfil the spectral properties for replacing the suppressed part. Before itself measurement we choose and measured several LEDs. According this we choose the most suitable LED. Further we solved the problem how to merge two light beams from the two LEDs in one. For this purpose, we used a beamsplitter 50:50. The disadvantage of this beamsplitter is that a half of the optical power is waste. This waste is unallowable therefore a mirror was

also used. Further a diffuser was at the end for a better mixing of LEDs beams. The final arrangement is in Fig. 1.

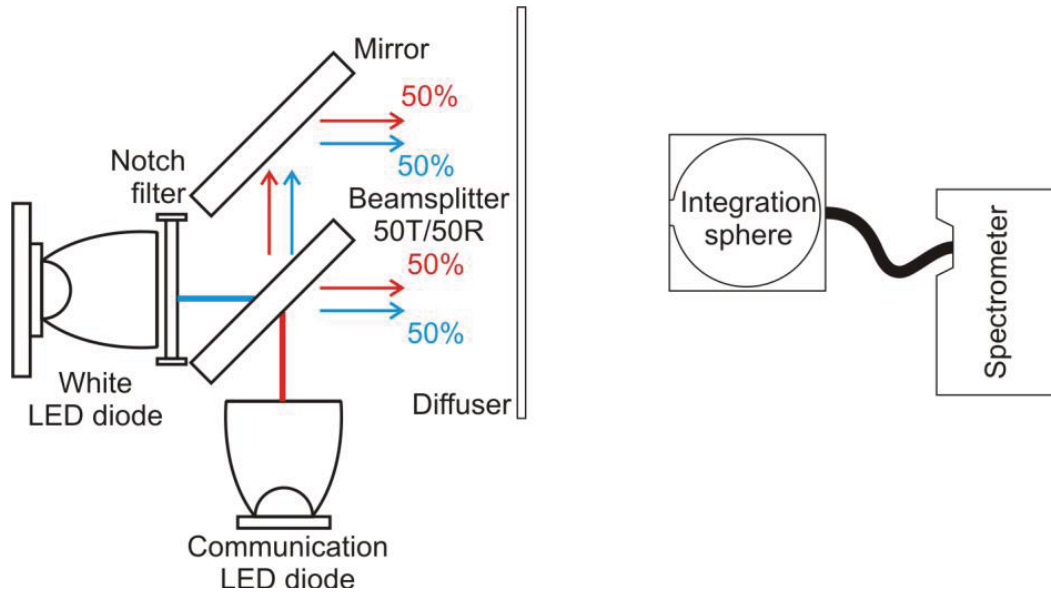


Fig. 1 Arrangement of measurement.

The white LED was supplied by constant forward current 700 mA. The forward current of the communication LED was gradually increased with step 10 mA. The aim was to find this forward current of the communication LED when the difference between colour coordinates x and y in CIE diagram was the smallest before and after reconstruction.

3.1 Measurement procedure

A spectrometer with an integration sphere was used for measurement. At first we measured the spectrum of the white power LED, Fig. 2a. Further the colour coordinates and correlated colour temperature (CCT) were noted. Then we put the notch filter to the white LED. The transmission of this filter is in Fig. 2b. Thereby a part of spectrum was suppressed. The communication LED began emits light with the forward current 100 mA. After this setting, we measured the compound spectrum, colour coordinates x and y and also the CCT. Then the forward current was increased in 10 mA and the measurement was repeated. This procedure was done up to maximal value 350 mA of the forward current of the communication LED.

3.2 Measurement results

The colour coordinates of original white light were $x=0.3064$ and $y=0.3107$, the CCT was 7070.7 K. The best reconstruction of white light came for the forward current of the communication LED 280 mA, Fig 2c. The colour coordinates of the compound spectrum were $x=0.3087$ and $y=0.3108$, CCT=6915.7 K. These measured values could be compared according to the relation, which is derived from relative error:

$$\delta (\%) = \frac{x_{rec} - x_{org}}{x_{org}} \cdot 100 , \quad (1)$$

where index *rec* means the reconstructed value and *org* is the original value. According to the Eq. (1) the colour coordinates changed less than 1 %. The CCT changed 2.2 %. The reconstruction was very successful the measured values could be not recognized by human eye.

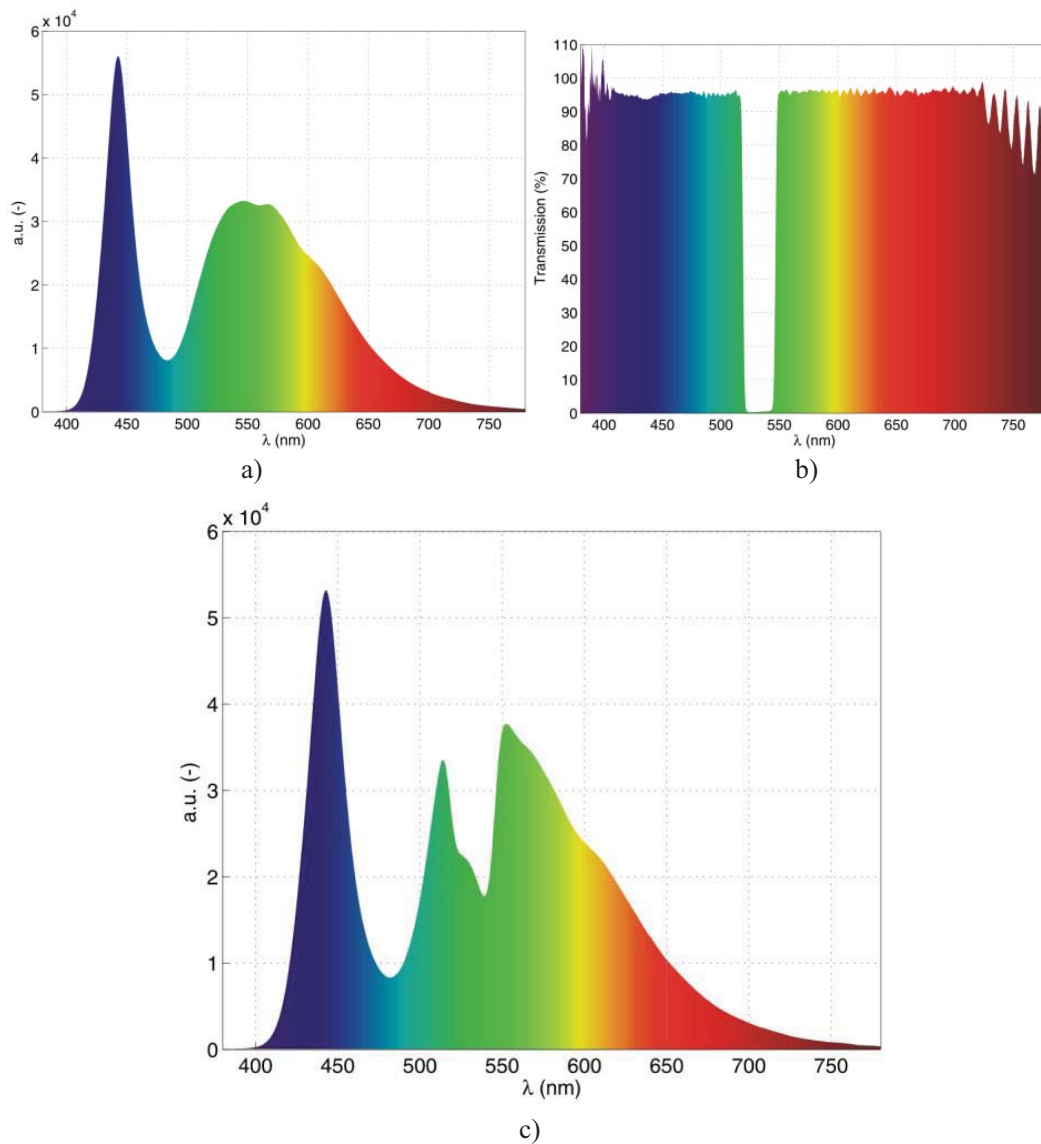


Fig. 2 Measured spectra: a) white LED, b) notch filter, c) reconstructed spectrum.

4. CONCLUSION

This article presented one of possibilities how to remove the problem with the communication properties of the white LEDs for VLC. The measured results showed that the reconstruction of the original spectrum is possible and it was very successful. The colour coordinates almost did not change, the CCT changed slightly. The differences are not recognizable by human eye. The next task is testing of the communication properties of the reconstructed white light.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic under Projects No. SP2017/79 and SP2017/97 of VSB–Technical University of Ostrava, Czech Republic. Our research was also supported by Projects No. MP1401, VI20172019071, VI20152020008 and TA04021263. The work has been partially supported by Project No. CZ.1.07/2.3.00/20.0217.

References

- [1] Y. C. Chen, S. S. Wen, Y. X. Wu, Y. Y. Ren, W. P. Guan, Y. L. Zhou, *Opt. Com.* 377, 83-88 (2016), doi: 10.1016/j.optcom.2016.05.036.
- [2] T. Novak, B. Socha, Z. Carbol, K. Sokansky, In *Proceedings of the 13th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2012*, Brno, Czech Republic, 1185-1188 (2012).
- [3] E. F. Schubert, *Light-Emitting Diodes*, Cambridge University Press, Cambridge, (2006).
- [4] T. H. Q. Minh, N. H. K. Nhan, T. P. Vo, N. D. Q. Anh, *Advances in Electrical and Electronic Engineering*. 14, 340-344, (2016), doi: 10.15598/aeec.v14i3.1642.
- [5] R. M. Mare, C. E. Cugnasca, C. L. Marte, G. Gentile, In *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Rio de Janeiro, Brasil, 2101-2106 (2016), doi: 10.1109/ITSC.2016.7795896.
- [6] S. Li, A. Pandharipande, F.M.J., *IEEE Sensors Journal*, 16, 8617-8626 (2016), doi: 10.1109/JSEN.2016.2614968.
- [7] J. Yang, Z. Liu, B. Xue, Z. Liao, J. X. Wang, J. M. Li, In *International Conference on Numerical Simulation of Optoelectronic Devices*, Sydney, Australia, 83-84 (2016), doi: 10.1109/NUSOD.2016.7547040.
- [8] D. Karunatilaka, F. Zafar, V. Kalavally, R. Parthiban, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17, 1649-1678 (2015), doi: 10.1109/COMST.2015.2417576.

MEASUREMENT OF LED COLOR COORDINATES USED IN THE AUTOMOTIVE FOR EXTERIOR LIGHTING

J. Latal^{1*}, P. Hanulak², J. Vitasek¹, A. Vanderka¹, L. Hájek¹, J. Martoch²

¹ Department of Telecommunications, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, VSB-Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava, Czech Republic

² Core Optics Department, Varroc Lighting Systems, Suvorovova 195,
742 42 Senov u Noveho Jicina, Czech Republic
e-mail: jan.latal@vsb.cz

Abstract *Article deals with dichromatic white LED's color coordinates used in automotive exterior lighting. Paper also describes basic white automotive LED functionality and basic physical processes that creates white light of these LEDs. It focuses on measuring of color coordinates of white automotive LEDs with different temperature of LED and how the LED's color depends on LED's temperature. Article is comparing datasheet information of LED producers and values measured in laboratory at VSB-Technical University of Ostrava. Article contains statistical results of measurements and graphical representation of measured values and declared color bins.*

Keywords: LED, automotive, color bin, color coordinates, spectral characteristic.

1. INTRODUCTION

Color coordinates of LED are important when adjusting color temperature of various light sources in car head or rear lamps. New trends in automotive lighting combines various light sources as halogen bulbs, HID (High Intensity Discharge, also known as xenon lights), and LEDs. Each of these sources has different color and each customer has different requirements on color matching of headlamp functions. Usually, color of the white light is expressed as color temperature. Temperature of an ideal black body radiator that radiates light is meant by color temperature of light source. For illustration, color temperature of halogen bulbs is appx. 3500 K, color temperature of HID is usually 4500 K and color temperature of LED is changing from 3000 K to 6000 K, depending of producers and LED type. Generally, bluish LEDs (from 4500 K to 6000 K) are usually chosen for car white lighting functions. When more types of light sources are used in the car's headlamp, e.g. halogen bulb for high beam, HID for low beam and LED for position and Day time Running Lights (DRL) functions, color of light sources is becoming very important design feature. It is also possible to measure the dominant wavelength, peak wavelength, Correlated Color Temperature (CCT) or the Color Rendering Index (CRI) [1], [2], [3], as well as spectral characteristics of the LED sources which were measured with the help of semi empirical model based on the solid-state theory depending on the temperature. In this article, the composite author also dealt with an idea of temperature influences on colorimetric changes (chromaticity) [4], [10]. Generally, the white LEDs for indoor illumination and similar applications are described by the parameters CCT or CRI [2]. White LEDs are usually described by chromaticity coordinates [5] which is only the way how to characterize different white light sources. Measuring and unification of white

light emitted by the source is not only the task for the automotive industry. In general, it is also the task for illumination applications. Measuring LEDs characteristics using the integration sphere has been carried out by many researchers, which is one of the most reliable ways how to measure LEDs [1], [7], [8]. Various researches about measuring LED junction temperature were also made. One of the ways how to control LED temperature is by measuring the forward voltage of LED which was in the oil bath of specific temperature [7]. Another approach is mathematical - LED junction temperature can be calculated from its forward voltage [8]. This solution is very accurate, but it is limited by accuracy of measurement equipment. Other way how to measure LED temperature is by using sensor which contacts with Printed Circuit Boards (PCB) near LED solder point [9], [11]. The aim of measurements in this article was to find a process of measuring the color coordinates of white LEDs in the real applications in the company Varroc Lighting System without using any special laboratory equipment.

2. AUTOMOTIVE WHITE LED

In automotive industry, usually only one type of white LED is used – blue LED with luminophore. The luminophore is yttrium-aluminium garnet (YAG) doped by cerium in the most cases. LED producers divide each type of LED into various groups according the color coordinates in CIE xy chromaticity diagram. These groups are called color bins. Differences in LED color and dividing LED into various bins is caused by technology of LED production. For LED production, simple substrate is used. On the surface of substrate thin crystalloid layer is grown. This process is called epitaxy. As result, semiconductor forming die of blue LED is created. This semiconductor is cut to small pieces afterwards. The electrical connections are inserted and layer or suspension of luminophore is added into its surrounding. This setup is encapsulated and creates white LED. The luminophore layer is thin in order 10-2 mm, epitaxy processes create natural differences in LED properties [10]. Even the manufacturers are trying to minimize these differences; it is not possible to create highly consistent and strictly controlled LED production with same characteristics. For this reason, LEDs are divided into groups with similar characteristics. These groups are called “bins” and they can be organized into three main groups: by luminous flux, color coordinates and voltage. Manufacturers sort LEDs to color bins according to their x and y coordinates in chromaticity diagram defined in CIE 1931. These bins are defined usually by 4 points that creates convex rectangle in chromaticity diagram. Pentagons or hexagons defining color bin are not unusual, too. Size of the bins depends on manufacturing quality– generally, the more accurate production, the smaller color bins can be produced.

2.1 Experiment requirements and description

The task of the measurement was to measure color coordinates of white automotive LEDs in the range of different temperature of LED and to evaluate the difference between color coordinates of LEDs in different temperatures. All measurements were aimed on automotive industry needs, so measuring of color coordinates was chosen for this purpose. Dark room was used to prevent direct light to affect results of experiments. Measurements were made in dark room situated in VSB–Technical university of Ostrava. Sizes of the

dark room were 2,6x3x2,5 m. Amount of photons in this room was only 7 photons per second (Declared darkcounts of photodetector 1 cps, measured 0.72 cps). Setup scheme are LED, Peltier cooler, CPU cooler and fan were assembled as in Fig. 1.



Fig. 1 Thermal control system for measurements.

All measurements were made 30x for each LED and each temperature. Seoul LEDs are simple and cheap example of automotive LED, they are widely used because of their low price and good luminous flux. Aim of the measurement was to verify the hypothesis that the color coordinates changes with growing temperature of LED. As the P-N junction is situated inside of the LED structure, temperature of LED surface T_s was measured.

2.2 Measurement results

LEDs were measured for various temperatures of surface and the nominal current of LEDs was kept. Color coordinates were measured by following procedure: 1) Assembly of thermal control system (Fig. 1). 2) Connecting electronic components (Peltier cooler, fan, LED) to power supplies. 3) Setting nominal current of LED according to producers datasheet. 4) Turning on power supplies for Peltier cooler and fan. 4) Monitoring LED's surface using thermocamera, regulation of temperature using Peltier cooler and LED's forward current until the temperature on LED's surface and forward current reach the values defined in vendor's datasheet. 5) Measuring color coordinates using Avantes spectrometer and integration sphere. 6) Changing LED's surface temperature by adjusting Peltier cooler current. 7) Adjusting LED's forward current to nominal. All results were placed in to the graph with proper bin definitions and bin's tolerances. Results for each LED were compared for nominal temperature and for heated LED. All results were evaluated using statistic methods and following statistical data were calculated: Mean (μ), Median (\tilde{x}), Mode (\hat{x}), 75% quartile, 25% quartile ($Q_{0,75}$ $Q_{0,25}$), Minimum, maximum, Variance (σ^2). All measured values of color coordinates were tested for mean equation. Hypotheses were tested for 95% confidence interval separately for x and y coordinates.

2.3 Seoul Semiconductors Z5

1) U2C3H

Statistical results for LED SSC Z5 binned as U2C3H are shown in Tab. 1. Hypothesis test for x -coordinates:

$$H_0 : \mu(x)_{\tau_s=25^\circ C} = \mu(x)_{\tau_s=100^\circ C}, H_A : \mu(x)_{\tau_s=25^\circ C} \neq \mu(x)_{\tau_s=100^\circ C}$$

P -Value = $6.99 \cdot 10^{-10} \ll 0.05 \rightarrow$ rejecting H_0 on confidence interval 95%. Hypothesis test for y -coordinates:

$$H_0 : \mu(y)_{\tau_s=25^\circ C} = \mu(y)_{\tau_s=100^\circ C}, H_A : \mu(y)_{\tau_s=25^\circ C} \neq \mu(y)_{\tau_s=100^\circ C}$$

P -Value = $0 \ll 0.05 \rightarrow$ rejecting H_0 on confidence interval 95%. Hypothesis test shows that temperature change has influenced color coordinates x and y for LED SSC Z5 U2C3H. Comparison of measured results for T_s with data declared by vendor is shown on Fig. 2.

2) U2E7I

Statistical results for LED SSC Z5 binned as U2E7I are in Tab. 2. Hypothesis test for x -coordinates:

$$H_0 : \mu(x)_{\tau_s=25^\circ C} = \mu(x)_{\tau_s=100^\circ C}, H_A : \mu(x)_{\tau_s=25^\circ C} \neq \mu(x)_{\tau_s=100^\circ C}$$

P -Value = $0 \ll 0.05 \rightarrow$ rejecting H_0 on confidence interval 95%. Hypothesis test for y -coordinates:

$$H_0 : \mu(y)_{\tau_s=25^\circ C} = \mu(y)_{\tau_s=100^\circ C}, H_A : \mu(y)_{\tau_s=25^\circ C} \neq \mu(y)_{\tau_s=100^\circ C}$$

P -Value = $0 \ll 0.05 \rightarrow$ rejecting H_0 on confidence interval 95%. Hypothesis test shows that temperature change has influenced color coordinates x and y for LED SSC Z5 U2E7I. Comparison of measured results for T_s with data declared by vendor is shown on following Fig. 3.

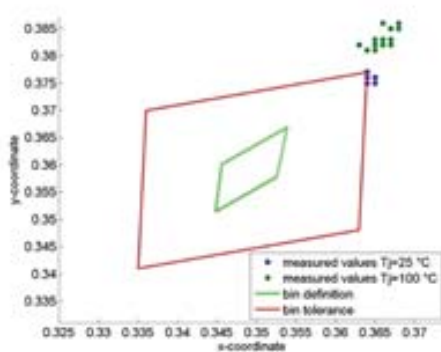


Fig. 2 Comparison of measured values to vendor's information for SSC Z5 LED binned as U2C3H.

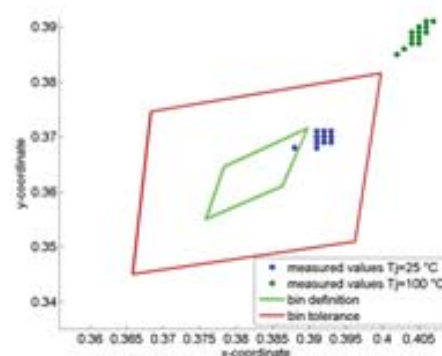


Fig. 3 Comparison of measured values to vendor's information for SSC Z5 LED binned as U2E7I.

Tab. 1 Results of SSC Z5 U2C3H.

Surface temperature	$T_s = 25\text{ }^\circ\text{C}$		$T_s = 100\text{ }^\circ\text{C}$		Difference	
	x	y	x	y	x	y
Mean	0,3643	0,3755	0,3659	0,3827	0,0016	0,0072
Median	0,364	0,375	0,366	0,383	0,002	0,007
Modus	0,364	0,375	0,366	0,383	0,002	0,007
75% quartile	0,365	0,376	0,36675	0,383	0,002	0,008
25% quartile	0,364	0,375	0,365	0,382	0,001	0,00625
Minimum	0,364	0,375	0,363	0,381	-0,002	0,005
Maximum	0,365	0,377	0,368	0,386	0,004	0,011
Variance	0,0004661	0,0005724	0,001094	0,0013429	0,0012484	0,0016692

Tab. 2 Results of SSC Z5 U2E7I.

Surface temperature	$T_s = 25\text{ }^\circ\text{C}$		$T_s = 100\text{ }^\circ\text{C}$		Difference	
	x	y	x	y	x	y
Mean	0,3915	0,3689	0,4052	0,389	0,0137	0,0192
Median	0,391	0,37	0,405	0,389	0,014	0,019
Modus	0,391	0,37	0,406	0,389	0,014	0,018
75% quartile	0,392	0,37075	0,406	0,39	0,014	0,02075
25% quartile	0,391	0,369	0,40425	0,38725	0,013	0,018
Minimum	0,388	0,368	0,402	0,385	0,009	0,015
Maximum	0,393	0,371	0,408	0,392	0,017	0,024
Variance	0,0010417	0,0009248	0,0012847	0,0018473	0,0016174	0,0021669

3. RESULTS OF EXPERIMENT

Experiment proved that color coordinates of LEDs are changing according to LED temperature. Average shift in coordinates is 0.011 for x-coordinate and 0.018 for y-coordinate. In these numbers, results of measuring two prototype LEDs has been counted – unfortunately, concrete results of these two prototype LEDs cannot be published as they are still in process of development. According to hypotheses test that reject equality of means of measured color coordinates we can claim that there is a shift of color coordinates caused by the change of LED's temperature. This shift is caused by change of the intensity of LED die. LED die's luminous output is getting lower with raising temperature, but luminophore layer's optical properties do not change dramatically with temperature change. This leads to fact that less amount of blue light is converted by the same amount of luminophore layer. This means the color coordinates shift to yellow part of chromaticity diagram. Results of this experiment can be used in automotive lighting industry for matching colors of various types of light sources as the temperature of LED changes during car operation time.

Acknowledgement

The research described in this article could be carried out thanks to the active support of the projects no. SP2017/79, SP2017/97, TG01010137, MP1401, VI20172019071, VI20152020008, TA04021263, CZ.1.07/2.3.00/20.0217.

References

- [1] Y. Ohno, E. Rosas, R. Cardoso, J. C. Bermudez, O. Barbosa-Garcia. In *Proceedings of SPIE, Fifth Symposium Optics in Industry (6046)*, Santiago De Queretaro, Mexico, 4625-4625 (2006).
- [2] S. Chhajed, Y. Xi, Y.-L. Li, Th. Gessmann, E. F. Schubert. *Journal of Applied Physics* 97, 054506-1-054506-8 (2005).
- [3] S. Chhajed, S., T. Gessmann, Y. Xi, J.-Q. Xi, J. M. Shah, J. K. Kim, E. F. Schubert. In *Proceedings of SPIE, Light-Emitting Diodes: Research, Manufacturing, and Applications IX (5739)*, San Jose, California, United States, 16–24 (2005).
- [4] A. Garcia-Botella, A. A. Fernandez-Balbuena, D. Vazquez-Molini, E. Bernabeu. *Applied Optics* 40, 533–537 (2001).
- [5] T. Nagele, *LED Professional Review* Nov/Dec, 22-25 (2008).
- [6] Balas, Z., F. Krasnan and A. Rusnak. *Kolorimetricke parametre LED pasov* (2011).
- [7] D. Peng, K. Jin. In *Proceedings of 2011 International Conference on Electronics and Optoelectronics*. Dalian, People's Republic of China, V2-148-V2-151 (2011).
- [8] A. P. K. Vaskuri, H. Baumgartner, J. Oksanen, L. Riuttanen, G. Andor, E. Ikonen. In *Proceedings of CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light*, Paris, France, 308-316 (2013).
- [9] E. F. Schubert, *Light-Emitting Diodes*, Cambridge University Press: New York (2006).
- [10] J. Jakovenko, J. J. Formanek, J. Vladimir, M. Husak, R. Werkhoven, *Radioengineering* 21, 225–230 (2012).

THE POTENTIAL USAGE OF PUBLIC LIGHTING IN THE SMART CITY

Novak, T.¹, Sokansky, K.², Koudelka, P.³, Martinek, R.⁴,

¹ Department of Electrical Power Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, CZECH REPUBLIC, ² Department of Electrical Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, CZECH REPUBLIC, ³ Department of Telecommunications, VSB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, CZECH REPUBLIC, ⁴ Department of Cybernetics and Biomedical Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, CZECH REPUBLIC

tomas.novak1@vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz, petr.koudelka@vsb.cz,
radek.martinek@vsb.cz

DOI 10.25039/x44.2017.PO95

Abstract

Due to new technologies increase the public lighting gets currently into a ground-breaking phase. It is necessary to consider carefully how and where public lighting is heading forward and whether it is necessary to prepare for any changes right now so that we could use a potential of the public lighting, especially in connection to SMART CITIES. Two basic technologies influencing the public lighting are LED technology and its rapid and progressive development of communication technologies, particularly the development of optical fibre networks and mobile networks 5G. By their combination we can achieve not only the visibility increase due to the influence of better primary colour properties of a luminous flux and significantly better possibilities of its directing to the roads, but chiefly the usage of control options of each luminaire, which has already been proved to be crucial. The power system designed that way can be used throughout 24 hours as well as it can charge terminal active elements of technologies falling into the category of SMART CITY (free Wi-Fi for the population, IP camera systems, providing technologies that facilitate car to car and car to infrastructure communication WAVEp, environmental measurement and dynamic traffic management).

Keywords: Public Lighting, Smart City, LED, Communication Technologies

1 Advantages of LED

LED light sources, which are particularly driven by their high luminous efficacy which, together with relatively simple and efficient direction of the luminous flux, allows and implementation of public lighting system to be illuminated with a significantly lower power consumption. However, this fact is not directly related to the improvement of road safety. A positive contribution to increased safety should therefore be sought in qualitative aspects. If we compare current dominantly used light sources (high-pressure sodium lamps) with LEDs from the point of view of the colour rendering index, we get from average value 25 for high pressure sodium lamps to a value higher than 70. This is because the high-pressure sodium lamp spectrum of radiation is relatively narrow and has only wavelengths around the 598 nm that only visualize the yellow colour. The resolution of, for example, blue and green in the high-pressure sodium lamp spectrum is very complicated. This does not apply to LEDs whose spectrum is much wider and the colour perception under their light is closer to natural colour perception. The advantage is not only a wide spectrum but also the possibility to change this spectrum. When we comment on the correlated colour temperature, the colour of the high-pressure sodium lamp is warm with a colour temperature of about 2200 K and cannot be adapted to the needs of roads visibility [4]. For LEDs, when selecting a lighting system, the correlated colour temperature can be selected and therefore even the colour of light can be changed. This option should be used to generate colour contrast in critical areas on the roads. For colour contrast to be clearly distinguishable, the ratio of correlated colour temperatures should be at least 1: 1.5 [3]. For example, a different correlated colour temperature can be selected on bridges (high colour temperature with high amount of blue wavelength) or for

illumination of pedestrian crossings. Colour contrast will make the crossing itself more visible, even without the presence of pedestrians.



Figure 1 – An example of a pedestrian crossing visibility using colour contrast while ensuring visibility of pedestrian from driver's point of view. [1]

Choosing the colour of light is also important from the perspective of perception of space as a whole. These are mainly city centres, where public lighting is often part of architectural lighting and their inhabited areas. In these areas, there are not only road users but also residents who prefer so called visual comfort to visual performance. In relation to visual comfort and low illumination and luminosity (see Kruithoff diagram), inhabitants prefer low colour temperature, i.e. warm shades. Against this, however, there is the behaviour of the human eye and its so called mesopic vision. It is the transition between day and night vision. In this area, there is luminance caused by public lighting as well as adaptive luminance of people who are under public lighting luminaires. Within mesopic vision with decreasing luminance, the maximum spectral sensitivity of the human eye moves from higher wavelengths (maximum sensitivity to 555 nm, lower colour temperatures, warm colour shades) to lower wavelengths (maximum sensitivity to 507 nm, higher colour temperatures, cold colour shades). Due to the eye behaviour, it is advisable to increase the correlated colour temperatures. However, it is appropriate to approach this step on roads outside the inhabited pedestrian zones. In these situations, the use of cold light enhances visibility, particularly in the peripheral vision area and therefore in off-road areas, where the obstacles that may enter the roadway can be better distinguished.

From a safety point of view, it is also necessary to emphasize the influence of the luminous flux direction. Since the LEDs are very small light sources, small optical systems can be implemented on each LED and thus realize the resulting radiation characteristics to emit only to the visual tasks, i.e. on a road and into the relevant areas near road. Due to these features, it is possible to realize such optical systems that are capable of generating the desired pedestrian contrast on the crossing so that the pedestrian is visible, thanks to the appropriate ratio of horizontal illumination on the crossing, horizontal illumination of the road in front of and behind the crossing (adaptation luminosity compensation) and vertical illumination of a pedestrian from the direction of an approaching vehicle and at the same time there should not be too much contrasts so that the driver is not dazzled by the high luminance on the crossing towards the luminance of the background. If the crossing is too much illuminated in relation to its surroundings, there is a situation where the visibility conditions deteriorate because the driver's eye adapts to the high luminance of the crossing and the dark area behind the crossing is unable to adapt quickly enough.

A very important characteristic of the LED is a simple adjustability of the luminous flux. The LED can be regulated in the entire range (0 – 100 %) without loss of luminous efficacy and without reducing their lifetime. This feature is primarily concerned with the energy balance of lighting systems, although the secondary may not concern only energy savings but also the luminous flux adapting to its surroundings, density and speed of traffic and drivers' adaptation. This means that, as with additional lighting systems for pedestrian crossings, sometimes less is more. These are mainly areas of city centres when architectural lighting is switched off and traffic density is reduced. This situation normally occurs after midnight until about 4 o'clock in the morning when morning rush hour starts.

Another very important feature of the LED, which can be used with advantage in the public lighting, is their switching speed. While conventional light sources used in public lighting (e.g. high-pressure sodium lamps) are started up to the nominal luminous flux after a few minutes and their re-inflammation is also possible after their cooling (also a few minutes), the LEDs do not have this problem. The LEDs react to a needed luminous flux immediately.

LED luminous flux can be modulated for data transfer. If we consider only the white LED provided with luminophore slowing down their response to changes into electrical parameters than the width of the band is in the order of MHz values (typically 3.5 MHz). By using a suitable modulation format of the luminous flux, ideally in combination with an OFDM transmission technology (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) the lighting and the simultaneous data transmission in the luminous flux can be achieved collaterally without causing the variation of the resulting luminous flux from the perspective of an observer so that it can reach transmission speed up to 1 Gbps. [5,6,7]

Since no technology is perfect and the features described above make it almost so, it is necessary to draw attention to the negative LED feature that could reduce road safety.

This is because LEDs are very small light sources. As they emit light from a very small area, they have enormous luminance of over 1mil. cd/m² which means that a person can be dazzled when looking directly at the source. Therefore, it is necessary to place great emphasis on the shielding of the optical systems directly in the luminaires and on the location of luminaires near the pavements so that the glare caused by LEDs can be eliminated as much as possible.

2 Advantages of data transmission in public lighting

The basic advantage of topology interconnection of the public lighting with modern communication systems can be seen in the aspect that it de-facto provides data connectivity on all roads in the territorial areas of towns and villages. It is important to realize that the public lighting network have two major advantages from this point of view:

- The first advantage is the strategic position of public lighting networks. They cover almost completely the surface of all the towns and villages.
- The second advantage is the ownership of the public lighting networks. The dominant owners are the municipalities themselves.

It means that the public lighting network can be used as a skeleton (bearer) to transfer and retrieval the information from whole area of the municipalities. Although this infrastructure may seem outdated, it is existing and the ownership and the conditions allow graduating this public service to a higher level. It is not only the management and control of the actual public lighting, but the possibility of transmission of information (free Wi-Fi for the population, WAVEp car to car to infrastructure communication) into the public space (information about traffic density, availability of parking, etc.), but also gaining information from this area. From a security point of view there can be considered an important installment of security or transport IP camera systems.

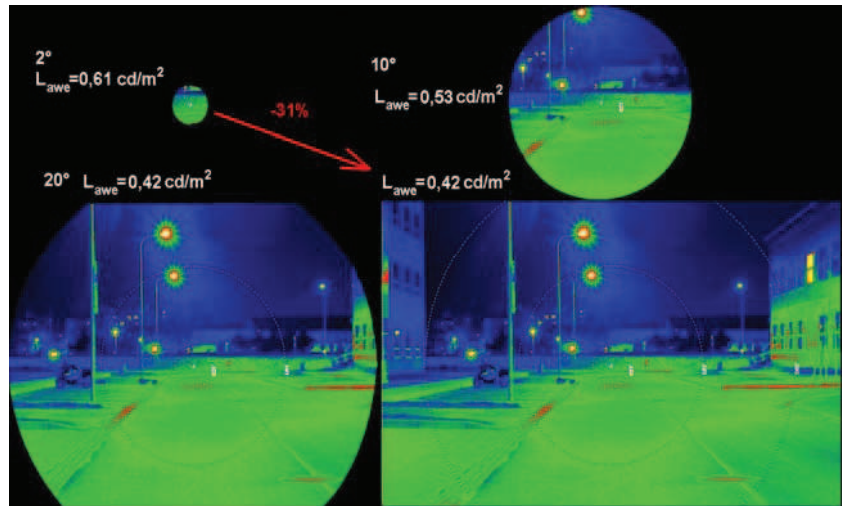


Figure 2 – An example of luminance ratios regarding possible luminance caused by LEDs in luminaires [2]

To provide data connectivity, it is necessary to think about moving the switches of the public lighting from distribution board to individual luminaires during preparation for restoration and maintenance of the public lighting. This step ensures that the network of the public lighting will be powered during the entire day and not only during the absence of daylight. Although permanent voltage presence primarily does not provide the required connectivity, it will supply any technological device that needs a permanent supply. Data connectivity of the public lighting network can be provided by using three basic technologies:

- a signal transmission through the network of the public lighting,
- an installation of fiber optic cables in the implementation of new linear structures within the public lighting,
- an utilization of existing mobile providers (LTE, prospectively the technology 5G).

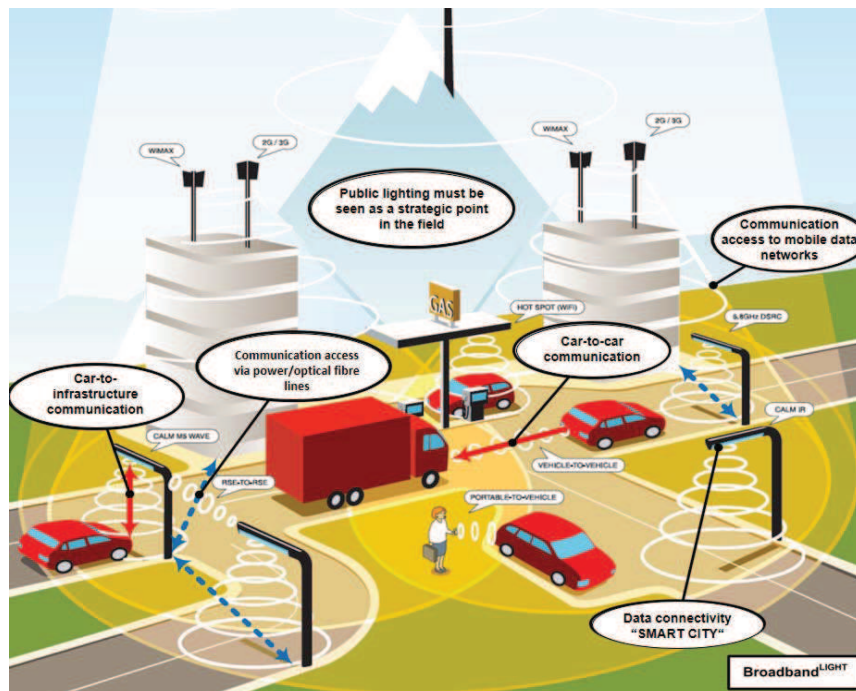


Figure 3 – Visualization of the potential of public lighting networks

Each of these options has certain advantages as well as shortcomings in the installation itself or in its own operation.

3 Conclusion

Considering the potential of a public lighting network also from other points of view, this public service can be raised to a whole new level and its usage can be gradually extended. The paper described its potential, which respected the basic function of public lighting in the context of gradual transition to the simultaneous provision of data services across the entire public lighting network. Using the capabilities of standardized lighting control and data connectivity protocols, this potential can be applied step by step to ensure the technologically open coverage of illuminated roads and their surroundings for the SMART CITY concept, while installing modern lighting systems fitted with LEDs.

4 Acknowledgments

The research described in this article could be carried out thanks to the active support of the projects no. SP2017/97, TG01010137, VI20172019071.

References

- [1] BLAHA, Z., NOVAK, T., SOKANSKY, K. 2013. Safety and power savings in conflict areas which are illuminated by public lighting Proceedings of the 14th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2013 VSB - Technická univerzita Ostrava, 709-712.
- [2] NOVAK, T., DIVIŠ, D., SOKANSKY, K. 2012. Question of luminance levels reduction using modern light sources (LED) with high chromaticity temperature in public lightening Proceedings of the 13th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2012 Brno, 1203-1206.
- [3] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 15, Osvětlování pozemních komunikací, Dodatek č. 1 – Přisvětlování přechodů. Připravovaná revize TKP z roku 2006. Ministerstvo dopravy, odbor infrastruktury.
- [4] BALEJA, R., HELSTYNOVÁ, B., SOKANSKY, K., NOVAK, T. 2015. Measurement of luminance ratios at pedestrian crossings 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering IEEEIC 2015 Conference Proceedings Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1306-1310.
- [5] MARTINEK, R., KONECNY, J., KOUDELKA, P., ZIDEK, J., NAZERAN, H. 2017. Adaptive optimization of control parameters for feed-forward software defined equalization. Wireless Personal Communications, 95(4), 4001-4011. DOI:10.1007/s11277-017-4036-3.
- [6] KOUDELKA, P., SOLTYS, P., MARTINEK, R., LATAL, J., SSKA, P., KEPAK, S., VASINEK, V. 2014. Utilization of M-QAM modulation during optical wireless car to car communication. Paper presented at the 2014 OptoElectronics and Communication Conference, OECC 2014 and Australian Conference on Optical Fibre Technology, ACOFT 2014, 452-454.
- [7] MARTINEK, R., KOUDELKA, P., LATAL, J., VITASEK, J., VANUS, J., WEN, H., NAZERAN, H. 2016. Modelling of wireless fading channels with RF impairments using virtual instruments. Paper presented at the 2016 IEEE 17th Annual Wireless and Microwave Technology Conference, WAMICON 2016. DOI:10.1109/WAMICON.2016.7483823.

Study of LED Modulation Effect on the Photometric Quantities and Beam Homogeneity of Public Lighting

Tomas Novak¹, Karel Sokansky², Petr Koudelka³, Radek Martinek⁴, Tomas Stratil³, Jan Latal³, Jan Vitasek³

¹ Department of Electrical Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, Czech Republic

² Department of Electrical Power Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, Czech Republic

³ Department of Telecommunications, VSB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, Czech Republic

⁴ Department of Cybernetics and Biomedical Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, Czech Republic

e-mail address: tomas.novak1@vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz, petr.koudelka@vsb.cz, radek.martinek@vsb.cz, tomas.stratil@vsb.cz, jan.latal@vsb.cz, jan.vitasek@vsb.cz

Abstract— This paper discusses the implementation of a light emitting diode based visible light communication system for Visible Light Communications (VLC) in road safety applications. Visible Light Communication (VLC) represents a progressively developing communications technology. This technology uses optical radiation in the visible range in order to illuminate a given area also for the communication purposes (download). One of the conditions of using the technology is the construction of a VLC modulator. The use of the technology Bias-T proves to be a highly efficient concept of the VLC modulator. The article deals with the design of a high power broadband Bias-T allowing the use of the VLC technology. The designed Bias-T was created and its functionality verified using a network analyser and the software-defined radio. Other problem is correct design of modulation circuits so that final public lightning using optical communication meets standard requirements on Photometric Quantities and Beam Homogeneity. Authors of this article performed research on visible light communication possibilities of public lightning in terms of modulation circuits (M-PSK, M-QAM, OFDM) implementation into the lamp concepts and final fulfilment of mandatory standards on Photometric Quantities and Beam Homogeneity.

Index Terms— Public Lightning, Smart City, LED technology, VLC, Broadband over Visible Light.

INTRODUCTION

A very important characteristic of the LED is a simple adjustability of the luminous flux. The LED can be regulated in the entire range (0-100%) without loss of luminous efficacy and without reducing their median lifetime. This feature is primarily concerned with the energy balance of lighting systems, although the secondary may not concern only energy savings but also the luminous flux adapting to its surroundings, density and speed of traffic and drivers adaptation, [9].

Another very important feature of the LED, which can be used with advantage in the public lighting, is their switching speed. While conventional light sources used in public lighting (e.g. high pressure sodium lamps) are started up to the nominal luminous flux after a few minutes and their re-inflammation is also possible after its cooling (also a few minutes), the LEDs do not have this problem. The LEDs react to a nominal luminous flux immediately and if we consider only the white LED provided with luminophore slowing down their response to changes into electrical parameters so the width of the band is in the order of MHz values (typically 3.5 MHz), [8]. By using a suitable modulation format of the luminous flux, ideally in combination with an OFDM transmission technology (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) the parallel light can be achieved and the simultaneous data transmission in the luminous flux without causing the variation of the resulting luminous flux from the perspective of an observer so that it can reach transmission speed up to 1Gbps. In August 2013, the consortium Li-Fi presented a VLC transmission system allowing communication at a transmission speed of 1.6 Gbps. The same result was achieved in 2015 by a team around Xingxing Huang using a pre-equalization technique [1]. At the end of 2015, the team achieved a transmission speed of 2.0 Gbps using implementation of adaptive bit allocation [2]. According to the current statements, the consortium Li-Fi is working on a VLC system with a transmission speed of 10 Gbps.

Broadband over Visible Light (BVL) is a new research direction based essentially on VLC technology. Again, it is intended to utilize the visible spectrum of optical radiation as a communication direction to the end user (download) and to utilize the infra-red spectrum of optical radiation (940 nm or 850 nm) in the reverse communication direction (upload). Moreover, compared to the VLC concept, in the case of BVL, it is intended to use the chipset of the Broadband over Power Line (BPL) technology, which, inter alia, allows the use of the OFDM MQAM modulation format at the number of 1,536 sub-carriers in the frequency range from 2 MHz to 34 MHz (for transmission speed 100 Mbps, physic layer

RM ISO/OSI), or frequency range from 2 MHz to 86 MHz (for transmission speed 1200 Mbps, physic layer RM ISO/OSI, HomePlug AV2 transceiver QCA7500 from Qualcomm Atheros).

HIGH POWER WIDEBAND BIAS-T

For the proper interconnection of the BPL and VLC technologies in the form of the resulting BVL technology, it is necessary, inter alia, to choose a suitable concept of the modulator. A concept based on Bias-T is the current trend in the technological solutions of the VLC modulator [3]. The first changes to the Bias-T design for the BVL technology must be based on the required frequency band of the BPL technology chipset based on standard HomePlug AV/AV2, which corresponds to 90 % of the current solutions. This standard defines the lower frequency $f_{\min} = 2$ MHz. The reason is a frequency reserve for the possibility of simultaneous usage Fig. 1. Design of high power wideband Bias-T for Broadband over Visible Light of the narrowband technology Power Line Communication (PLC), [4]. At present, the available solutions to performance Bias-T's are defined by the lower frequency f_{\min} , which ranges around the values of 10 MHz.

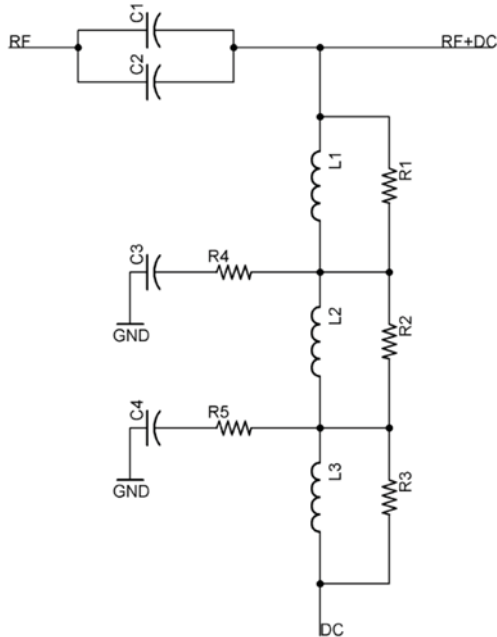


Figure 1. Design of high power wideband Bias-T for Broadband over Visible Light.

Other changes, when designing Bias-T for the BVL technology, must reflect the changes in the lighting technology. The recent trend in the lighting technology is to reduce the current value of the operating point IDC while increasing the value of the operating point voltage UDC. For example, conventional light intended for public lighting having the performance of 80 W (Thor) defines its driver operating point in the form of $IDC = 700$ mA and $UDC = 112$ V. It is not possible to construct a Bias-T for such high values of IDC_{\max} only on the basis of one coil in terms of requirements for a high inductance value. Current load distribution into multiple branches at the expense of deterioration of S-parameters is a more appropriate method, which is not critical in the case of a BVL concept. In the case of this article, Bias-T with the parameters of $IDC_{\max} = 1$ A and $UDC_{\max} = 150$ V at the minimum frequency bandwidth B_{\min} of 100 MHz was considered.

Measurement of S-parameters of the final Bias-T prototype according to Fig. 1 was conducted using a Network analyser Rhode-Schwarz ZVB4 [7]. Based on the comparison of the simulation results and the final measured values, we can say that real results approximate to the results of the simulations. Parameter S21 that indicates signal transmission loss from the RF input to the RF + DC output. According to the measurements, there is a decrease in level 3 dB to the frequency 100 MHz, Fig. 2.

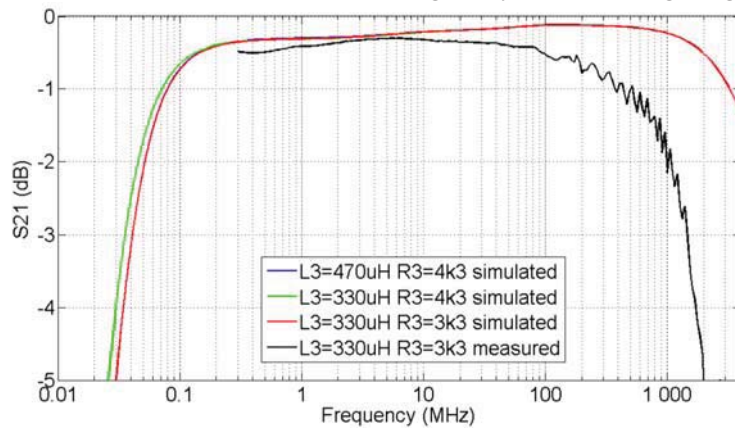


Figure 2. Result of simulation and measurement S21 of the final Bias-T prototype.

VERIFICATION OF ABILITY TO MODULATE ON THE BASE OF SDR

Figure 3 shows a scheme of realized experiments. The measured distance was 350 cm from the middle. The middle means the start of measurement; the photodetector was placed direct under the light. The distance between light and the photodetector was 3 m. This distance is similar to the distance of street lighting (staying person).

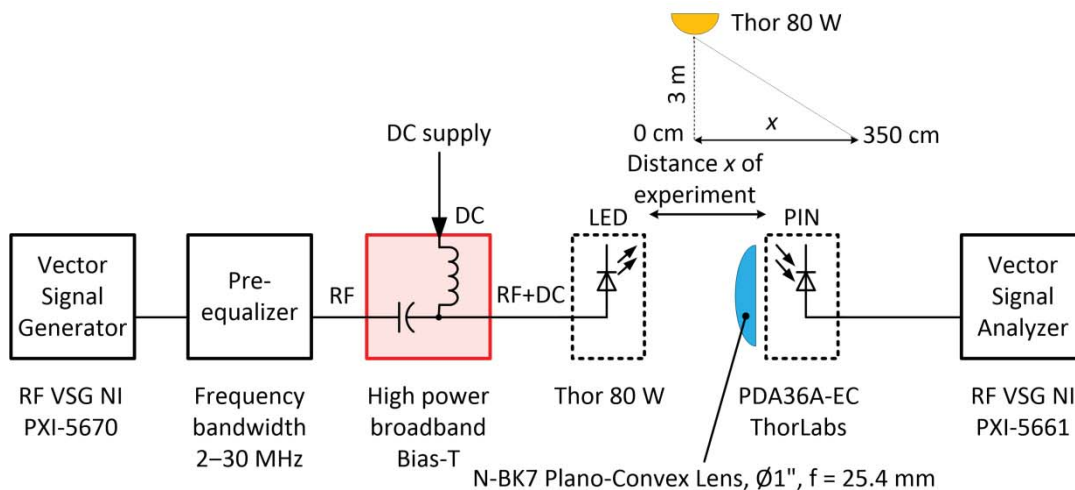


Figure 3. Block diagram.

The setting of measured system for ceiling light: carrier frequency 3 MHz, bandwidth 1-4 MHz, M-QAM modulation, gain Tx, Rx 0 dB, message symbols 10 000, Tx filter *Root raised cos*, sample width 16-bit, distance photodetector - ceiling light: 350 cm, measured distance range 0-350 cm, measured parameters Eb/N0, BER a EVM, [5].

The frequency attenuation characteristics of communication chain were measured by the vector network analyzer (VNA) before the measurement, which are shown in Fig. 4. This figure shows that the attenuation increases with increased distance. In the middle of measurement (detector direct under the light) the attenuation increased 47 dB in comparison the reference. In the distance 3 m, the attenuation increased 68 dB which negatively influences the communication. The carrier frequency 3 MHz was chosen for purpose the increasing of bandwidth. Increasing frequency causes increasing attenuation against reference, with larger bandwidth increases attenuation value of difference between the highest and lowest frequency of transmitted signal. This causes failure of some modulations or total break-up of communication for all modulations. In choice BW = 4 MHz means that there are 2 MHz from the carrier frequency on each side (+/- 2 MHz).

Figure 5 shows the comparison of BER parameters for different bandwidths and modulation M-QAM. There are displayed maximal reached distances for separated modulations for different bandwidths for which the BER values were recorded. Moreover, the FEC limit were marked. It could be said generally that the measurable bit error rate was in longer distances between photodetector and the light, [6]. They were usually 2 and 3 last distances when the bit error rate considerably increased [7].

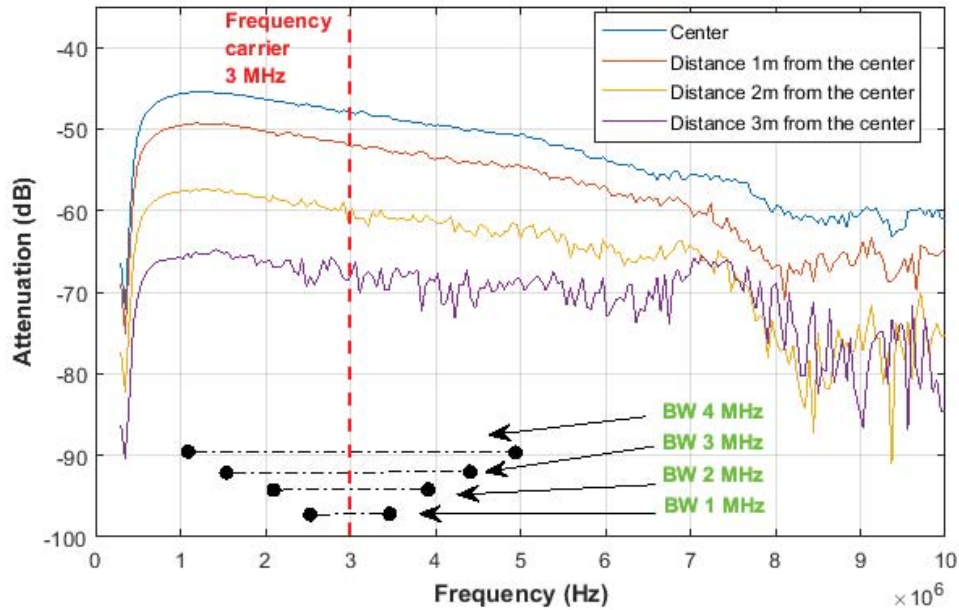


Figure 4. Frequency attenuation characteristics of the communication chain.

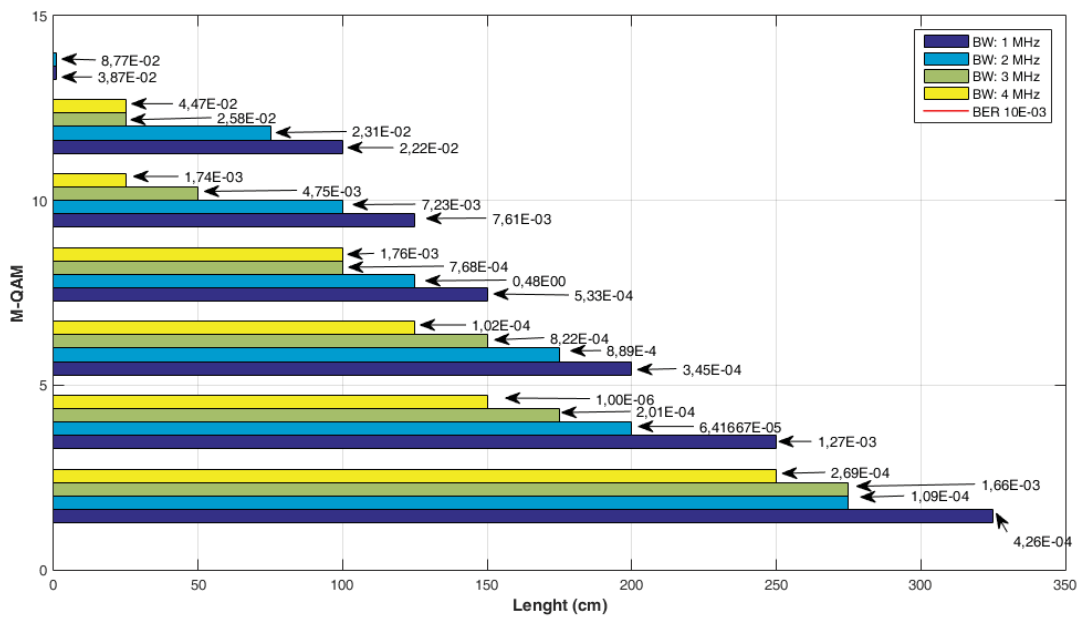


Figure 5. Dependence of bit error rate on distance from middle x from different types of M-QAM modulations with different bandwidths.

Following Fig. 5 and Fig. 6 show comparison of two bandwidth 1 MHz and 4 MHz, the lowest and greatest measured. These graphs show that the E_b/N_0 value decreases and EVM value increases with increasing distance. Further the available distance from the middle decreases with increasing bandwidth. Generally, the bit rate increases with wider bandwidths but the available distance decreases. Fig. 4 also shows that the signal to noise ratio values are lower for bandwidth 1 MHz than for bandwidth 4 MHz. The higher bandwidths are more predisposed to disturbances. The same deals for EVM parameter with the difference that the values increase with the distance.

RESULTS

The basic advantage of topology interconnection of the public lighting with modern communication systems can be seen in the fact that it de-facto provides data connectivity on all roads in the territorial areas of towns and villages. It is important to realize that the public lighting network have two major advantages from this point of view. The first advantage is the strategic position of public lighting networks. They cover almost completely the surface of all the towns and villages. The second advantage is the ownership of the public lighting networks. The dominant owners are the municipalities themselves. It means that the public lighting network can be used as a skeleton (bearer) to transfer and retrieval the information from whole area of the municipalities.

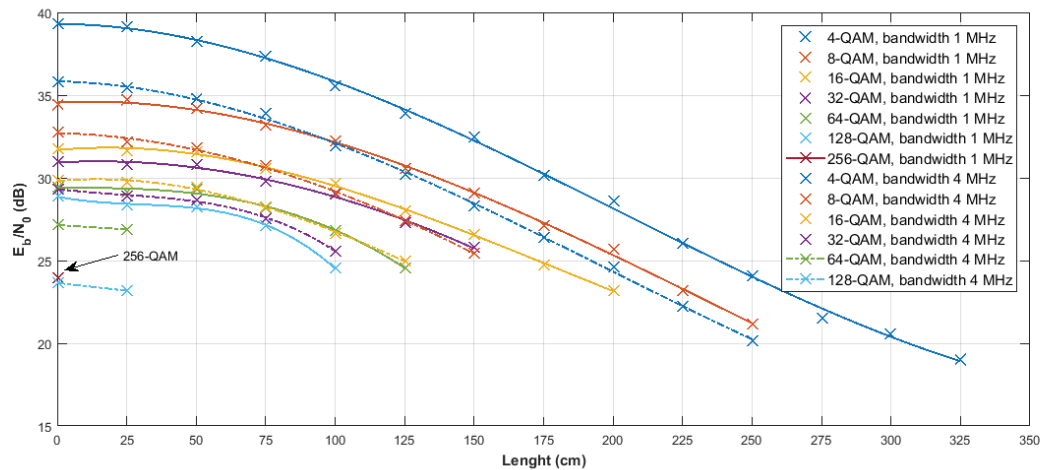


Figure 6. Dependence of E_b/N_0 on distance from the middle of light for different types of M-QAM modulations with bandwidths 1 and 4 MHz.

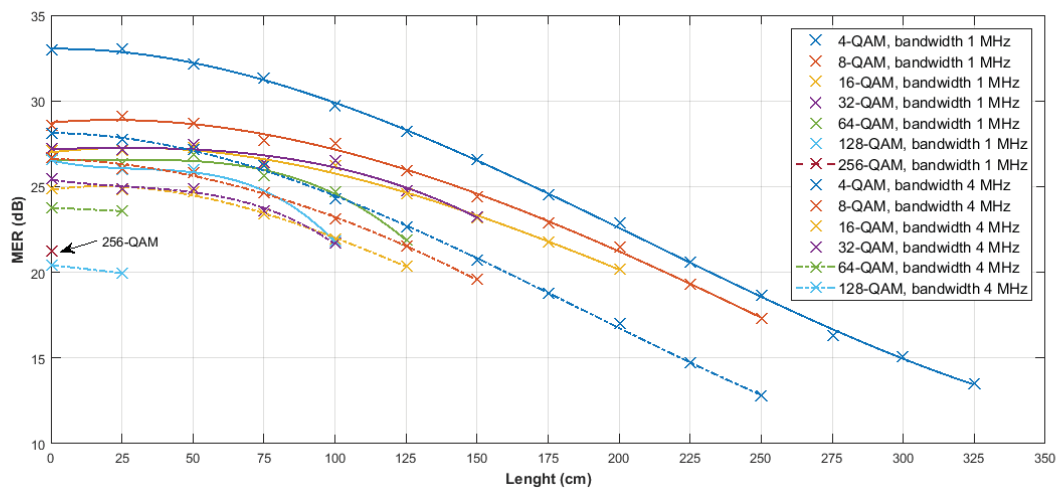


Figure 7. Dependence of EVM on distance from the middle of light for different types of M-QAM modulations with bandwidths 1 and 4 MHz.

CONCLUSIONS

The lamps with radiation characteristics like Street lamps were tested. In this article the measurements only on short illumination distances (laboratory conditions) were done. Based on measured characteristics, they could be approximated for illumination distances of street lighting with input power 60 W. Currently we also work on measurement and modelling of data transmission by classical types of communications. In order to provide plural data connectivity it is necessary to think about moving the switches of the public lighting from distribution board to individual luminaires during preparation for restoration and maintenance of the public lighting. This step ensures that the network of the public lighting will be powered during the whole day and not only during the absence of daylight. Although permanent voltage presence primarily does not provide the required connectivity, it will supply any technological device that needs a permanent supply. Data connectivity of the public lighting network can be provided by using three basic technologies. This is the signal transmission through the network of the public lighting, an installation of fibre optic cables in the implementation of new linear structures within the public lighting and the utilization of existing mobile providers (LTE, prospectively the technology 5G). Each of these options has certain advantages as well as shortcomings in the installation itself or in its own operation.

ACKNOWLEDGEMENT

The research described in this article could be carried out thanks to the active support of the Ministry of Education of the Czech Republic within the projects no. SP2017/97, SP2017/79, SP2017/128 and TG01010137, MP1401, VI20172019071. This article was supported by project Technology Agency of the Czech Republic TA04021263. This article was prepared within the frame of sustainability of the project No. CZ.1.07/2.3.00/20.0217 "The Development of Excellence of the Telecommunication Research Team in Relation to International Cooperation" within the frame of the operation programme "Education for competitiveness" that was financed by the Structural Funds and from the state budget of the Czech Republic.

Tomas Novak et al. - Study of LED Modulation Effect on the Photometric Quantities and Beam Homogeneity of Public Lighting (PT06)

REFERENCES

- [1] X. Huang, Z. Wang, J. Shi, Y. Wang and N. Chi, "1.6 Gbit/s phosphorescent white LED based VLC transmission using a cascaded pre-equalization circuit and a differential outputs PIN receiver," *Optics Express*, vol. 23, pp. 22034–22042, 2015.
- [2] X. Huang, S. Chen, Z. Wang, J. Shi, Y. Wang, J. Xiao and N. Chi, "2.0-Gb/s Visible Light Link Based on Adaptive Bit Allocation OFDM of a Single Phosphorescent White LED," *IEEE Photonics Journal*, vol. 7, pp. 1–8, 2015.
- [3] P. Koudelka, P. Hanulak, J. Jaros, M. Papes, J. Latal, P. Siska and V. Vasinek, "Study of LED modulation effect on the photometric quantities and beam homogeneity of automotive lighting," in *Proc. 2015 2nd International Conference on Photonics Solutions SPIE Conf.*
- [4] P. Mlynek, J. Misurec, M. Koutny, R. Fujdiak and T. Jedlicka, "Analysis and Experimental Evaluation of Power Line Transmission Parameters for Power Line Communication," *Measurement Science Review*, vol. 15, pp. 64–71, 2015
- [5] R. Martinek, J. Zidek and K. Tomala, "BER measurement in software defined radio systems," *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 89, pp. 205–210, 2013.
- [6] P. Koudelka, J. Soltys, R. Martinek, J. Latal, P. Siska, S. Kepak and V. Vasinek, "Utilization of M-QAM modulation during optical wireless Car to Car communication," in *Proc. OptoElectronics and Communications Conference*.
- [7] M. Al-Wohaishi, R. Martinek and J. Zidek, "Analysis of MQAM Data Communication System Using 3D Eye Diagram," in: *Proc. of International Conference on Digital Information processing and Communications*.
- [8] J. Latal, P. Koudelka, V. Vasinek, F. Dostal and K. Sokansky, "Possible use of power LEDs for lighting and communication," *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 87, pp. 25–28, 2011.
- [9] P. Koudelka, J. Latal, V. Vasinek, F. Dostal and K. Sokansky, "Research of power LEDs for mobile communication," *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 87, pp. 1–4, 2011.

SIMULATION AND MEASUREMENT OF FOG EFFECT ON FSO SYSTEMS

Jan Latal, Jan Vitasek, Ales Vanderka, Lukas Hajek, Zdenek Wilcek, Jakub Kolar

¹ Department of Telecommunications, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science,
VSB-Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava, Czech Republic
e-mail: jan.latal@vsb.cz

Abstract *The basic atmospheric phenomena (mainly fog) influencing the optical beams, which was generated by laser diode at wavelength of 650 nm, will be introduced in this article. Also the possibilities of the Software Defined Radio utilization, which can create different types of modulation (M-QAM, M-PSK) and can be used for evaluation of the influences of artificial atmospheric effect on the modulated optical beam in the acrylate box, will be presented.*

Keywords FSO, fog, MER, modulation, scattering.

1. INTRODUCTION

Optical Wireless Communications (OWC) systems became a new type of telecommunication networks in recent years. The OWC are not regulated by any national regulator of Radio frequency (RF) spectrum and provide high bandwidth. This makes the OWC as an attractive transmission tool for telecommunication operators. The unlicensed bands of OWC are very advantageous; nevertheless, there are problems with the transmission environment, which is the atmosphere. The atmosphere causes several problems in form of plenty physical phenomena which affect the optical beam. The atmosphere is a chaotic and unpredictable environment with dynamic changes. Aerosols in the atmosphere cause the scattering of light, which happens on their particles. The scattering is described according to the Mie linear scattering which appears on particles comparable to the wavelength of light. These effects degrade the optical power or the beam shape. The fog, mist, turbulences and other atmospheric phenomena can affect the FSO link [1-3]. Modern methods of switching between FSO (Free Space Optical) and RF are using for reliability and immunity improvement. Hybrid FSO/RF link has much better reliability and immunity against atmospheric effects [4-7].

2. MEASUREMENT OF FOG EFFECT ON FSO LINK

We used the measuring (acrylate) box for our fog measurement experiment with the modulated FSO link in the laboratory. This acrylate box has a length of 2.5m and 0.5m in height and 0.5m in width. The box is used for stable conditions during experimental measurements. The carbon dioxide generated the artificial fog. One type of light source with wavelength of 650 nm (types 650543A) was used. The LD 650 nm the output power was 5 mW. To generate the PRBS (pseudo-random bit sequenced) signal, a USRP NI 2920 was used: its output was linked to the LD and could change the size of the modulation voltage for the laser diode.

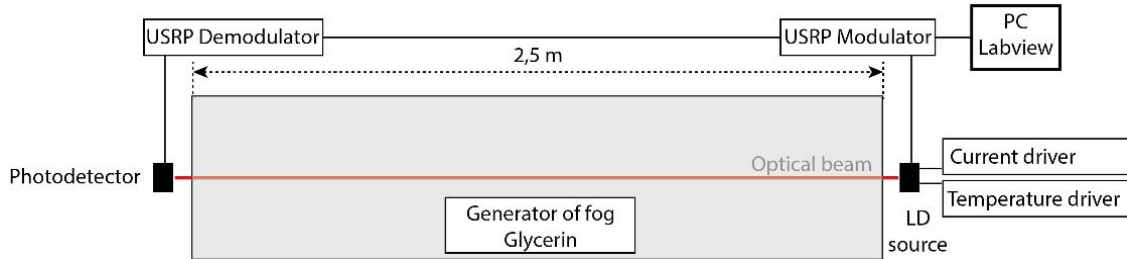


Fig. 1 Measurement of fog influence on FSO link.

Modulation of the laser diode was achieved using the RF input on the holder TCMLD9, which was driven by the current and thermal controller. To the RF input that was supplied by a SMA connector with an impedance ending of about 50Ω , the modulating signal with a frequency up to 50 MHz could be added and sample rate is 500 kHz, number of symbols was set to 500, any shaping filter was not used and the gain of the signal was set to 0 dB. This signal directly modulated the laser diode installed in front of the holder (TLCLDM9) equipped with a collimator (type marking A220TM-B) to focus the optical beam. The fog generator fueled the fog into the acrylate box. The optical beams went through the box. On the receiver side, there was a photodetector PDA10CF-EC. The affected laser beam was converted back to an electrical signal by stimulating a photodetector and then was demodulated in the second device (USRP NI 2920). A computer connected to the controlled device (USRP NI 2920) provided the reading of the changes in the symbol speed or modulation format and qualitative parameter MER (Modulation Error Ratio).

3. THE MEASUREMENT PROCEDURE

The dry ice was used for fog simulation. The advantage is that there is not any melting process; the dry ice changes its state from solid to gas directly. This process is called sublimation. The measurement procedure was as follows. The same amount of dry ice (150 ml) was taken into the container by the gauge, then the dry ice was poured by 500 ml of a hot water and a sublimation process happened. The created fog is cold; therefore it lies at the bottom of the box. Therefore, after the sublimation, the fan blew the fog over the all box and measurements were started. The created fog caused zero visibility, therefore the MER parameter decreased to zero. Subsequent fog decay caused an increasing of MER values and the time was measured for each modulation in which the MER reached the original maximum value. Dry ice is a solid form of the carbon dioxide (CO_2). As mentioned above, the time records of the MER parameter were recorded during the fog decay. The time, in which the MER returned to the original value, was determined from these waveforms. Each modulation was measured three times.

3.1 PSK (Phase-Shift Keying) modulation

The time waveforms of PSK modulations are shown in Fig. 2. It is obvious that the individual waveforms are similar. Only in case 16PSK modulation, oscillations occurred with increasing of values.

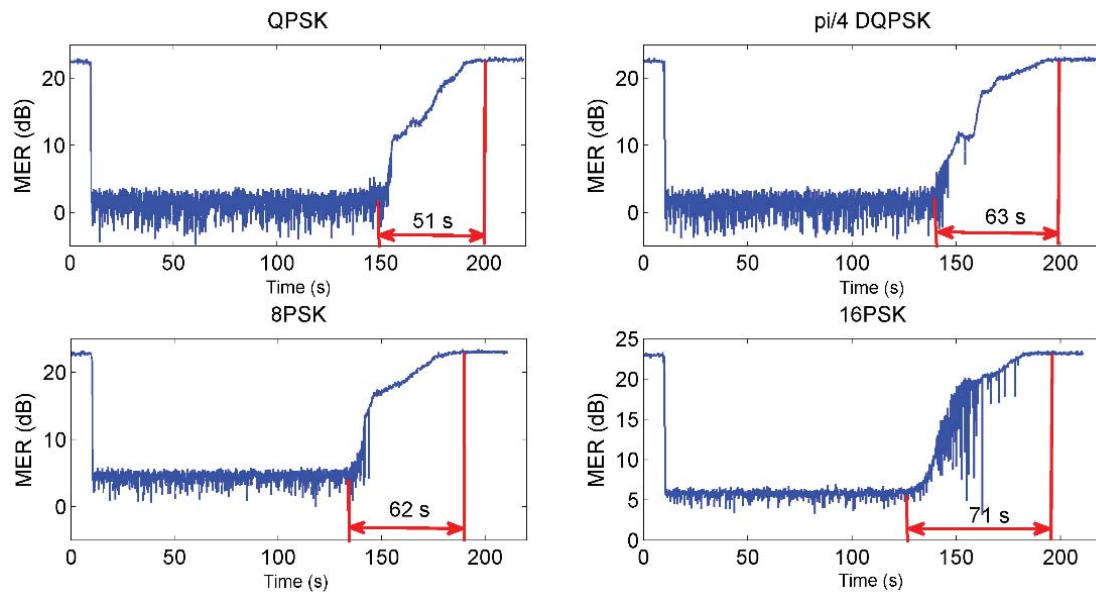


Fig. 2 Time waveforms of PSK modulations by fog effect from sublimation of dry ice (carbon dioxide CO₂ gas).

From $\pi/4$ DQPSK, we can see a strong increasing of rise time from minimal to maximal MER values for a given type of modulation. The $\pi/4$ DQPSK has two advantages - the information is represented as the phase change, it allows an incoherent reception. In addition, it limits the effect of parasitic amplitude modulation. For the other 8PSK and 16PSK modulations, similar or longer delays of the MER transition state occur from the minimal to the maximal level.

3.2 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) modulation

The times to reach the original MER value are shown in Fig. 3a,b for QAM modulation with a different number of states. The MER values oscillated by modulations 16QAM and higher during fog decay, whereas the 4QAM modulation had a smooth rise until the MER reached the maximum level, respectively the original value.

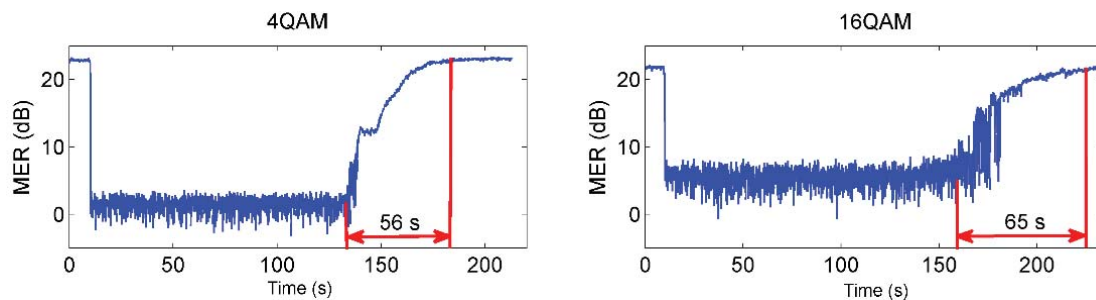


Fig. 3a Time waveforms of QAM modulations by fog effect from sublimation of dry ice (carbon dioxide CO₂ gas).

It is obvious that more complex QAM modulation formats are more demanding and the number of symbols has a major effect on the faultless communication behaviour through the MER parameter. For fibreless systems using QAM modulation, it is therefore necessary

to provide additional RF connection, which in the case of strong fog would be able to switch to lower RF frequencies to prevent loss of communication or complete failure of the connection.

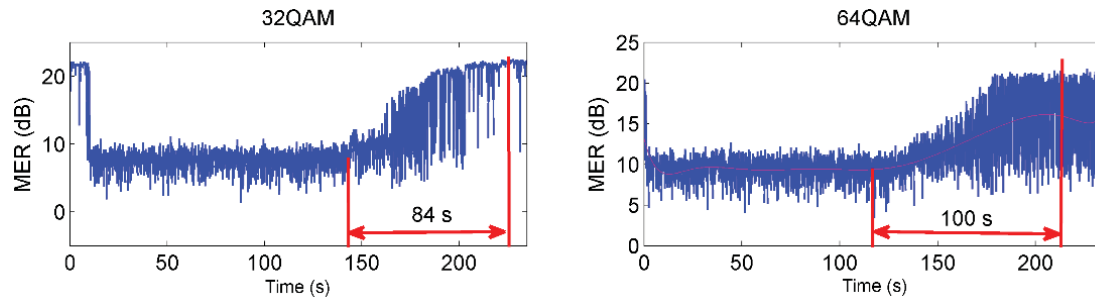


Fig. 3b Time waveforms of QAM modulations by fog effect from sublimation of dry ice (carbon dioxide CO₂ gas).

4. CONCLUSIONS

During the research of dry ice (carbon dioxide CO₂ gas) behavior towards the FSO was shown, that the modulation formats of a more complex character such as QAM or multi-symbol modulations compensated very poorly the effect of generated fog in the box. However, it has to be said that nowadays the RF link is usually installed additionally to the FSO connections.

Acknowledgement

The research described in this article could be carried out thanks to the active support of the projects no. VI20172019071, CZ.1.07/2.3.00/20.0217.

References

- [1] R. Ramirez-Iniguez, S. M. Idrus, Z. Sun. *Optical wireless communications: IR for wireless connectivity*. CRC press, Boca Raton (2008).
- [2] A. K. Majumdar, J. C. Ricklin, eds. *Free-space laser communications: principles and advances. Vol. 2*. Springer Science & Business Media, Berlin (2010).
- [3] F. Nadeem, V. Kvicera, M. S. Awan, E. Leitgeb, S. S. Muhammad, G. Kandus, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 27, 1687–1697 (2009).
- [4] M. A. Esmail, H. Fathallah, M. S. Alouini, *IEEE Photonics Journal* 9, 1-12 (2017).
- [5] E. Leitgeb, H. Ivanov, T. Plank, P. Pezzei, C. Pock, In *Proceedings of International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON) '19*, Girona, Spain, 1-4 (2017).
- [6] B. Kebapci, F. Miramirkhani, H. Nouri, M. Uysal, In *Proceedings of International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON) '19*, Girona, Spain, 1-5 (2017).
- [7] M. Ijaz, Z. Ghassemlooy, J. Pesek, O. Fiser, H. L. Minh, E. Bentley, *Journal of Lightwave Technology* 31, 1720–1726 (2013).

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 μm , koncentrace v 1 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 α_e (km^{-1}) je

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

kde λ 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 α_e lze přepočítat na koeficient útlumu α ($\text{dB} \cdot \text{km}^{-1}$) podle vztahu

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

Koeficient extinkce α_e exponenciálně snižuje optickou intenzitu podle vztahu

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

kde z je vzdálenost. Koeficient extinkce α_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.

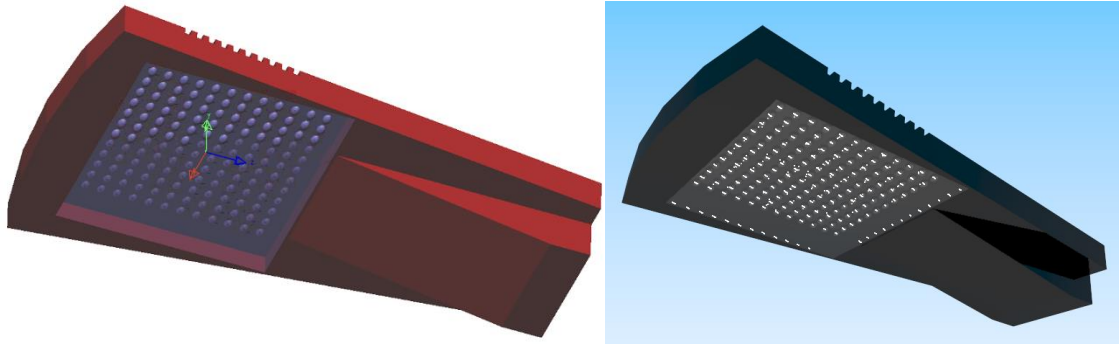
3 Nastavení simulace

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

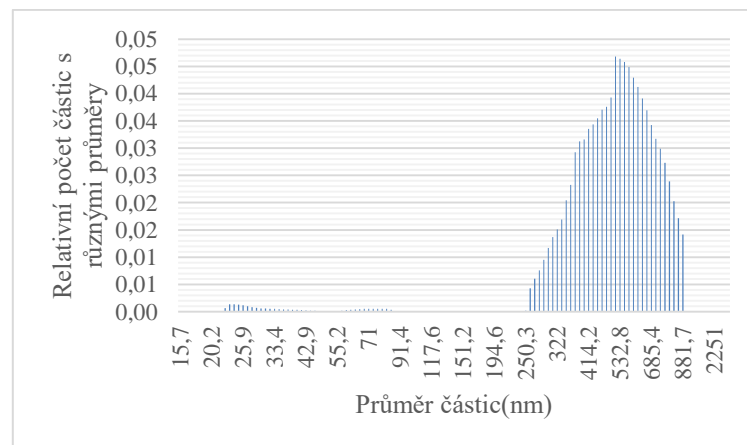
3.3 Výpočet a nastavení vlivu mlhy

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 α podle rovnice (2). Ze znalosti meteorologické viditelnosti V_M byl vypočten koeficient extinkce α_e podle vztahu (4) a následně zeslabení na vzdálenosti 5 m podle vztahu (3). Výpočty shrnuje Tab. 1.

Typ mlhy	Koeficient útlumu α ($\text{dB}\cdot\text{km}^{-1}$)	Meteorologická viditelnost V_M (km)	Extinkční koeficient α_e (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 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.



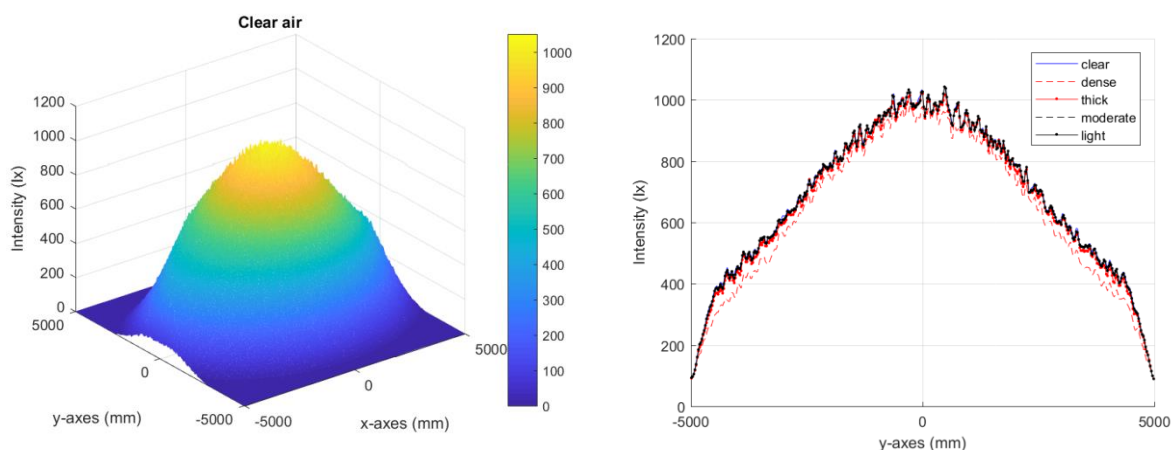
Obr.2 Histogram částic

Reálná část index lomu částic byla nastavena na 1.33, imaginární část byla $2.47 \cdot 10^{-9}$. Počet částic v objemu 1 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 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/aeed.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/aeed.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/aeed.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/>.

Možnosti využití veřejného osvětlení pro komunikaci ve viditelném spektru

Ing. Stanislav Hejduk, Ph.D., Ing. Lukáš Hájek, Ing. Jan Látal, Ph.D., Ing. Tomáš Stratil, Ing. Aleš Vanderka, Ing. Jan Vításek, Ph.D., stanislav.hejduk@vsb.cz, lukas.hajek@vsb.cz, jan.latal@vsb.cz, tomas.stratil@vsb.cz, ales.vanderka@vsb.cz, jan.vitasek@vsb.cz.

Fakulta Elektrotechniky a Informatiky, Katedra telekomunikační techniky, VŠB – TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba.

Tento článek pojednává o možnostech využití LED svítidel veřejného osvětlení v podobě bifunkcí - osvětlování a komunikaci ve viditelném spektru. Jsou popsány možnosti využití této technologie v rámci komunikace mezi infrastrukturou a vozidlem (I2V) pro přenos informací o provozu a také možnosti komunikace směrem od vozidla k infrastruktuře (V2I). Zejména je pak studováno chování této komunikace v reálném provozu, kdy se jednotlivé zdroje záření, v podobě veřejného osvětlení, vzájemně ruší a v některých místech pak znemožňují bezchybný přenos dat.

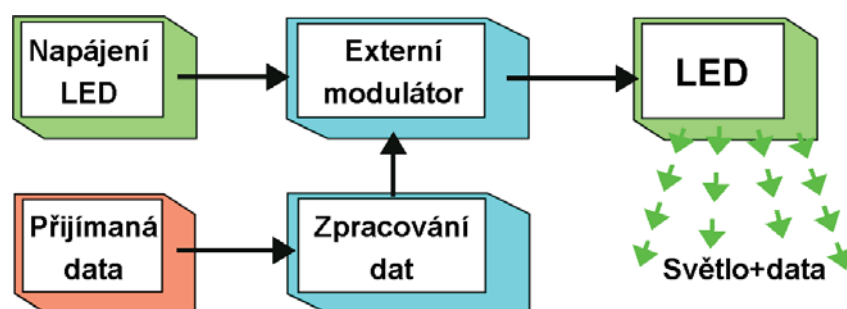
1 Úvod

V dnešní době jsou LED svítidla v oblasti dopravní infrastruktury stále více používány. Jejich funkce ale spočívá výhradně v osvětlování. To vede k tomu, že není plně využit plný potenciál možností LED a VO. LED diody lze totiž snadno použít například pro přenos dat. LED svítidlo dokáže ve stejné chvíli zároveň osvětlovat požadovanou plochu a teoreticky i stejnou plochu nepozorovaně pokrýt komunikačním signálem. Vzhledem k náročnosti komunikace ve viditelném spektru, (obzvláště za přítomnosti přímého slunečního světla během dne) v blízké době pravděpodobně nepůjde o připojení k internetu a podobné vysokorychlostní přenosy dat. Nicméně pro přenos telemetrie mezi účastníky silničního provozu a infrastrukturou postačí i rychlosti v desítkách kb/s. I výrobci automobilů v dnešní době přichází s masivním nasazením LED technologií do jejich výrobků. Řízení těchto systémů pak má na starosti spíše řídicí jednotka, než dřívější mechanické spínače na palubní desce. Pokud jde o přenos dat mezi vozidly a infrastrukturou, tak zůstává pouze otázka, kdy se tato technologie objeví ve vozidlech jako základní výbava a jakou bude mít podobu. V posledních letech se tato oblast neustále zkoumá [1, 2, 3] a pozadu zde nezůstává ani rádiová komunikace [4]. Komunikací ve viditelném spektru VLC (Visible Light Communication) se již delší dobu zabývá také standard IEEE 802.15.7 [5].

2 Princip funkce

Funkce systému spočívá v ukrytí komunikačního signálu do budícího proudu LED diod. Jakékoliv LED svítidlo potom může nepozorovaně přenášet data. Blokové schéma systému je na Obr. 1.

V optimálním případě se pro integraci systému pouze přeruší vedení mezi stávajícím zdrojem napájení a LED diodami. Do trasy se poté umístí modulátor, který se bude starat o přidávání komunikačního signálu.



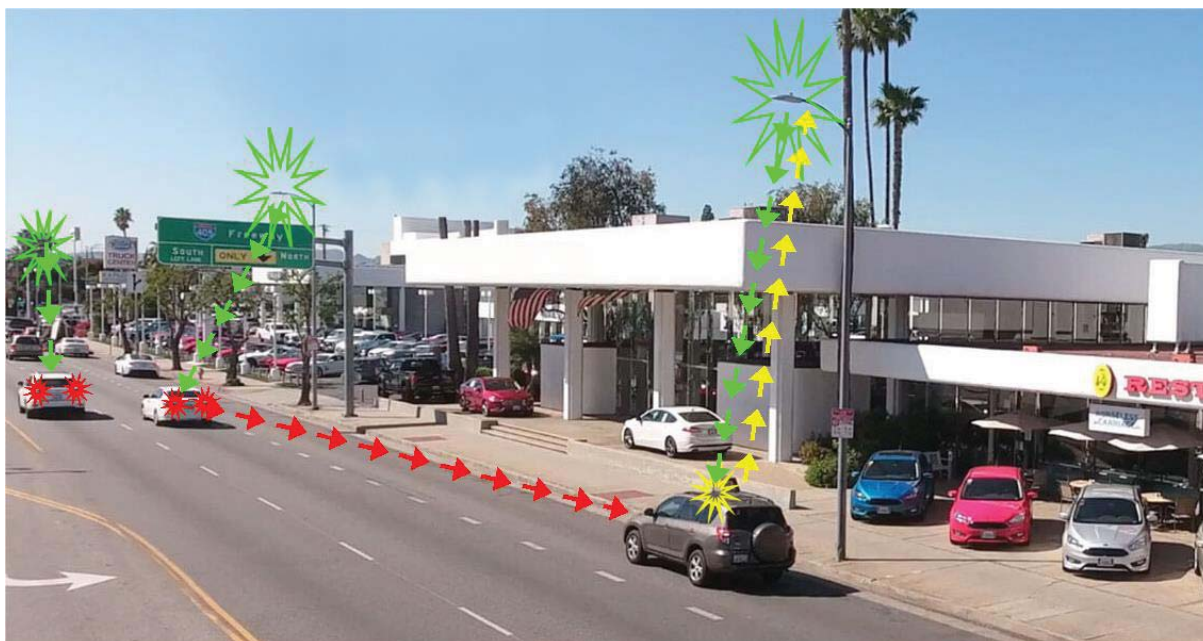
Obr.1 Blokové schéma vysílače pro LED osvětlení

Komunikace bude probíhat ve viditelné části spektra, takže jeho úkolem je provádět tuto činnost nepozorovaně pro lidský zrak:

- Komunikační signál musí být rychlejší, než odezva lidského zrakového ústrojí (v tomto případě není problém, protože lidský zrak spolehlivě nezpozoruje frekvence nad 1kHz).
- V závislosti na odesílaných datech se nesmí měnit intenzita osvětlení. Signál si musí udržovat konstantní střední hodnotu, bez ohledu na přenášená data. Toho je docíleno např. vhodným kódováním (Manchester, PPM...).

Obrázek 2 ukazuje možné konfigurace systému:

- I2V (zelená šipka) ukazuje komunikaci směrem od infrastruktury k vozidlu.
- V2I (žlutá šipka) ukazuje komunikaci od vozidla směrem k infrastruktuře.
- V2V (červená šipka) ukazuje příklad komunikace mezi vozidly.



Obr.2 Příklad komunikace I2V a V2x

Za povšimnutí stojí, že systém nutně nepočítá s obousměrnou komunikací. Systém tak lze upravovat dle potřeby a v závislosti na tom, jaká data je potřeba přenášet.

Uvažujme například jednoduchou přenosnou informační tabuli, která bude projíždějící automobily upozorňovat na uzavření silnice a poskytovat navigaci automobilu data o objízdné trase. V tomto případě bude stačit, aby tabule plnila pouze funkci vysílače a neustále odesílala stejnou sekvenci dat.

Z obrázku 2 je rovněž patrné, že v případě nasazení této technologie v masovém měřítku, bude bezpochyby docházet k nemalému rušení. Při návrhu systému je potřeba toto rušení brát v úvahu a vhodně zvolit především zorné pole fotodetektoru/ů na přijímací straně.

3 Testovací zapojení

Pro testování byl interní zdroj proudu nahrazen laboratorním zdrojem, protože originální zdroj používá PWM modulaci pro podporu stmívání. To znamená, že pro použití stávajícího zdroje bude potřeba dodatečná filtrace napájení, aby proud pro modulátor zůstal konstantní.

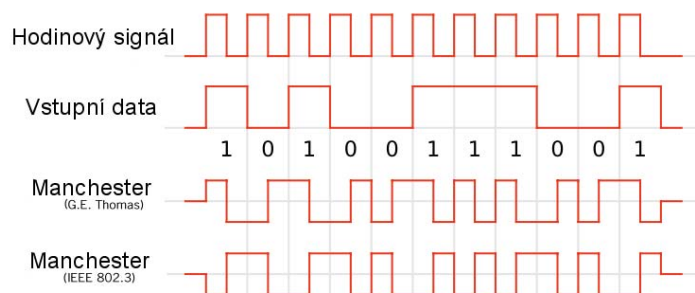
Většina svítidel VO je dnes řešena poměrně modulárně. Skládají se z několika bloků LED, které se zapojují s ohledem na maximální napětí a minimální proud. LED diody tak jsou zapojovány do sérií a v případě potřeby se řadí další bloky paralelně. Toto zapojení má své výhody i nevýhody. Nevýhodou je nižší životnost LED diod. Výhoda je zde z pohledu zdrojů, protože pro komunikaci teoreticky není potřeba modulovat celé svítidlo, ale například jen vyčlenit jeden blok. Zbytek svítidla by pak zůstal nezměněn a komunikační modul by byl na zbytku svítidla nezávislý.



Obr.3 Příklad modulárního uspořádání LED panelů ve svítidle

Pro externí modulaci byl použit výkonový tranzistor s proudovým zdrojem [6], který se stará o vysílání dat a udržuje výstupní výkon svítidla konstantní.

Zpracování dat se provádí do kódovacího formátu Manchester. Signál si tak zachovává stabilní střední hodnotu a pro lidské zrakové ústrojí je nepozorovatelný.



Obr.4 Kódování dat

Přijímaná, resp. vysílaná data mají následující formát (viz. Obr. 5):

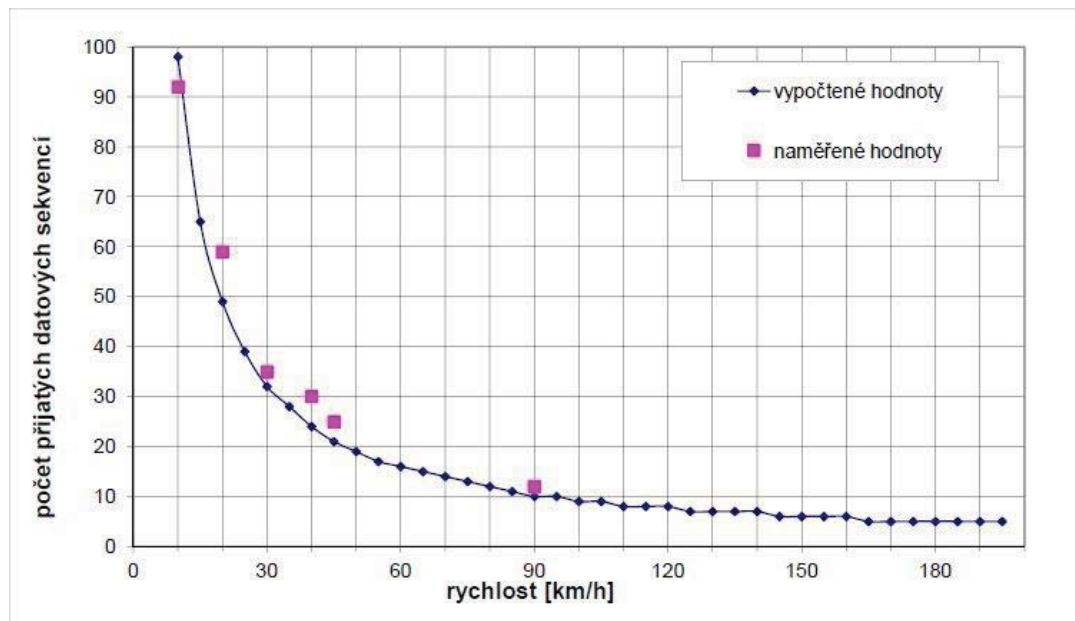
- Hlavička se synchronizací (přijímací jednotka detekuje přenos dat).
- Data (užitečná data přenášená k příjemci).
- Adresa (systém umožňuje rozlišit, komu jsou data určena, takže může odlišit například nákladní a osobní dopravní prostředky...).
- Kontrolní součet (je zkontrolováno, zda při přenosu nedošlo k chybě. V případě chyby se data nezobrazí, aby nedošlo k nedorozumění.).
- Ukončení přenosu.

Preamble	Sync1	Sync2	Data A	Data B	Address	Checksum	Postamble
11001100	10111111	11110010	01101001	00001010	00010010	10000101	0000

Obr.5 Formát testovacích dat

Tato datová sekvence se při aktivaci vysílání neustále opakuje, aby byla maximalizována pravděpodobnost úspěšného příjmu projíždějícími vozidly. V našem případě se opakování provádělo každých 11 milisekund. V praxi se pak počet úspěšně přijatých sekvencí odvíjí také od rychlosti automobilu. Navíc při průjezdu musí auto zachytit celou sekvenci bez chyby, protože sekvence zachycené jen z části se automaticky zahodí. Tím pádem pak dochází k nedoručení požadovaných informací. Tato vlastnost je rozhodující pro samotný návrh systému, protože z hlediska bezpečnosti je výhodnější posílat menší objemy dat v krátkých sekvencích.

Na následujícím grafu (Obr. 6) je příklad, jak se projeví rychlost projíždějícího automobilu na počet úspěšně přijatých sekvencí. V případě městského provozu při rychlosti 50km/h je schopen testovací systém během průjezdu předat přibližně 20 datových sekvencí. Nicméně při rychlostech mezi 90 – 130 km/h klesne počet těchto sekvencí pod 10. Pozitivní ale je, že i přes zmenšený objem přenesených dat, komunikace zůstává zachována i při mnohem vyšších rychlostech.



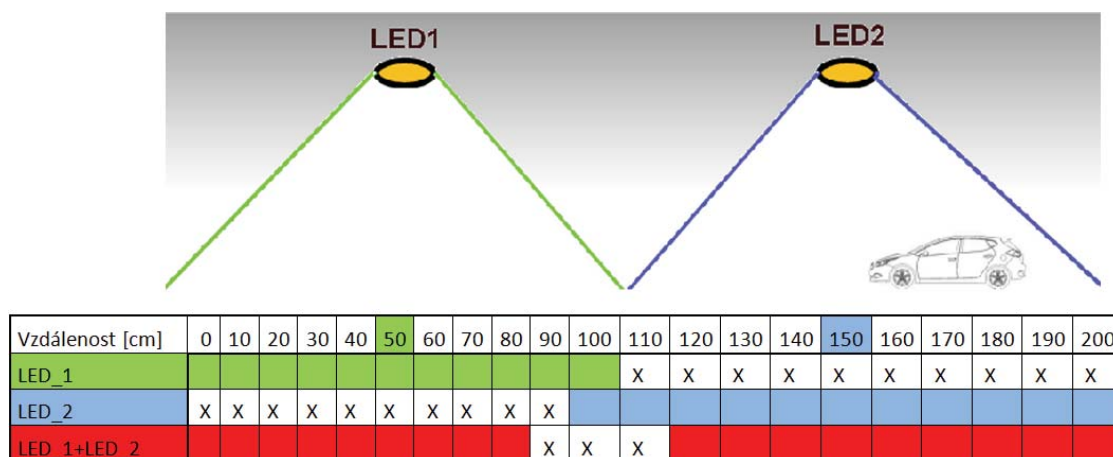
Obr.6 Počet přijatých sekvencí v závislosti na rychlosti vozidla

4 Pokrytí prostoru a interferenční zóny

Pokrytí prostoru signálem je při použití viditelného spektra problematické. Na přenosový řetězec zde v případě veřejného osvětlení hraje roli hned několik faktorů:

- Denní světlo
 - Světlo bude v případě vysílání dat svítit i ve dne
 - Okolní světlo (především slunce) je obrovský zdroj rušení, který nelze snadno kompenzovat
- Intenzita osvětlení (vysílací výkon)
 - Výkon potřebný pro osvětlení cesty v noci je relativně malý (přes den se tak komunikační dosah sníží)
 - S klesajícím výkonem klesá i použitelná přenosová rychlost
- Vzájemné rušení
 - Jednotlivá svítidla v podstatě komunikují ve stejném spektru (a na stejných frekvencích).
 - Pokud budou svítidla vysílat identická data, tak bude komunikace probíhat v celém prostoru s dostatečným výkonem
 - Pokud budou svítidla vysílat různá data (nebo nebudou synchronizovány), tak se budou v místech překryvu signálu vzájemně rušit

Na obrázku 7 je příklad vzájemného rušení. Obě svítidla zde nejprve vysílají stejná data. Tam, kde již LED_1 nemá dostatečný výkon (X) je již pokrytí LED_2 a obě oblasti se mohou vzájemně překrývat. V případě LED_1+LED_2 ale svítidla vysílají různá data a 30% prostoru mezi svítidly je natolik zarušeno, že přijímací elektronika nedokázala data vždy bezpečně rozlišit. V tomto případě zafungovala kontrola chyb, která poškozená data automaticky zahodila. Vzniklá zarušená oblast pak zůstává stejná i při vyšším vysílacím výkonu obou LED svítidel.



Obr.7 Interference mezi svítidly

5 K čemu lze V2x komunikace použít?

V zásadě k čemukoliv, kde se hodí přenášení telemetrie v jakémkoliv ze zmíněných směrů.

- Bezpečnostní upozornění
 - Autonehoda
 - Nouzové brzdění
 - Červená na semaforu
 - Volání SOS...
- Data z provozu
 - Informace o objížďkách
 - Měření rychlosti projíždějících vozidel
 - Lokalizace vozidel/navigace
 - Podpora autonomního řízení
- Řízení osvětlení

Co třeba systém, který v nočních hodinách sníží intenzitu osvětlení. Když rozpozná „známý“ projíždějící automobil, tak podle jeho posledních 10 cest zesílí intenzitu osvětlení pouze na nejpravděpodobnější trase. Ve většině případů tak povede cesta přímo k jeho domu a po projetí se světla opět utlumí, aby šetřila energii, životnost LED atd....

6 Závěr

Komunikace mezi automobilem a silniční infrastrukturou je nejen možná, ale v budoucnu bude i nezbytná. Počet aut na silnicích každým rokem roste a s tím i potřeba lepší koordinace a organizace silničního provozu. Přesun z laboratorních podmínek do reálného provozu bude samozřejmě trvat mnoho let, protože bude potřeba zakomponovat tuto technologii především do samotného automobilového průmyslu a poté i do předpisů/vyhlášek a norem.

Další otázkou pak zůstává, jaká data posílat a jak rychle by je měl systém vlastně přenášet. Je jisté, že připojení na sociální síť zobrazující se na head-up displeji řidiče nejspíš k bezpečnosti na silnici nepřispěje, ale i otázka přístupu na internet není do budoucna zapovězena. V začátcích lze ale předpokládat spíše telemetrická data na nízkých přenosových rychlostech.

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] YAMAZATO, T., M. KINOSHITA, S. ARAI, E. SOUKE, T. YENDO, T. FUJII, K. KAMAKURA a H. OKADA. Vehicle Motion and Pixel Illumination Modeling for Image Sensor Based Visible Light Communication. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. 2014, vol. 33, iss. 9, s. 332-335. ISSN 1558-0008. DOI: 10.1109/JSAC.2015.2432511.
- [2] MATUS, V., N. MATURANA, C. A. AZURDIA-MEZA, S. M. SANCHEZ a J. ROJAS. Hardware design of a prototyping platform for vehicular VLC using SDR and exploiting vehicles CAN bus. *First South American Colloquium on Visible Light Communications (SACVLC)*. Santiago, Chile, 2017. ISBN: 978-1-5386-1782-3. DOI: 10.1109/SACVLC.2017.8267606.
- [3] S. LEE a S JUNG. A SNR analysis of the visible light channel environment for visible light communication. *18th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC)*. Jeju Island, South Korea: IEEE, 2012, s. 709-712. ISBN 978-1-4673-4728-0. DOI: 10.1109/APCC.2012.6388286.
- [4] HUANG, W., Z. YU, F. ZHU, L. YANG a F. WANG. Applicability of short range wireless networks in V2I applications. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC. Hague, Netherlands: IEEE, 2013*, s. 231-236. ISBN 978-1-4799-2914-6. DOI: 10.1109/ITSC.2013.6728238.
- [5] IEEE 802.15.7. Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light. New York, USA: IEEE Computer Society, 2011. Dostupné z: <https://standards.ieee.org/develop/project/802.15.7.html>.
- [6] HEJDUK, S., K. WITAS, J. LATAL, J. VITASEK, J. BOCHEZA a V. VASINEK. Simple and Universal Current Modulator Circuit for Indoor Mobile Free-Space-Optical Communications Testing. *Advances in Electrical and Electronic Engineering, 2014*. Vol. 12, No. 1. pp. 66-74. ISSN 1804-3119. DOI: 10.15598/aeer.v12i1.845.

Širokopásmové komunikace ve viditelné oblasti světla

Tomáš Stratil, Ing., VŠB – TU Ostrava, tomas.stratil@vsb.cz
Lukáš Hájek, Ing., VŠB – TU Ostrava, lukas.hajek@vsb.cz
Jan Vitásek, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, jan.vitasek@vsb.cz
Aleš Vanderka, Ing., VŠB-TU Ostrava, ales.vanderka@vsb.cz
Stanislav Hejduk, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, stanislav.hejduk@vsb.cz
Jan Látal, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, jan.latal@vsb.cz

Abstrakt: Problematika komunikace viditelným světlem je trendem posledních let. Díky nástupu LED technologie do osvětlovací techniky se otevřela možnost přenášet data zároveň s funkcí osvětlování. Takový způsob komunikace může být použit v oblasti osvětlení, billboardů, pouličního osvětlení, dopravních prostředků a světelné signalizace. Tento článek popisuje principy, problémy a dosažené výsledky výzkumu v oblasti komunikace ve viditelné oblasti světla.

1 Úvod

V dnešní době se díky pokroku v oblasti LED technologie začínají více využívat LED zdroje záření emitující bílou barvu světla pro osvětlovací účely, jak v kancelářích, domácnostech, v průmyslových objektech, tak i v automobilovém průmyslu či veřejném osvětlení. Kvůli přehlcení rádiové oblasti pásma, respektive jeho silnou licenční a regulovanou politikou, jsou cíle výzkumů směřovány právě pro využití této viditelné oblasti světla pro komunikaci, která zatím nepodléhá tlaku regulátoru na její dozor. Cílem je pomocí světelného záření, které je určeno pro osvětlování, přenášet informace, nezávisle na změně osvětlovací funkce v téměř časovém horizontu.

Pro využití LED diody jako zdroj komunikace a jako osvětlení současně, je nutné spojit datový signál přes signál řídicí stmívání. Modulace se přivádí na LED společně s odpovídajícím stejnosměrným proudem nastavující pracovní bod zdroje záření. Pro modulaci LED přímo, se musí přes tranzistor zapínat celé napájecí napětí LED diody. Dnes běžně využívaných LED zdrojů světla pro osvětlovací účely se elektrický příkon pohybuje v řádech desítek Watt, proto využití přímého modulování pomocí spínání celého napájecího napětí tranzistorem není příliš vhodné.

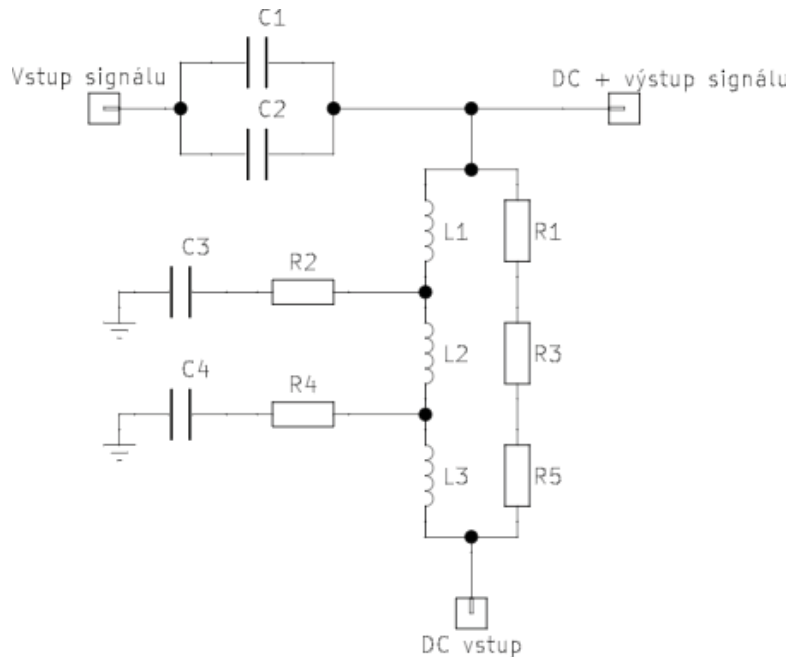
Při možnosti modulovat vysoko-výkonové optické zdroje se otevírá široká možnost využití, jako jsou vnitřní osvětlovací systémy, vnější veřejné osvětlení a další. S rozvojem Smart cities je tato technologie vhodná pro pokrytí ulic města datovou sítí při využití lamp veřejného osvětlení za předpokladu použití LED technologie. [1,2,3]

2 Modulátor s nastavením pracovního bodu LED

Řešením pro modulaci vysoko výkonových LED světelných zdrojů je využití známého obvodu Bias-T, který je využíván pro napájení rádiových aktivních prvků, jako jsou zesilovače. Hotové komerční řešení ZX85-12G+ od firmy Mini Circuits má šířku pásma od 0.2 do 12 000 MHz a maximální propustný stejnosměrný proud 400 mA a maximální stejnosměrné napětí 25 V. Jak je z těchto parametrů zřejmé, obvod není vhodný pro oblast

VLC. Proto jsme se rozhodli navhnout vlastní obvod Bias-T, který zvládá maximální stejnosměrný proud 1A a napětí 150 V společně s šířkou pásma od 1 MHz do 100 MHz. [4]

Schéma zapojení obvodu Bias-T pro spojení signálové složky se stejnosměrnou je vidět na obrázku 1. Využili jsme výkonové LED světlo DLM 3000 Fortimo od firmy Philips s celkovým elektrickým příkonem 46 W jako optický vysílač. Pro přidání DC offsetu signálu z Signálového Generátoru jsme využili již zmiňovaný výkonový širokopásmový Bias-T. Za signálovým generátorem jsme připojili aktivní pre-ekvalizér, který přizpůsobuje přenosovou charakteristiku signálu pro potlačení vlivu optického vysílače.



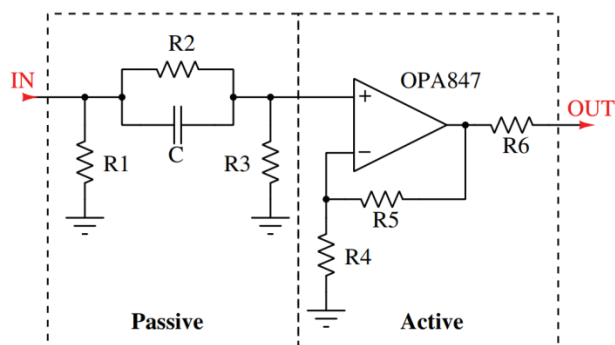
Obr.1 Schématické zapojení obvodu Bias-T

Na detekční straně jsme pomocí fotodetektoru PDA10A-EC od společnosti Thorlabs převedli optický signál zpět na signál elektrický, který je dále zesílen pomocí operačního zesilovače OPA847 od firmy Texas Instrument. Díky Vector Signal Analyzer jsme schopni demodulovat a analyzovat přijatý signál na detekční straně. V softwarové části jsme využili základní toolkit v Labview pro modulování signálu na vysílací straně a demodulování přijatého signálu na přijímací straně společně s měřením základních parametrů přijatého modulovaného signálu.

2.1 Obvod ekvalizace signálu.

Ekvalizace signálu je určitý proces, který upravuje tvar frekvenční charakteristiky signálu. U technologie VLC vzniká razantní zkreslení frekvenční charakteristiky již u optického vysílače právě z důvodu zpoždění luminoforu a charakteru polovodičové LED.

Obvodu pre-ekvalizeru byl navrhnout s cílem jeho frekvenční charakteristiky co nejbližší reversní křivce frekvenční charakteristiky měřeného zdroje záření. Obvod se skládá z pasivní části, která zajišťuje výsledný tvar křivky frekvenční charakteristiky výsledného obvodu. Tato pasivní část je jednoduchá horní propust, která vkládá do přenosového řetězce až 35 dBm útlumu. Druhá část obvodu je aktivní zesilovač s operačním zesilovačem OPA847, která zajišťuje celkové zesílení vstupního signálu pro odstranění útlumu pasivní částí a tím přiblížení se k zamyšlené ideální reversní frekvenční charakteristice měřeného světelného zdroje. Schéma obvodu je vidět na obrázku 2. [7]



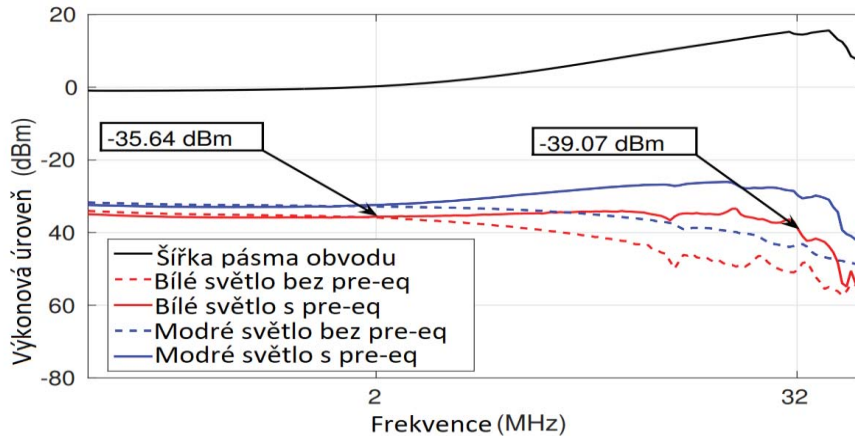
Obr.2 Zapojení obvodu pre-ekvalizace

3 Měření komunikačních parametrů VLC systému

Pro otestování hotového přenosového řetězce jsme využili pro optický vysílač bodové LED světlo Philips Fortimo LED DLM 3000 44 W/830. Nejprve byla změřena šířka pásma bílého světla bez začlenění obvodu pre-ekvalizéru do komunikačního řetězce. Následně s vlivem pre-ekvalizace. Pro zjištění vlivu luminoforu na frekvenční charakteristiku přenosového řetězce jsme měření zopakovali i bez vlivu luminoforu, odstraněním vnějšího sklíčka s vrstvou luminoforu na bodovém světle. Měření bylo provedeno pomocí Network analyzátoru Rhode-Schwarz ZVB 4 (3 kHz až 4 GHz). V přijímací straně byl využit křemíkový fotodetektor Thorlabs PDA10A-EC. Měření bylo provedeno s odstupem 40 cm mezi optickým vysílačem a fotodetektorem. Tato vzdálenost byla zvolena jako vyhovující z důvodu dobrého odstupu signálu od šumu a zároveň malého přebuzení fotodetektoru stejnosměrnou složkou LED zdroje záření.

3.1 Šířka pásma

Výsledky měření jsou znázorněny na obrázku 3, kde je patrné, jak navržený obvod pre-ekvalizéru ovlivní šířku pásma jak bílého světla s vlivem luminoforu, tak i modré složky světla bez vlivu luminoforu. Při měření bez vlivu pre-ekvalizéru bylo dosaženo šířky pásma u bílého světla 2 MHz pro pokles o úroveň -3 dBm a 6 MHz pro pokles o úroveň -10 dBm. Po připojení pre-ekvalizéru před Bias-T na vysílací straně dosáhla šířka pásma bílého světla 3 MHz pro pokles o úroveň -3 dBm a 40 MHz pro pokles o úroveň -10 dBm. Šířku pásma modré složky světla obvod ovlivnil takovým způsobem, že ve vyšších frekvenčních oblastech okolo 20 MHz zvýšil celkovou úroveň signálu až o 5 dBm. V obou případech pre-ekvalizér snížil výkonovou úroveň vysílaného signálu o 1 dBm v rozsahu 0-1 MHz pro bílé světlo a 0-1.5 MHz pro modré světlo.

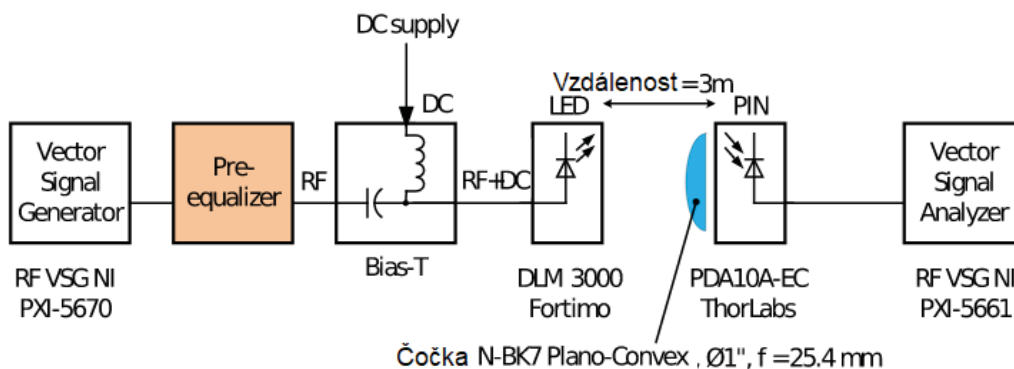


Obr.3 Ovlivnění šířky pásma bílého i modrého světla pomocí obvodu pre-ekvalizace.

Zde je patrný velký vliv vrstvy luminoforu na výkonovou úroveň signálu a frekvenční charakteristiku, kdy bílá složka LED zdroje má velmi rychlý pokles výkonové úrovně signálu v závislosti na frekvenci a také celkově nižší výkonovou úroveň přenášeného signálu oproti modré složce světla v našem případě o 2 dBm.

3.2 Testování komunikace

Obrázek 4 ilustruje blokové schéma zapojení pro otestování přenosu dat pomocí různých modulačních formátů. Jako generátor digitálně modulovaných signálů byl použit vektorový signálový generátor RF VSG NI PXI-5670. Pro testování byl vybrán MQAM modulační formát společně s OFDM. Jednalo se konkrétně o MQAM modulační formát, jejichž konstelační diagram je čtvercového tvaru (4QAM). [6]



Obr.4 Blokové schéma zapojení experimentálního měření VLC systému.

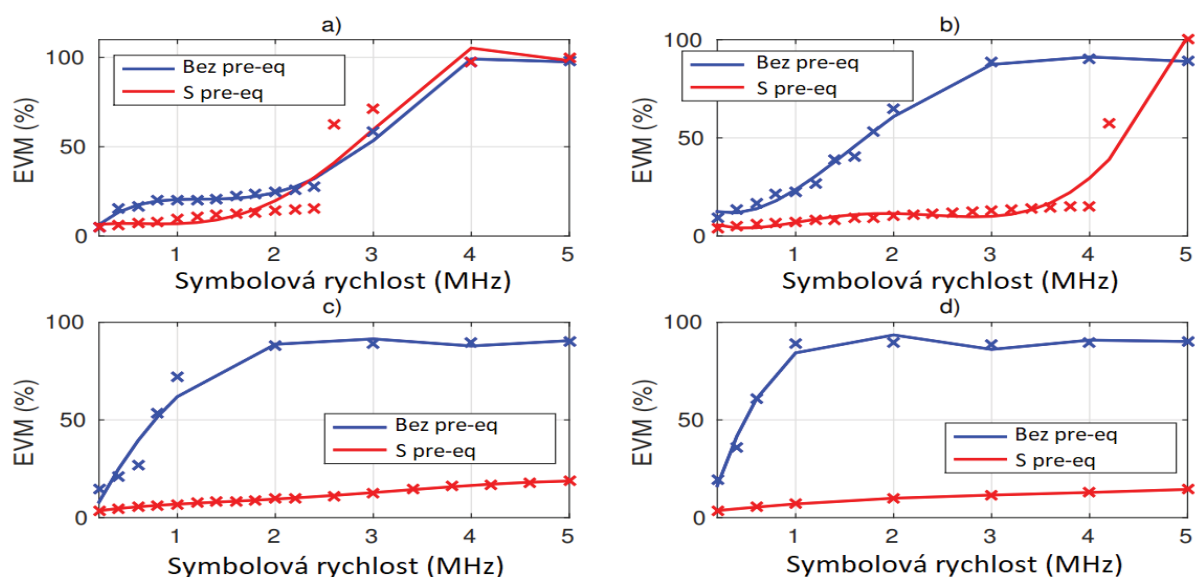
Pro analýzu funkčnosti byl na přijímací straně použit vektorový signálový analyzátor RF VSA NI PXI-5661. Na straně analyzátoru byl sledován tvar konstelačního diagramu pro daný modulační formát, a dále kvalitativní parametr Error Vector magnitude (EVM). Tento kvalitativní parametr byl sledován jednak jako ověření samotné funkčnosti komunikačního řetězce, ale také pro ověření vlivu pre-ekvalizačního obvodu na kvalitu přenášené modulace a závislost symbolové rychlosti modulace (šířka využitého pásma OFDM). [5]

Na detekční straně byl použit Si PIN fotodetektor ThorLabs PDA10A-EC, který pracuje v oblasti vlnových délek od 200 nm do 1100 nm. Samotný fotodetektor PDA10A-EC má efektivní plochu pouze $A_{\text{eff}} = 0.8 \text{ mm}^2$, proto byla využita čočka N-BK7 Plano-Convex která

má ohniskovou vzdálenost $f = 25.4$ mm, díky čemuž byla zajištěna dostatečně velký odstup signál od šumu SNR, aby se dalo ve vzdálenosti 3 m mezi vysílačem a přijímačem provést ověření funkčnosti. Frekvence nosné MQAM měly hodnotu 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz a 20 MHz.

4 Výsledky měření

Obrázek 5 zobrazuje naměřené výsledky dle zapojení uvedeného na obrázku 4 při modulačním formátu 4QAM a pro bílou složku světla. Jak je z grafu patrné, pro nosnou frekvenci 5 MHz má obvod pre-ekvalizéru velmi malý vliv. Pro symbolovou rychlost 200 kHz byla hodnota EVM stejná, ale s rostoucí symbolovou rychlostí neboli využíváním větší šířky pásma se začal projevovat vliv pre-ekvalizéru a jeho snížení rychlého poklesu úrovně pro vyšší frekvence.



Obr.5 Výsledky měření EVM v závislosti na symbolové rychlosti a frekvenci nosné, kde byla nastavena nosná frekvence a) 5 MHz, b) 10 MHz, c) 15 MHz a d) 20 MHz pro vysílání modulační 4QAM prostřednictvím bílé LED diody.

Z grafu je patrné, že hodnoty EVM se pro vyšší nosné frekvence zvyšují, z důvodu nižší úrovně signálu způsobené charakterem frekvenční charakteristiky. Zároveň s rostoucí symbolovou rychlostí je využívána větší šířka pásma okolo nosné frekvence, a proto z důvodu nerovné frekvenční charakteristiky optického vysílače se zvyšuje hodnota EVM a zhoršují se přenosové vlastnosti. Bez pre-ekvalizace je šířka pásma rychle klesající a je tedy méně vhodná pro komunikaci na vyšších nosných frekvencích a pro využití větší šířky pásma, než u nasazení obvodu pre-ekvalizéru, kde jsou jednoznačně lepší podmínky pro komunikaci na vyšších nosných frekvencích a využití větší šířky pásma.

5 Závěr

Cílem tohoto článku bylo poukázat na různá řešení problému v oblasti komunikace viditelným zářením. V našem případě jsme se zaměřili na reálné, bodové světlo Philips Fortimo LED DLM 3000 44 W/830, které obsahuje matici modrých SMD LED. Ukázalo se, že je možné realizovat levný pre-ekvalizační obvod pro poměrně velké zlepšení přenosových

vlastností optického vysílače založeném na reálném výkonovém LED světle a vytvoření vysoko výkonového obvodu Bias-T pro spojení osvětlovací a komunikační funkce LED světla. Jako kritické se ukázalo celkové snížení výkonové úrovně optického signálu způsobené vrstvou luminoforu, proto je vhodné navržený pre-ekvalizační obvod upravit pro celkové zvýšení zisku, například celkovým zesílením vstupujícího signálu do zdroje záření a zesílením přijímaného signálu za fotodetektořem. Z výsledků měření je vidět, že navržený systém prokazatelně vede k možnosti využití vysoko výkonového LED světla pro komunikaci a zároveň pro osvětlování.

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] MCCULLAGH, M. J. a D. R. WISELY. 155 Mbit/s optical wireless link using a bootstrapped silicon APD receiver. *Electronics letters*. 1994, vol. 30, no. 5, pp. 430—432. ISSN 0013-5194.
- [2] CARRUTHERS, J. B. a J. M. KAHN. Angle Diversity for Nondirected Wireless Infrared Communication. *IEEE Transactions on Communications*. 2000, vol. 48, no. 6, pp. 960—969. ISSN 0090-6778. DOI: 10.1109/ICC.1998.683113
- [3] KOUDELKA, P., J. LATAL, P. SISKA, J. VITASEK, A. LINER, R. MARTINEK and V. VASINEK. Indoor visible light communication: modeling and analysis of multi-state modulation. In: *Proceedings of SPIE*. San Diego: SPIE, 2015. ISBN 978-162841251-2. DOI: 10.1117/12.2063090.
- [4] T. STRATIL, P. KOUDELKA, J. JANKOVYCH, V. VASINEK, R. MARTINEK and T. PAVELEK, Broadband over Visible Light: High power wideband bias-T solution, 2016 10th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP), Prague, 2016, pp. 1-5. DOI: 10.1109/CSNDSP.2016.7574002
- [5] H. A. MAHMOUD and H. ARSLAN, "Error vector magnitude to SNR conversion for nondataaided receivers," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 8, no. 5, pp. 2694-2704, May 2009. DOI: 10.1109/TWC.2009.080862
- [6] KOUDELKA P, SOLTYS P, MARTINEK R, LATAL J, SISKA P, KEPAK S, VASINEK V. Utilization of M-QAM modulation during optical wireless Car to Car communication. In: 2014 OptoElectronics and Communication Conference, OECC 2014 and Australian Conference on Optical Fibre Technology, ACOFT 2014; 20142014. p. 452-4.
- [7] STRATIL, T., KOUDELKA, P., MARTINEK, R., NOVAK, T.. Active Pre-Equalizer for Broadband over Visible Light. *Advances in Electrical and Electronic Engineering*, North America, 15, sep. 2017.

Časoprostorová analýza dopravních nehod

Michal Bíl, doc., RNDr. PhD.

Jiří Sedoník, Mgr.

Richard Andrášik, RNDr.

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., gis.cdvinfo.cz, michal.bil@cdv.cz

Výzkum okolností dopravních nehod vzniklých na síti pozemních komunikací ČR za snížené viditelnosti je předmětem projektu „Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci“, který řeší FEI-VŠB a Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. (CDV). V tomto příspěvku jsme se zaměřili na analýzu časoprostorového rozložení nehod vzniklých na mezikřižovatkových extravilánových úsecích.

1 Data

Předmětem analýzy bylo 13 407 úseků silniční sítě Česka, na kterých se stala aspoň jedna nehoda v noci nebo za svítání či soumraku v letech 2007 – 2017. Data o dopravních nehodách pochází z databáze Služby dopravní policie. Jednalo se celkem o 41 224 nehod v noci a 5 582 nehod za svítání nebo soumraku. Všechny tyto dopravní nehody se udály na mezikřižovatkových úsecích v extravilánu.

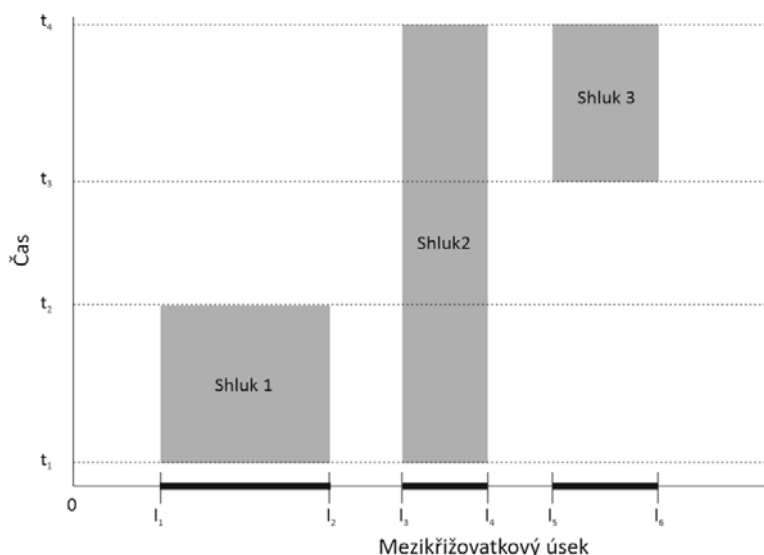
2 Metody

Ústřední myšlenkou příspěvku je skutečnost, že se dopravní nehody na silniční síti shlukují. Ke shlukové analýze používáme metodu KDE+ (www.kdeplus.cz), kterou vyvinulo CDV [1]. Metoda analyzuje prostorový vzor dopravních nehod po jednotlivých mezikřižovatkových úsecích. Jestliže na daném úseku dojde ke shlukování nehod, metoda identifikuje tzv. shluk (cluster). Shluky lze následně třídit podle bezrozměrné veličiny tzv. síly shluku. Metoda KDE+ se aktuálně využívá ve více než 20 státech světa pro prostorovou analýzu vzoru dopravních nehod.

V tomto příspěvku jsme se zaměřili na rozložení nehod na úsecích nejenom v prostoru, ale zároveň i v čase. Vzhledem k tomu, že databáze dopravních nehod již nyní obsahuje více než desetiletou časovou řadu, je možné sledovat vývoj vzoru nehod po jednotlivých letech či dnech, resp. s posuvným časovým oknem. Z principu lze na každém úseku rozlišit několik vzorů:

- úseky bez shluku,
- úseky, na nichž jsou časově stabilní shluky, tj. po celé období (Obrázek 1, Shluk 2),
- úseky se shluky, které začínají (Obrázek 1, Shluk 3) anebo
- končí (Obrázek 1, Shluk 1) v nějakém čase.

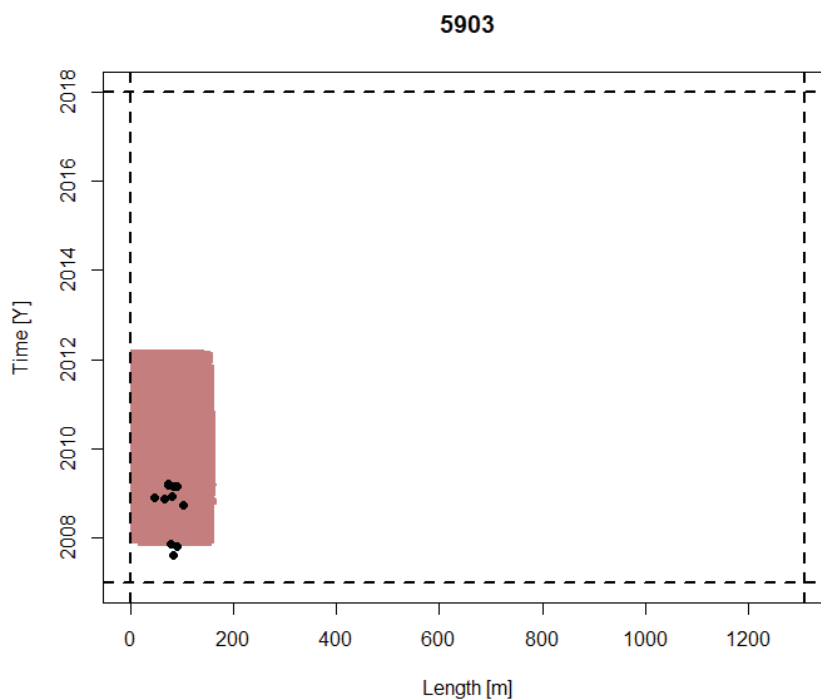
Stabilní shluky ukazují na místa, která jsou dlouhodobě nebezpečná. Pokud se shluk objeví v průběhu zkoumaného období, znamená to, že došlo ke zhoršení bezpečnostní situace na daném úseku. Úspěšná sanace by se měla projevit zmizením shluku. Obrázek 1 názorně ukazuje výše popsanou myšlenku.



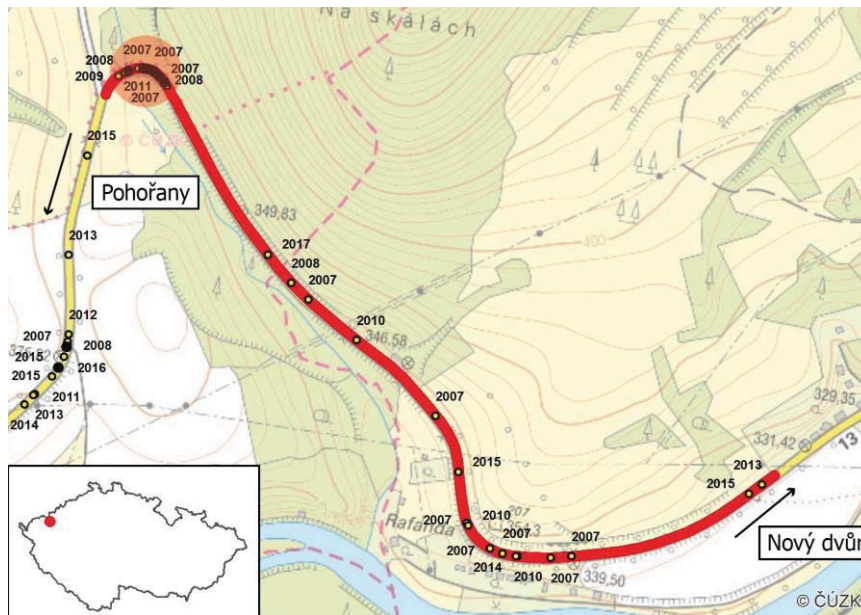
Obr.1 Princip časové změny nehodového vzoru na ukázkovém úseku. Shluk 1 vymizel v čase t_2 , jelikož došlo ke zlepšení situace, shluk 3 se naopak objevil v čase t_3 , protože se bezpečnostní situace zhoršila, shluk 2 je stabilní po celou dobu. Prostorové vymezení bylo pro názornost drženo stabilní, nicméně i změna v poloze shluků je možná.

3 Výsledky

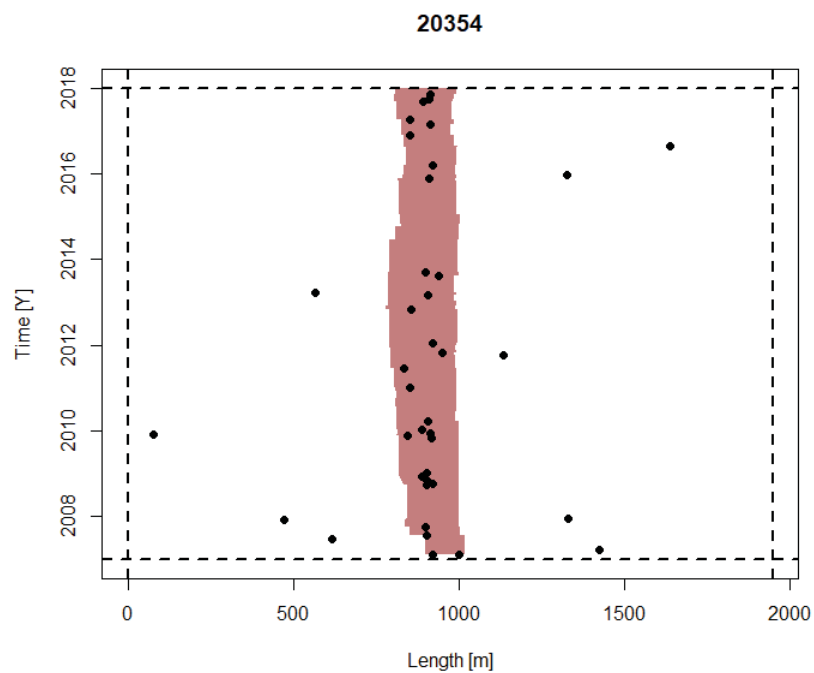
Vzhledem k tomu, že pro každý z 13 407 úseků lze vykreslit časoprostorový graf, uvádíme pouze nejzajímavější příklady, které zastupují každou ze tří hlavních kategorií. Spolu s výsledky lze vidět i konkrétní situaci z přiložených map.



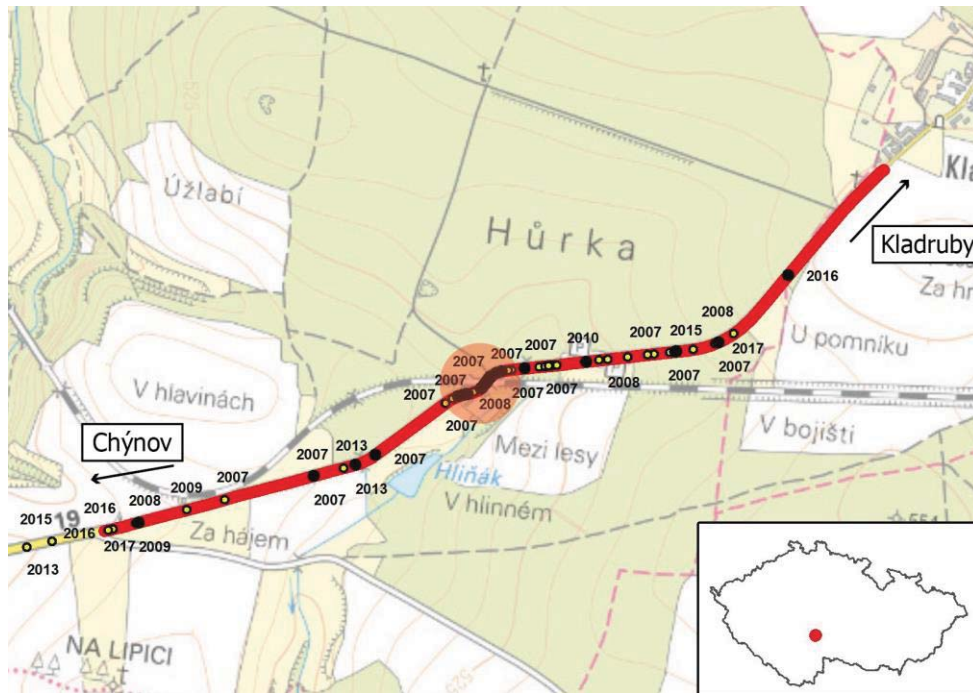
Obr.2 Příklad shluku, který po čase zanikl. Na vodorovné ose je délka úseku, na svislé časová řada, za kterou jsou dostupná data o dopravních nehodách



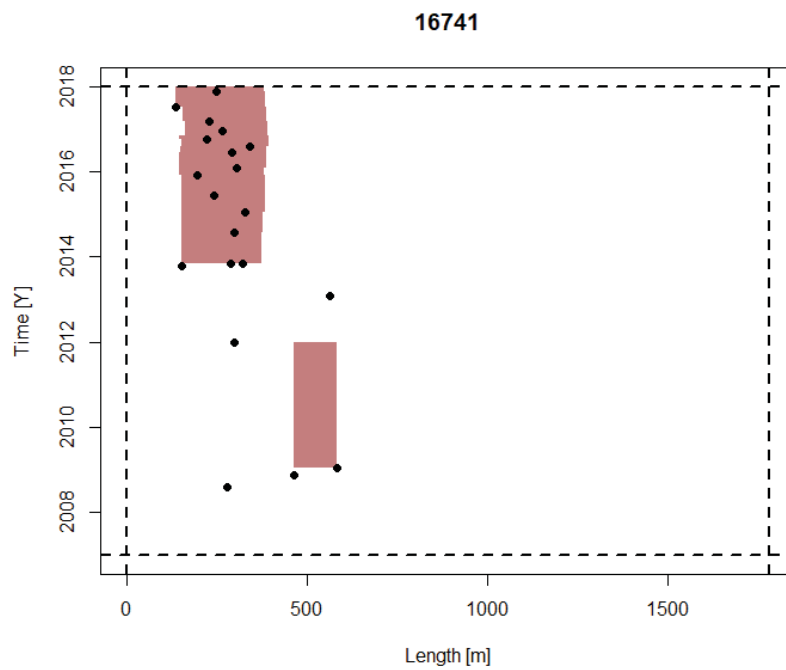
Obr.3 Lokalizace zaniklého shluku z Obrázku 2.



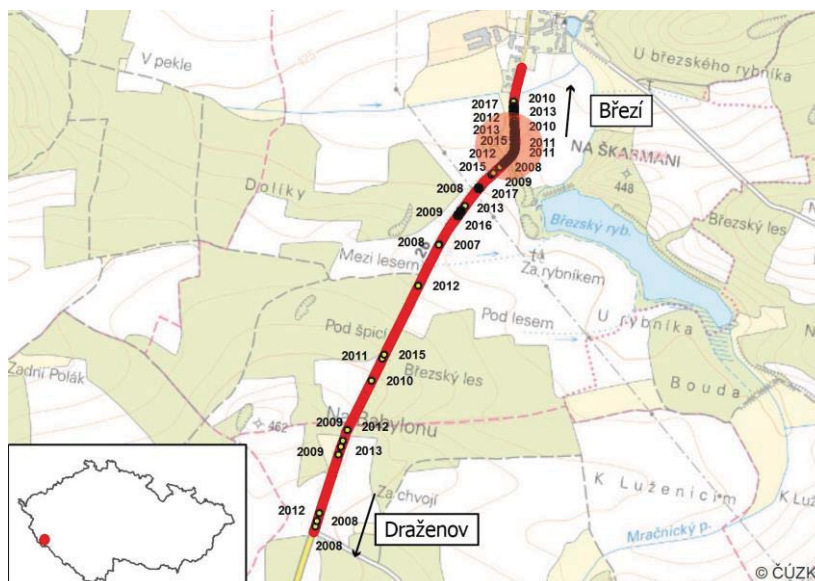
Obr.4 Příklad shluku, který je stabilní po celou délku časové řady dopravních nehod.



Obr.5 Lokalizace shluku z Obrázku 4, který byl stabilní po celou dobu dostupnosti dat. Jedná se podjezd pod železniční trať.



Obr.6 Shluk, který vznikl v roce 2014 a trvá do současnosti.



Obr.7 Lokalizace shluku z obrázku 6.

4 Závěr

Vybrané úseky mohou být následně prozkoumány experty na osvětlení za účelem zjištění příčin vzniku shluků dopravních nehod v noci. Rovněž je možné analyzovat libovolný úsek silniční sítě a ověřit tak zpětně vliv bezpečnostních opatření. Na rozdíl od dříve aplikovaných metod a přístupů, využívá tato metoda skutečnosti, že dopravní nehody jsou časově lokalizovány s přesností minimálně na dny a je tedy možné sledovat účinky opatření bezprostředně po jejich instalaci. Doposud se totiž pracovalo s mnohem hrubší škálou, obvykle s ročním krokem.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za laskavé podpory projektu VI20172019071 „Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci“, poskytnutého v rámci Programu bezpečnostního výzkumu České republiky.

Literatura a odkazy

- [1] Bíl, M., Andrášik, R., Janoška, Z., 2013. Identification of Hazardous Road Locations of Traffic Accidents by means of Kernel Density Estimation and Cluster Significance Evaluation. *Accident Analysis and Prevention* 55, 265–273.

Nejrizikovější křižovatky v ČR z pohledu nehod vzniklých v noci

Michal Bíl, doc., RNDr. PhD., Richard Andrášik, RNDr., Jan Kubeček, Mgr., Jiří Sedoník, Mgr.

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., gis.cdvinfo.cz, michal.bil@cdv.cz

Výzkum okolností dopravních nehod vzniklých na síti pozemních komunikací ČR za snížené viditelnosti je předmětem projektu „Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci“, který řeší FEI-VŠB a Centru dopravního výzkumu, v. v. i. V tomto příspěvku jsme se zaměřili na nehody vzniklé na křižovatkách.

1 Data

Pro účel analýzy rizikovitosti křižovatek, jejímž základem je známá hodnota intenzity dopravy na všech ramenech křižovatky, jsme vycházeli z dat Celostátního sčítání dopravy 2016 (CSD 2016). Výsledky sčítání mimo jiné obsahují údaje o roční průměrné denní intenzitě dopravy (RPDI) na sčítacích úsecích I., II. třídy a vybraných sčítacích úsecích III. třídy. Z liniových geometrií těchto sčítacích úseků bylo vygenerováno 2353 křižovatek, které nebyly mimoúrovňové, nekřížily směrově dělenou komunikaci, a neústila do nich jiná nesčítaná komunikace (uliční síť či jiná silnice lokálního významu). Jednalo se tedy o výběr trojramenných, čtyřramenných křižovatek a kruhových objezdů.

K dispozici jsme měli databázi dopravních nehod za období 2007 – 2017, kterou spravuje Služba dopravní policie ČR. Celkem bylo za uvedené období na námi vybraných křižovatkách registrováno 15532 dopravních nehod, z toho se 3671 událo v noci. Mimoto jsme využili údajů ze 143 automatických sčítačů, které evidují intenzity dopravy každých 5 minut. Tato data jsme použili pro sestavení průběhu denní křivky intenzity dopravy a k odvození průměrného podílu hodinových intenzit v závislosti na AADT daného úseku.

2 Metody

Nejprve jsme pro jednotlivé křižovatky zjistili počet vozidel, které jimi projedou průměrně za den a každou hodinu. Poté jsme stanovili expozici, tj. celkový počet vozidel, která projedou danou křižovatkou za rok během noci, kdy noc definujeme na základě výšky slunce pro danou lokalitu. Pro každou křižovatkou jsme rozčlenili dopravní nehody ve dne a v noci.

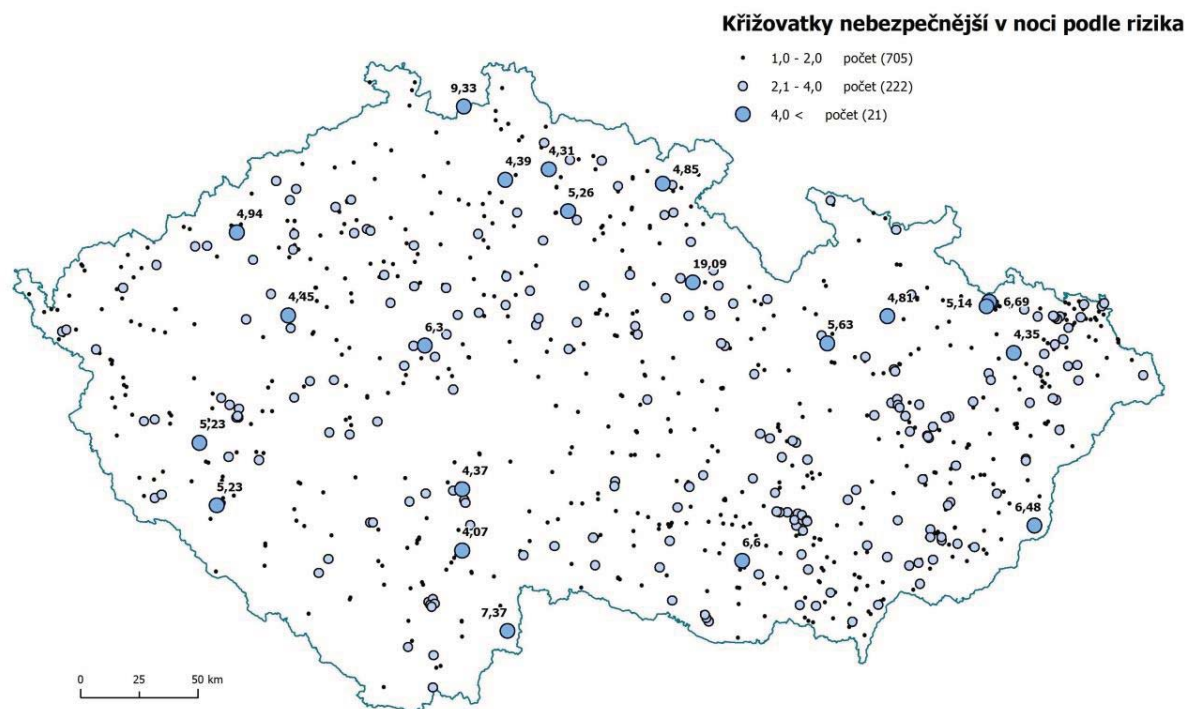
Pomocí Empirické Bayesovy (EB) metody [1] jsme odhadli očekávaný počet nehod zvlášť pro den a zvlášť pro noc. Při výpočtu bylo zohledněno, zda se jedná o tříramennou nebo čtyřramennou křižovatkou či kruhový objezd. Zároveň do výpočtu vstoupily hodnoty RPDI jednotlivých ramen a také pozorované počty dopravních nehod. Pomocí očekávaného počtu nehod v noci lze křižovatky seřadit podle jejich absolutní nebezpečnosti.

Ve druhém kroku jsme srovnávali nebezpečí na křižovatkách ve dne a v noci. Za tímto účelem jsme nejdříve ze 143 automatických sčítačů odvodili, že expozice (objem dopravy) ve dne je přibližně 2.75 krát vyšší než expozice v noci. Díky této informaci jsme pro každou křižovatkou mohli spočítat relativní riziko (RR) v noci následovně:

$$RR = \frac{\frac{EB_{noc}}{\text{expozice v noci}}}{\frac{EB_{den}}{\text{expozice ve dne}}} = 2.75 \frac{EB_{noc}}{EB_{den}},$$

kde EB_{noc} a EB_{den} jsou očekávané počty nehod v noci a ve dne. Výsledkem je mapa ČR s vybranými křižovatkami, které jsou rizikovější v noci než ve dne.

3 Výsledky



Obr.1 Lokalizace křižovatek, u nichž bylo zjištěno vyšší nebezpečí dopravní nehody v noci než ve dne. Velikost znaku ukazuje na rizikovost v noci vzhledem ke dni, číslo skutečnou hodnotu rizika u prvních 21 křižovatek

Obec	Kraj	Komunikace	Odhad počtu DN v noci / rok	Riziko (noc/den)
Ústí nad Labem	Ústecký	I/62 a I/30	3,10	1,28
Uherské Hradiště	Zlínský	I/55 a II/497	2,87	2,02
Pardubice	Pardubický	I/36 a II/355	2,62	1,57
Olomouc	Olomoucký	I/35, I/46 a I/55	2,60	2,14
Litoměřice	Ústecký	I/15 a II/261	1,46	2,08

Tab.1 Seznam pěti nejnebezpečnějších křižovatek v ČR z pohledu očekávaného počtu nehod v noci.

Obec	Kraj	Komunikace	Riziko (noc/den)	Odhad očekávaného počtu DN za rok / rok
Čestice	Královehradecký	I/11 a I/36	19,09	1,18
Hrádek nad Nisou	Liberecký	Kruhový objezd I/35, III/2719	9,33	0,28
Dvory nad Lužnicí	Jihočeský	II/103 a III/1505	7,37	0,16
Opava	Moravskoslezský	I/11 a III/4641	6,69	0,23
Moravský Krumlov	Jihomoravský	II/413 a III/4131	6,60	0,17

Tab.2 Seznam pěti křižovatek v ČR s nejvyšším relativním rizikem v noci.

Nejhorší křižovatkou je, z pohledu odhadu očekávaného počtu nehod, křižovatka v Ústí nad Labem v křížení silnice I/62 a I/30. Naopak nejvyšší riziko v noci, tj. vzhledem ke dni (slunce je nad obzorem), bylo identifikováno u křižovatky silnic I/11 a I/36 v obci Čestice v okrese Rychnov nad Kněžnou.

4 Závěr

Analýzou dopravních nehod vzniklých v noci a ve dne v silniční síti Česka jsme identifikovali 948 (40%) křižovatek, které měly v průměru vyšší riziko nehody během noci než ve dne. Tento postup, kde se naráz zpracovává velký objem dat je vysoce efektivní pro rychlou identifikaci nebezpečných křižovatek. V dalším kroku bude potřeba, aby předmětné křižovatky posoudili odborníci na osvětlení, ale též dopravní inženýrství.

Uvedený postup v sobě ale zahrnuje několik omezení. Předně je závislý na homogenitě databáze dopravních nehod. V případě nehod motorových vozidel a nehod s účastí chodců nebo cyklistů, u nichž došlo ke zranění, se dá očekávat, že databáze bude obsahovat naprostou většinu těchto událostí. Limitujícím faktorem, v případě motorových vozidel, je výše celkové škody, u zranitelných účastníků jsou to potom následky. Jak bylo již dříve ukázáno, obě skupiny nehod nemusejí být zcela zastoupeny v oficiálních datech.

Údaje o AADT vyjadřují pouze odhad průměrného počtu vozidel a v případě některých křižovatek nemusejí být všechna data k dispozici, jelikož sčítání dopravy neprobíhá na celé síti. To se především týká křižovatek, kdy jedno z ramen je místní komunikace a nejsou tedy pro něj údaje o intenzitě. Další oblastí, které bychom se chtěli do budoucna věnovat, jsou složité mimoúrovňové křižovatky, pro které bude zřejmě třeba stanovit jiný způsob výpočtu rizika.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován za laskavé podpory projektu VI20172019071 „Analýza viditelnosti účastníků silničního provozu za účelem zvýšení jejich bezpečnosti za soumraku a v noci“, poskytnutého v rámci Programu bezpečnostního výzkumu České republiky.

Literatura a odkazy

- [1] Miaou, S. P., Lord, D. Modeling Traffic Crash-Flow Relationships for Intersections: Dispersion Parameter, Functional Form, and Bayes Versus Empirical Bayes Methods. Transportation Research Record 1840, Paper No. 03-3363, 31 – 40.

Dopravní nehody v intravilánu v noci s účastí chodce

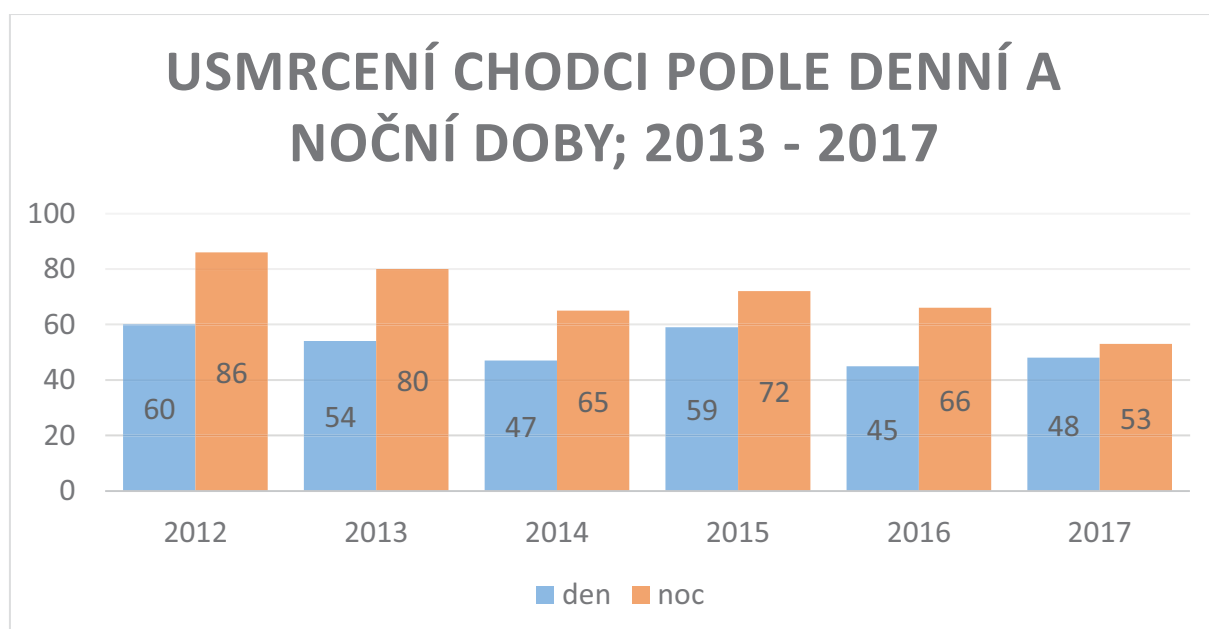
Sabina Burdová, JUDr., pplk.

Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky

www.policie.cz/clanek/reditelstvi-sluzby-dopravni-policie-o-nas-reditelstvi-sluzby-dopravni-policie.aspx,
pp.rsdp@pcr.cz

1 Porovnání základních ukazatelů

V roce 2012 bylo při dopravních nehodách v noci s účastí chodce usmrceno celkem 86 chodců. Jejich počet se postupně snižoval, kdy v roce 2017 jich bylo 53. I když má jejich počet dlouhodobě klesající tendenci (viz Tab. 1), v porovnání s chodci usmrcenými ve dne, jsou tato čísla stále vysoká. Je nutné totiž brát v potaz, že intenzita provozu na pozemních komunikacích v noci je podstatně nižší a to i u chodců.



Tab.1

1.1 Usmrcení chodci podle viditelnosti

V porovnání následků dopravních nehod s účastí chodce, nejvíce chodců je usmrceno v obci. V roce 2017 bylo při těchto nehodách usmrceno 71 chodců, tj. o 6 chodců méně proti roku 2016. Z hlediska viditelnosti to v roce 2017 bylo v noci 27 chodců, což je oproti roku 2016 o 11 chodců méně.

Noční dopravní nehody v závislosti na intenzitě dopravy v osvětlení intravilánu měst a obcí na komunikacích I., II., III. tříd, včetně místních komunikací

Ondřej Dolejší Ing., Jiří Tesař, Karel Sokanský, prof., Ing., CSc., Tomáš Novák, Doc., Ing., Ph.D.,

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

Abstrakt: V příspěvku bylo představeno hodnocení úseků intravilánu na komunikacích I., II., III. tříd, na kterých je významně vysoký výskyt dopravních nehod. Soubor dat byl získán z aplikace AVISON z období 2014 – 2016 a obsahoval celkem 162 úseků, na kterých se stalo 671 dopravních nehod. Hodnocení úseků a následné sestavení seznamu nejrizikovějších úseků bylo provedeno pomocí relativní četnosti výskytu dopravních nehod. Seznam seřazených úseků dle uvedené metody bude použit při výběru lokalit, na kterých bude provedeno místní šetření.

1 Úvod

Důležitým úkolem veřejného osvětlení je vytvoření světelných podmínek pro zrakovou činnost účastníků silničního provozu. Výskyt dopravních nehod v intravilánu lze eliminovat vhodně zvoleným osvětlením, kterým bude zajištěna dobrá orientace v prostoru, rozeznání překážek a viditelnost chodců. Pro zvýšení bezpečnosti je třeba vyhledat úseky se zvýšeným rizikem vzniku dopravní nehody, provést inspekci dané lokality, vyhodnotit rizika a navrhnout nápravná řešení.

Cílem je seřadit vybrané úseky podle jejich rizika výskytu dopravní nehody. Dle seznamu seřazených úseků bude proveden výběr lokalit, na kterých bude provedeno místní šetření. Tento výběr je důležitý, jelikož místní příčiny koncentrací dopravních nehod budou studovány na významných úsecích komunikací.

2 Vybrané úseky

Data úseků s častým výskytem dopravních nehod byla získána z webové mapové aplikace avison.cdvinfo.cz. Tyto úseky byly identifikovány pomocí metody KDE+ (vyvinutá Centrem dopravního výzkumu, v. v. i.). Tato metoda je určena pro mezikřižovatkové úseky. Hlavním zdrojem dat pro analýzu dopravních nehod ve webové aplikaci je databáze dopravních nehod, která je spravována službou dopravní policie. Rozsah sledovaných úseků byl zvolen v intravilánu měst a obcí na komunikacích I., II., III. třídy, včetně místních komunikací v období 2014 – 2016. V tomto období bylo označeno 162 rizikových úseků. Již v základním souboru dat, získaném přímo z aplikace, nastaly všechny dopravní nehody v noci, za soumraku či svítání a byly odfiltrovány nehody se zvěří. Dále byly odfiltrovány nehody, u kterých byl přítomen alkohol. Všechny tyto údaje je možné získat z protokolu o dopravní nehodě, jenž je uveden u každé dopravní nehody.

3 Metoda výběru rizikových úseků

Pro objektivní stanovení hladiny významnosti v aplikaci ADVISON využívá metoda KDE+ metodu Monte Carlo. Významné shluky jsou ohodnoceny dle jejich nebezpečnosti – sílou shluku a kolektivním rizikem.

V této práci bude prezentováno sestavení seznamu nebezpečných úseků v závislosti na intenzitě dopravy. Intervaly intenzity dopravy byly rozděleny po jednotlivých hodinách (od 19:01 do 20:00 atd.) do tzv. hodinových intenzit. Hodinovou intenzitu dopravy lze určit z tabulek denní intenzity dopravy pomocí denní variace dopravy, která je uvedena v dokumentu Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích. Dalším způsobem je vytvořit tabulky pro konkrétní sledovanou lokalitu z dat získaných přímým sledováním intenzity dopravy na komunikacích. Rozdělením intenzity dopravy na hodinové intervaly bude zohledněna proměnlivost intenzity dopravy v průběhu noci. Nicméně v informacích o shluku dopravních nehod nebývá vždy uveden údaj celkového denního průměru zatížení motorové dopravy (dále RPDI). Pro určení údaje RPDI byla použita data z měření intenzit dopravy přímo na komunikacích v intravilánu měst. Tato data byla poskytnuta Policií ČR. Měření probíhalo v dvoutýdenních intervalech na komunikacích I., II. III. tříd a místních komunikacích. Získaná data obsahovala informace RPDI pro jednotlivé dny v týdnu a grafy intenzit dopravy v intervalu 24 hodin. Z RPDI všech dní v týdnu byl vypočten modus denní intenzity dopravy (modus byl zvolen z důvodu odolnosti vůči odlehlým pozorováním).

Den v týdnu	Intenzita dopravy
-	vozidlo/den
Pondělí	6208
úterý	6042
středa	6500
čtvrtek	6250
pátek	6625
sobota	5083
neděle	4500
Modus	6417

Tab. 1Příklad denních intenzit dopravy v průběhu týdne na komunikaci I. třídy v intravilánu

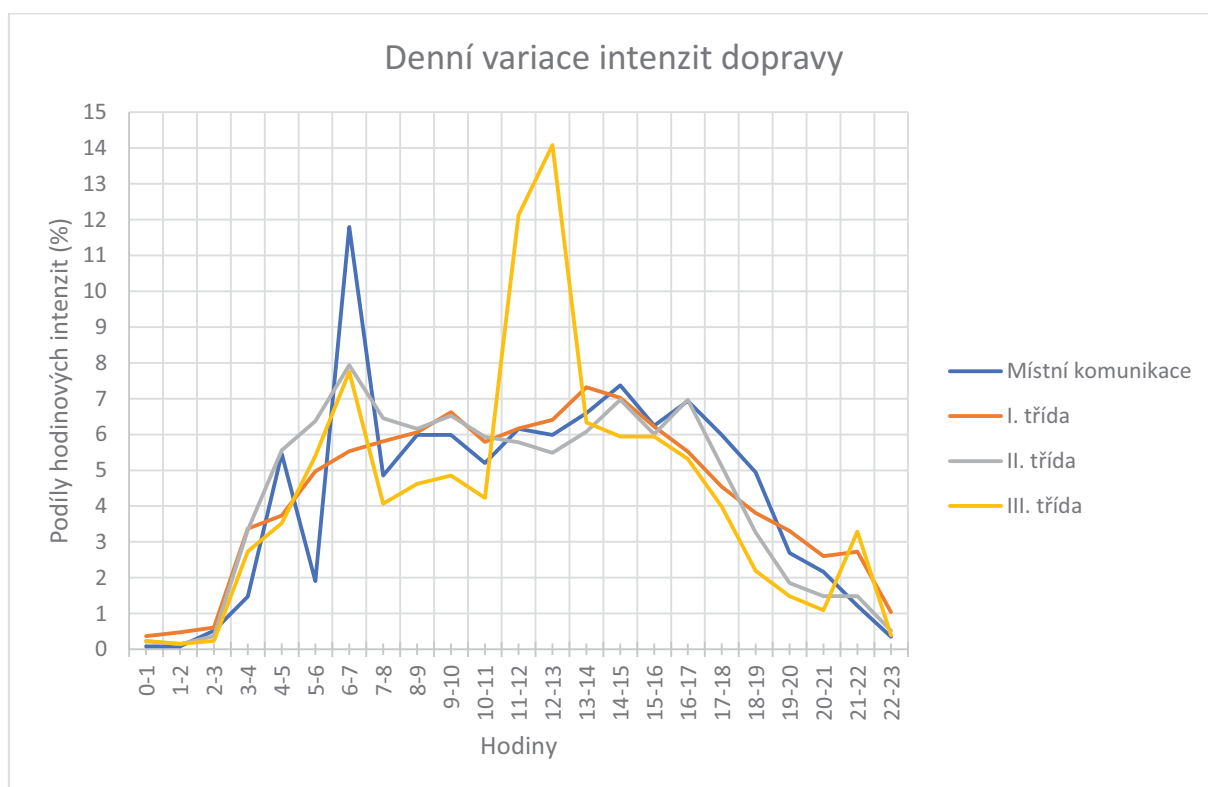
Pro vypočtenou hodnotu RPDI byly pomocí grafu intenzity dopravy, který byl získán měřením intenzity dopravy, v intervalu 24 hodin určeny intenzity dopravy pro jednotlivé hodinové intervaly. Ty byly následně roztříděny podle třídy komunikace.

$$p_{h=\frac{D_h}{D_d}}^i \cdot 100 \quad (1)$$

, kde

- p_h^i Podíl intenzity dané hodiny na denní intenzitě dopravy [%]
- D_h Intenzita dopravy zvoleného hodinového intervalu
- D_d Denní intenzita dopravy na zvolené komunikaci

Roztříděné hodinové intervaly byly zprůměrovány a následně byl sestaven graf znázorňující závislost podílů hodinových intenzit v průběhu 24 hodin. Tento graf je uveden níže, viz. Graf vypočtené denní variace intenzit dopravy(Karviná, červenec – prosinec 2017). Tímto byla pro všechny sledované komunikace stanovena funkce, kterou bylo možné určit hodinovou intenzitu pomocí RPDI konkrétní komunikace. V případě chybějícího údaje RPDI u daného úseku byl tomuto údaji přidělen modus denní intenzity dopravy, který byl získán z měřených dat pro určitou třídu komunikace.



Graf 1 Graf vypočtené denní variace intenzit dopravy (Karviná, červenec – prosinec 2017)

Hodiny	I.třída	II.třída	III.třída	Místní kom.
	%	%	%	%
0-1	0,37	0,22	0,23	0,09
1-2	0,47	0,15	0,16	0,09
2-3	0,61	0,37	0,23	0,52
3-4	3,37	3,34	2,74	1,47
4-5	3,74	5,56	3,52	5,46
5-6	4,96	6,38	5,40	1,91
6-7	5,54	7,93	7,75	11,80
7-8	5,81	6,45	4,07	4,86
8-9	6,06	6,15	4,62	5,98
9-10	6,62	6,52	4,85	5,98
10-11	5,79	5,93	4,23	5,20
11-12	6,16	5,78	12,13	6,16
12-13	6,40	5,49	14,08	5,98
13-14	7,31	6,08	6,34	6,59
14-15	7,02	6,97	5,95	7,37
15-16	6,22	6,00	5,95	6,24
16-17	5,52	6,97	5,32	6,94
17-18	4,54	5,11	3,99	5,98
18-19	3,81	3,26	2,19	4,94
19-20	3,31	1,85	1,49	2,69
20-21	2,60	1,48	1,10	2,17
21-22	2,72	1,48	3,29	1,21
22-23	1,03	0,52	0,39	0,35

Tab. 2 Tabulka podílů intenzit dané hodiny na denní intenzitě dopravy dle třídy komunikace

V následujícím kroku byla stanovena hodinová intenzita pro všechny sledované úseky shluků dopravních nehod. Na základě této informace bylo možné stanovit počet vozidel, které projely úsekem v hodinovém intervalu vzniku dopravní nehody v rámci celého sledovaného období (2014 - 2016).

Z údaje o projetych vozidlech v hodinách vzniků dopravních nehod a počtu vzniklých nehod daného období (2014 - 2016) je možné vypočítat relativní četnost vzniku dopravní nehody.

4 Výsledky

Dle hodnoty relativní četnosti určené pro všechny sledované úseky lze vytvořit seznam nejvíce nebezpečných lokalit. Dále lze porovnat relativní četnosti nehodovosti jednotlivých hodinových intervalů a následně se při místním šetření zaměřit na studium podmínek v rizikových časových intervalech daného úseku. Výsledný seznam lokalit je dále rozdělený dle třídy komunikace. Seznam tří nejnebezpečnějších shluků komunikací I., II. III. třídy a místních komunikací je uveden v Tab. 3. Výsledný seznam tří nejrizikovějších úseků dle třídy komunikace.

Třída komunikace	ID SHLUKU	CELKOVÝ PRŮMĚR ZATÍŽENÍ MOTOROVÉ DOPRAVY	CELKOVÝ PRŮMĚR ZATÍŽENÍ MOTOROVÉ DOPRAVY SOUMRAK - SVÍTÁNÍ	CELKOVÝ PRŮMĚR ZATÍŽENÍ MOTOROVÉ DOPRAVY - DEN	POČET DN VE SHLUKU	KOLEKTIVNÍ RIZIKO %	Celkový počet projetych vozidel ve sledovaných hodinách 2014-2016	RELATIVNÍ ČETNOST DOPRAVNÍ NEHODY	INTENZITA DOPRAVY NA JEDNU DOPRAVNÍ NEHODU
		PRŮJEZDNOST 24/HOD	PRŮJEZDNOST 24/HOD	PRŮJEZDNOST 24/HOD	POČET	(%)	POČET	%	POČET
I. třída	553	6043	2241	3803	19	50,14	872350	2,2E-03	45913
	658	6043	2241	3803	15	5,92	762120	2,0E-03	50808
	611	4203	1558	2645	6	1,73	448950	1,3E-03	74825
II. třída	127	1314	450	864	3	2,23	18250	1,6E-02	6083
	88	1294	443	851	4	3,58	67890	5,9E-03	16973
	551	1314	450	864	9	14,91	173010	5,2E-03	19223
III. třída	173	1314	450	864	4	1,81	45260	8,8E-03	11315
	164	1314	450	864	3	1,67	35770	8,4E-03	11923
	206	1137	389	748	3	2,05	53290	5,6E-03	17763
Místní kom.	881	1153	426	727	3	8,66	730	4,1E-01	243
	896	1153	426	727	1	20,92	730	1,4E-01	730
	912	1153	426	727	3	8,41	13140	2,3E-02	4380

Tab. 3. Výsledný seznam tří nejrizikovějších úseků dle třídy komunikace

5 Závěr

V uvedeném příspěvku bylo popsáno jakým způsobem proběhl výběr z velkého počtu úseků komunikací pro místní šetření. Dle popsaného postupu lze vyseparovat podezřelé úseky s častým výskytem dopravních nehod. Lze se tedy při realizaci místního šetření zaměřit na úseky s vyšší mírou rizika vzniku dopravní nehody. V tabulce Výsledný seznam tří nejrizikovějších úseků dle třídy komunikace lze pozorovat, že řazení podle hodnoty kolektivního rizika není shodné s řazením podle relativní četnosti nehody. To je způsobeno odlišným přístupem k řešení problematiky.

V navazující práci by bylo vhodné intenzitu dopravy hodinového intervalu při vzniku dopravní nehody určit se zohledněním kalendářního dne vzniku dopravní nehody – rozlišit dopravu dle ročního období, pracovního dne či víkendu.

Literatura

- [1] 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.
- [2] *Technické podmínky TP č. 189II: STANOVENÍ INTENZIT DOPRAVY NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH*. 2. Plzeň: EDIP s.r.o., 2012.

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 dopravy 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

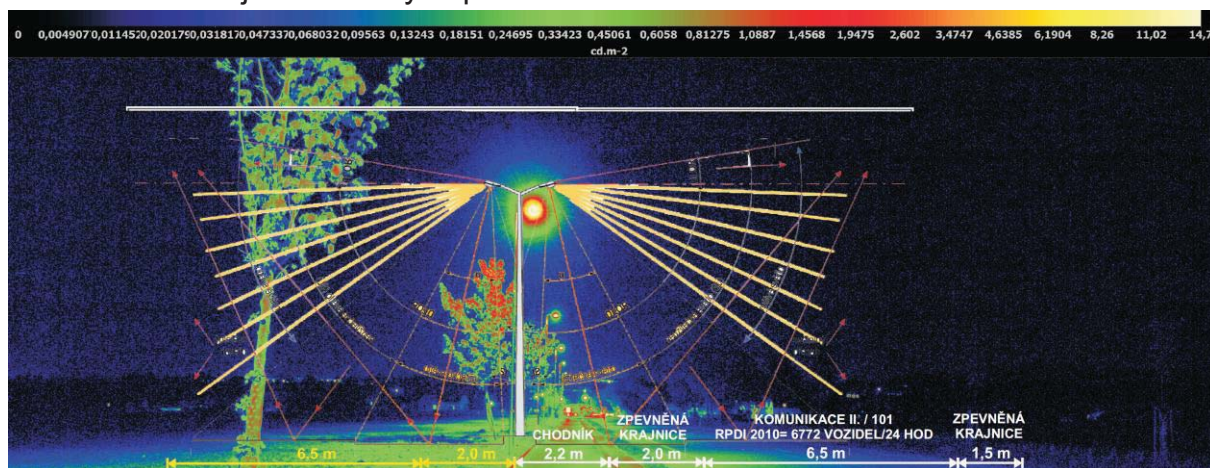
2.1 Kontrola realizovaného stavu nového VO 8. září 2018, 21:30 hod



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]

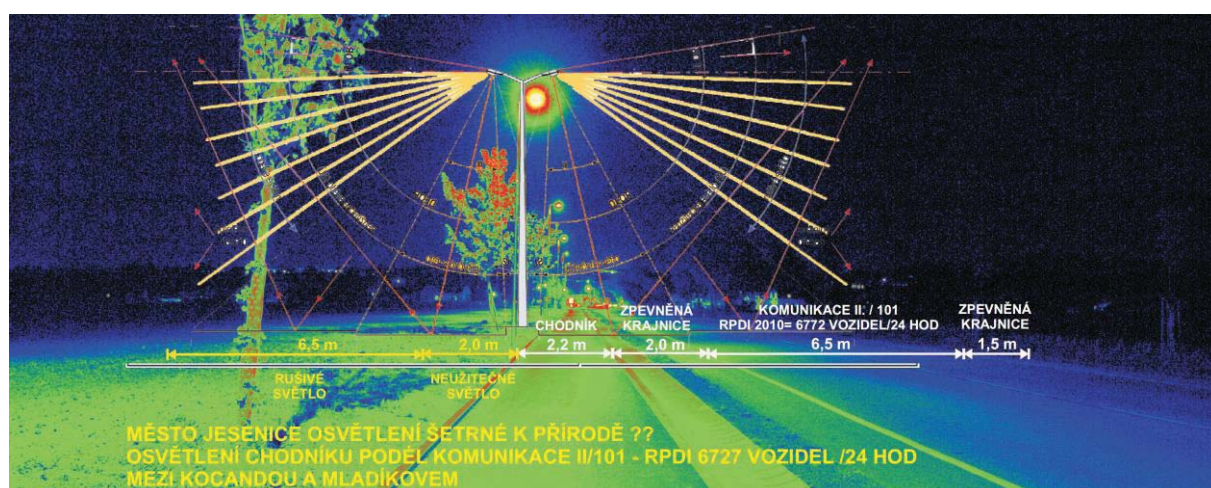
Osvětlení chodníku je rovnoměrné a odpovídá parametrům třídy osvětlení $P3 \geq 7,5 \text{ Em (lx)}$, $U_o (-) \geq 1,5$, je tedy o dva stupně vyšší, než bylo ve výpočtu a zadání požadavku třídy osvětlení $P5 \geq 3 \text{ Em (lx)}$, $U_o (-) \geq 0,6$. V tomto případě je osvětlovaný prostor chodníku 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 ministru 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.

Poděkování:

Článek a výzkum vznikl na základě podpory VI20172019071.

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

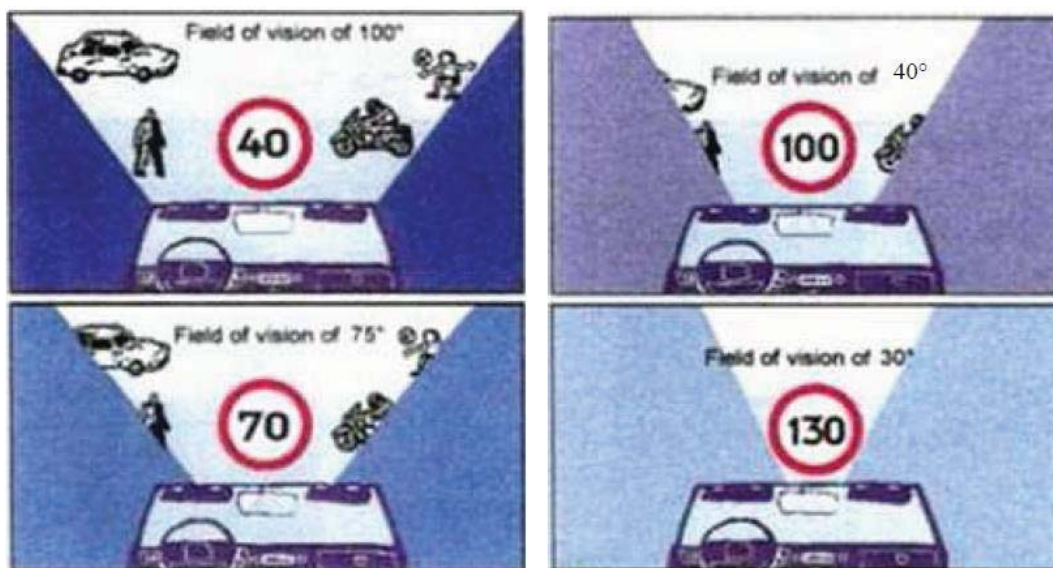
Pro řízení vozidla je důležité vnímat prostředí vnější – kolem automobilu, dále prostředí uvnitř vozu – tudíž spolujezdce a data z přístrojové desky (tachometr, ikony apod.). Řidič tedy vnímá dopravní situaci čelním sklem, předními bočními skly a zpětnými zrcátky. Výhled mu mohou omezovat sloupky karoserie 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.

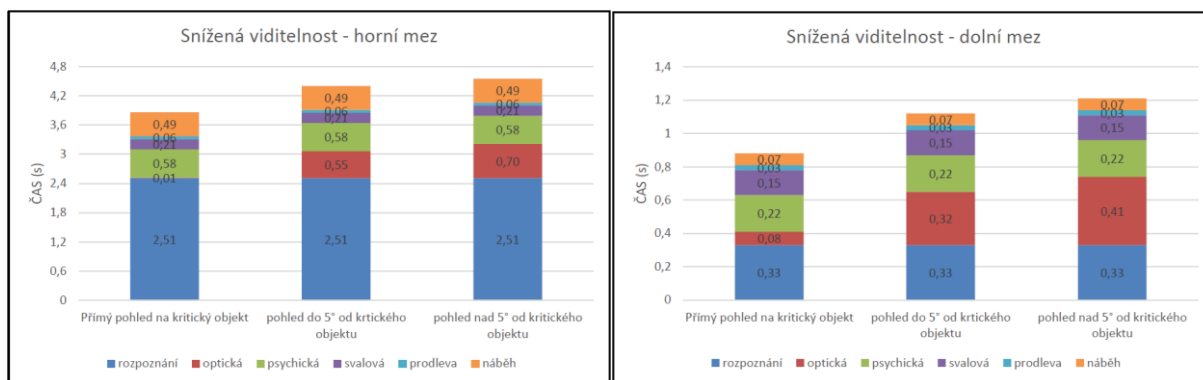
2.1 Pohled řidiče

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
	mokrý 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

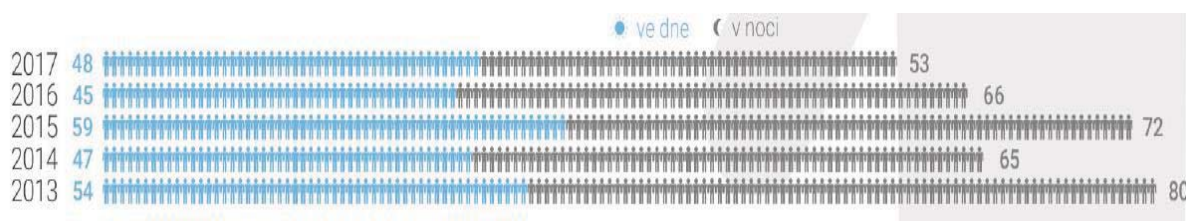
Podle předpokladu Ministerstva dopravy by v roce 2020 na silnicích ČR nemělo být usmrceno více než 80 chodců a těžce zraněno více než 475 chodců. Z další statistiky vyplývá, že každý sedmý člověk, který u nás zemře při dopravní nehodě, je chodec. Přičemž pak každý 8. chodec zemře mimo obec.

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

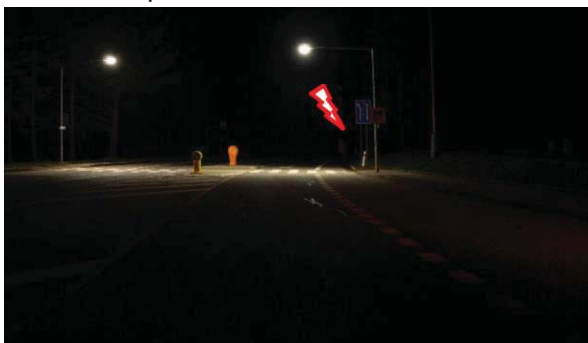


Osvětlený přechod 1 s adaptační zónou

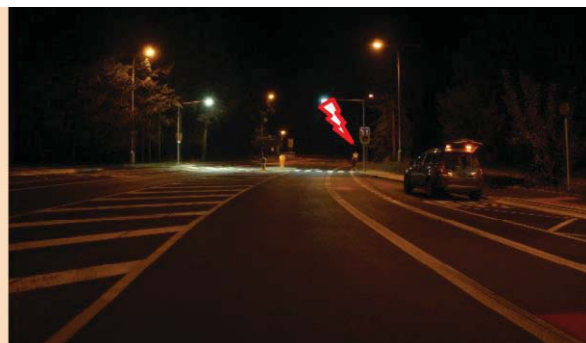
V rámci úspor starosta nechal na komunikaci 1 třídy vypnou VO, ponechal svítit jen přisvětlení přechodů.



Přechod 2 příklad 2



Osvětlený přechod 2 bez adaptační zóny



Osvětlený přechod 2 s adaptační zónou

Dva přechody příklad 3–4

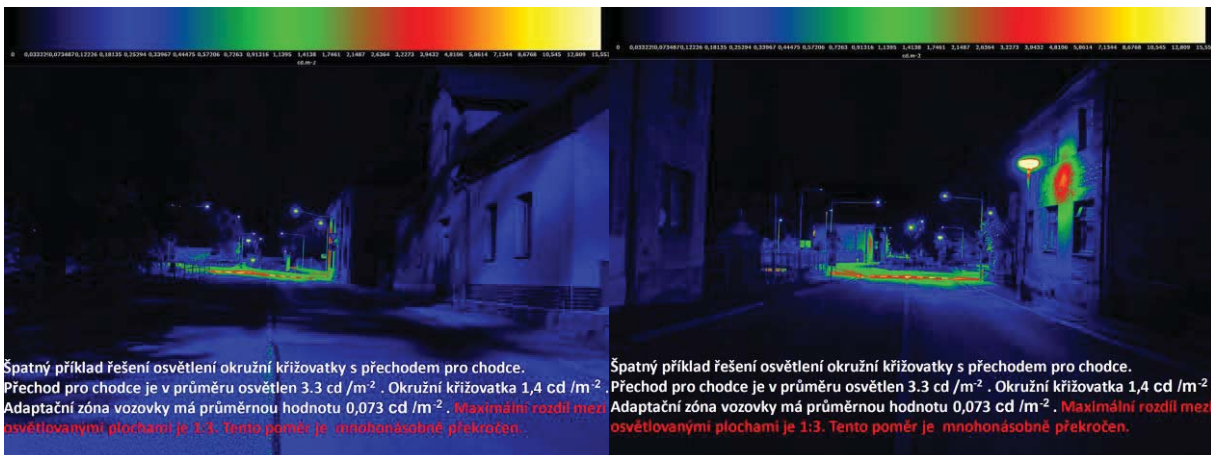


Analýza jasu dopravního prostoru jednoznačně prokazuje že chodec za přechodem je bez adaptační zóny neviditelný tím pádem přehlédnutelný.

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

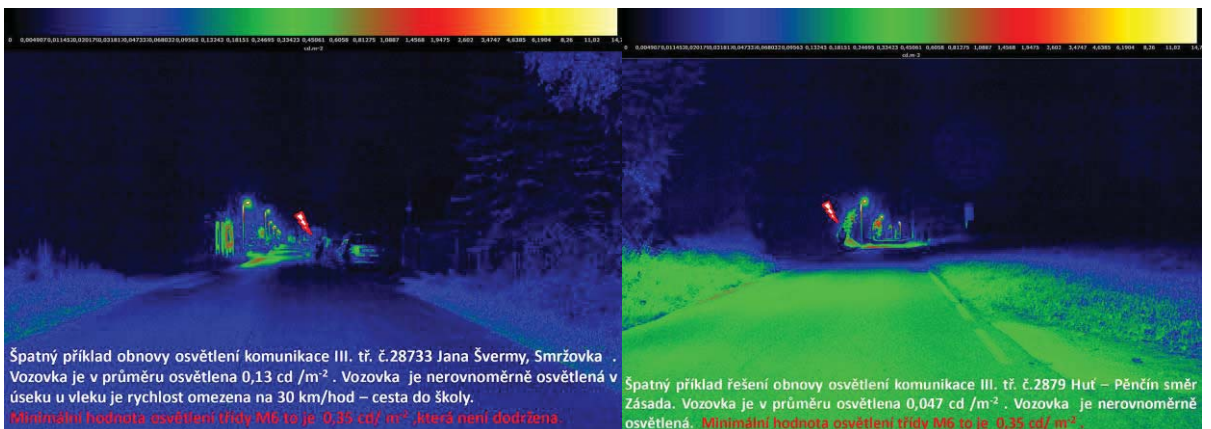
Příklad 1 okružní křižovatky s přechodem

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 pohotová 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.

Poděkování:

Článek a výzkum vznikl na základě podpory VI20172019071.

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		
Hodinová intenzita dopravy												TV	SV				
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											96			1 056		
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											91			1 027		
Těžká nákladní vozidla - TNV																	
Hodnota TNV	voz/den														298		
Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty																	
												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		
Emise																	
												OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											1 008	71	23	1	9	1 112
Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy																	
													alfa	beta	gamma	PS	
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy	-												0.74	1.09	0.68	52.48	
Intenzita cyklistické dopravy																	
																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“.

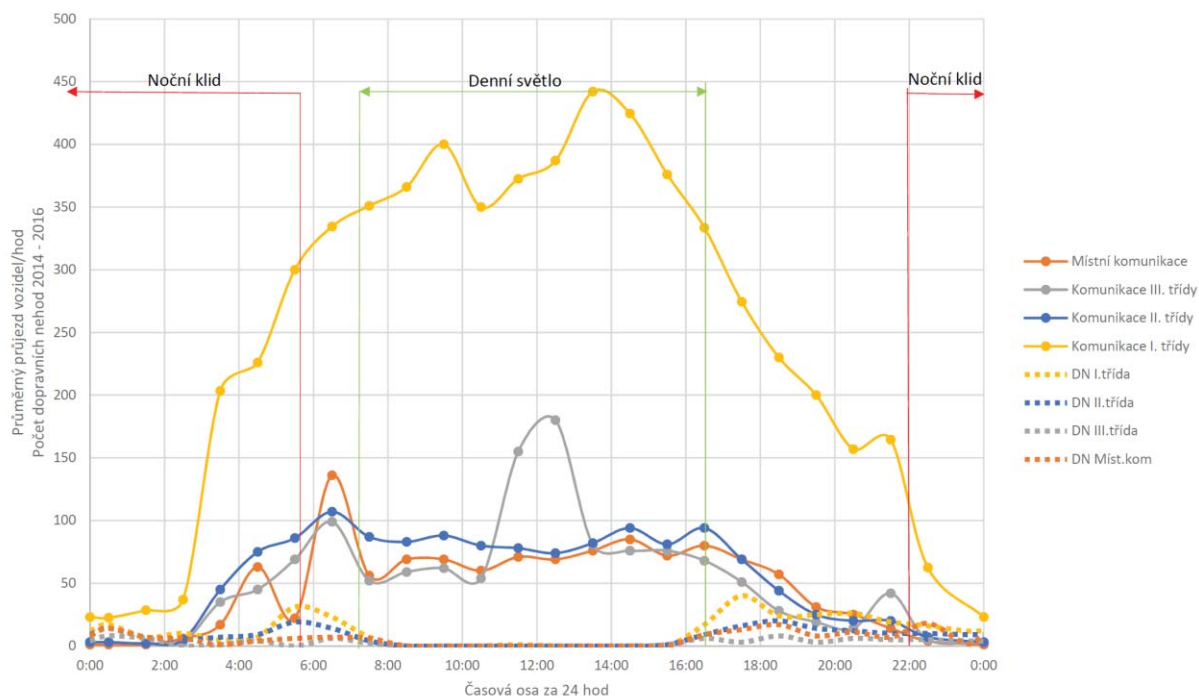
Získaná data v časové ose se dají pomocí mediánu přepočítat a implementovat do podobné aglomerace kdekoli v České republice. Velice významná oblast časové osy je mezi 23:30 hod až 5:30 kdy je motorová doprava na nejnižších hodnotách a v některých případech místních komunikací nulová.

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 shlucích 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



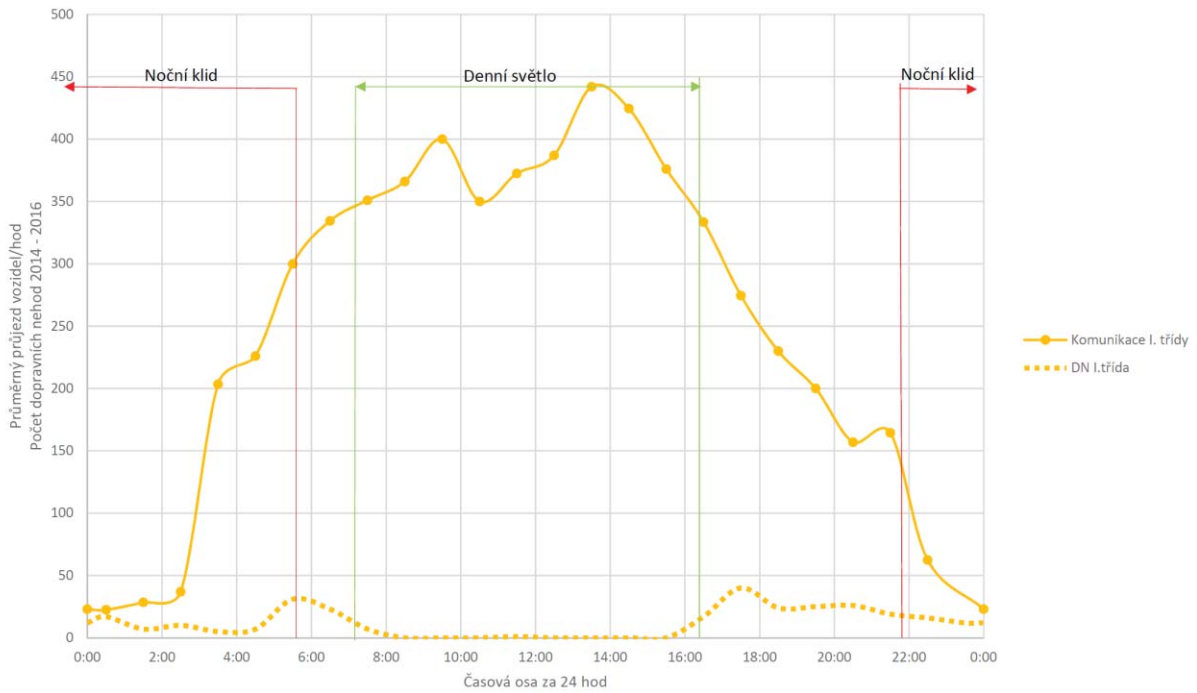
Obr.1 Časová osa intenzity dopravy

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.

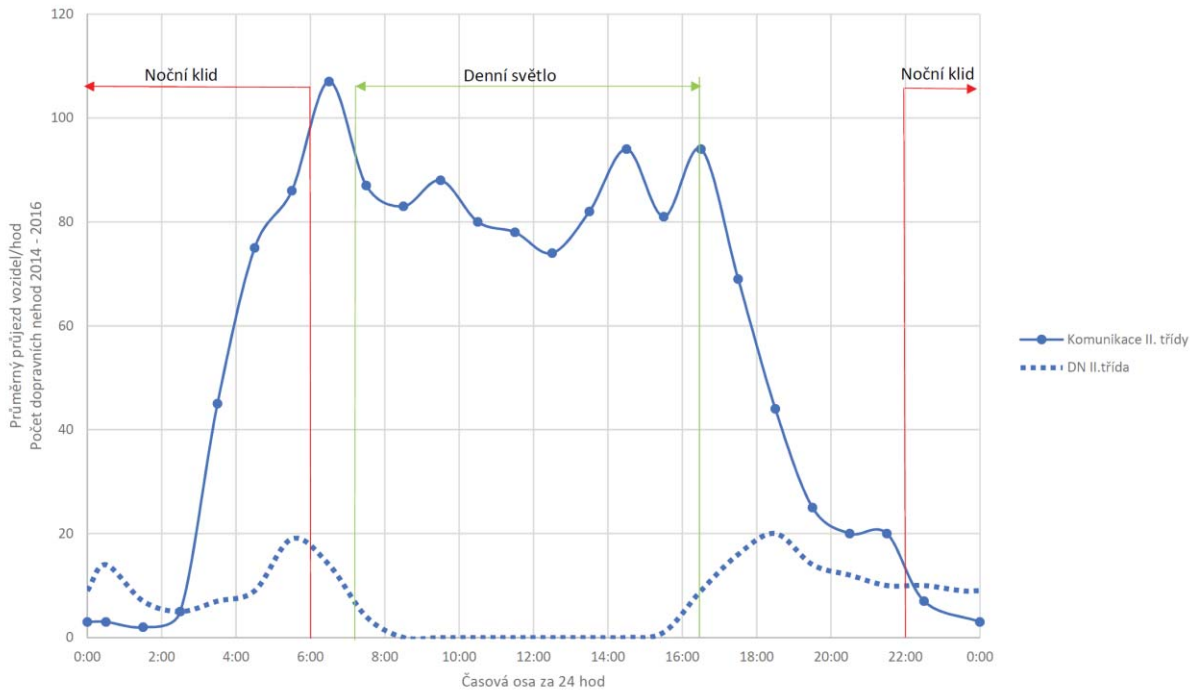
Na jednotlivých obrázcích je v grafu vyjádření počtu projetých vozidel na počet dopravních nehod v období roků 2014/2016.

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



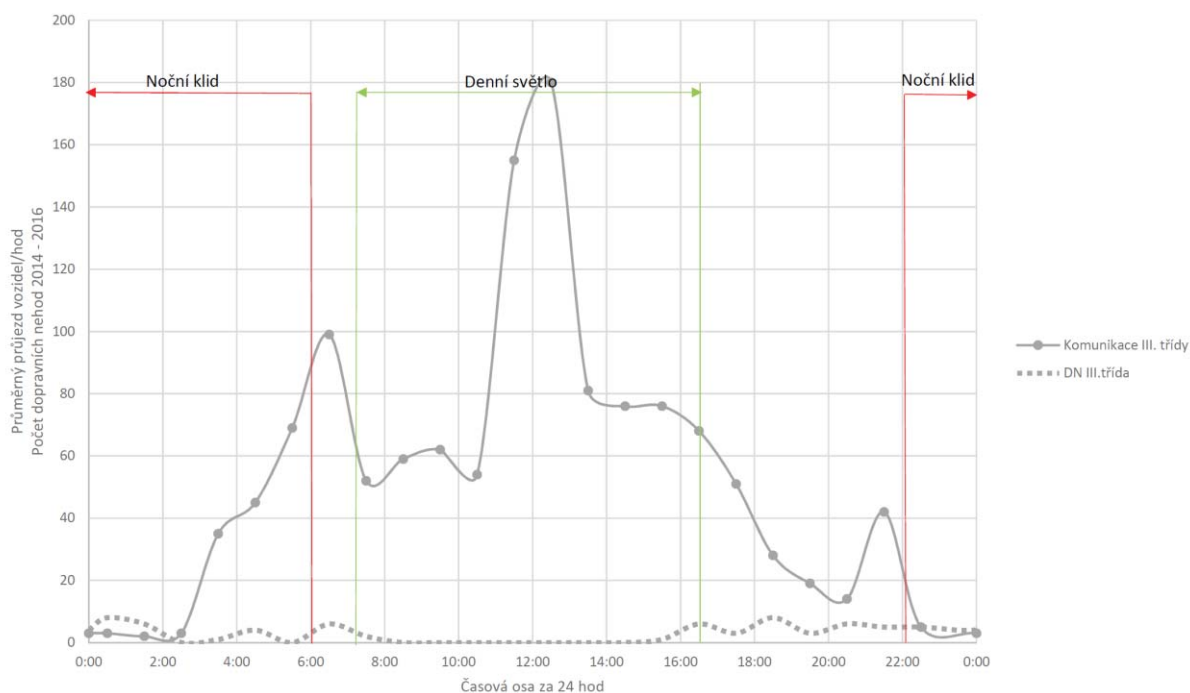
Obr.2 Komunikace I. třídy graf průběhu časové osy

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



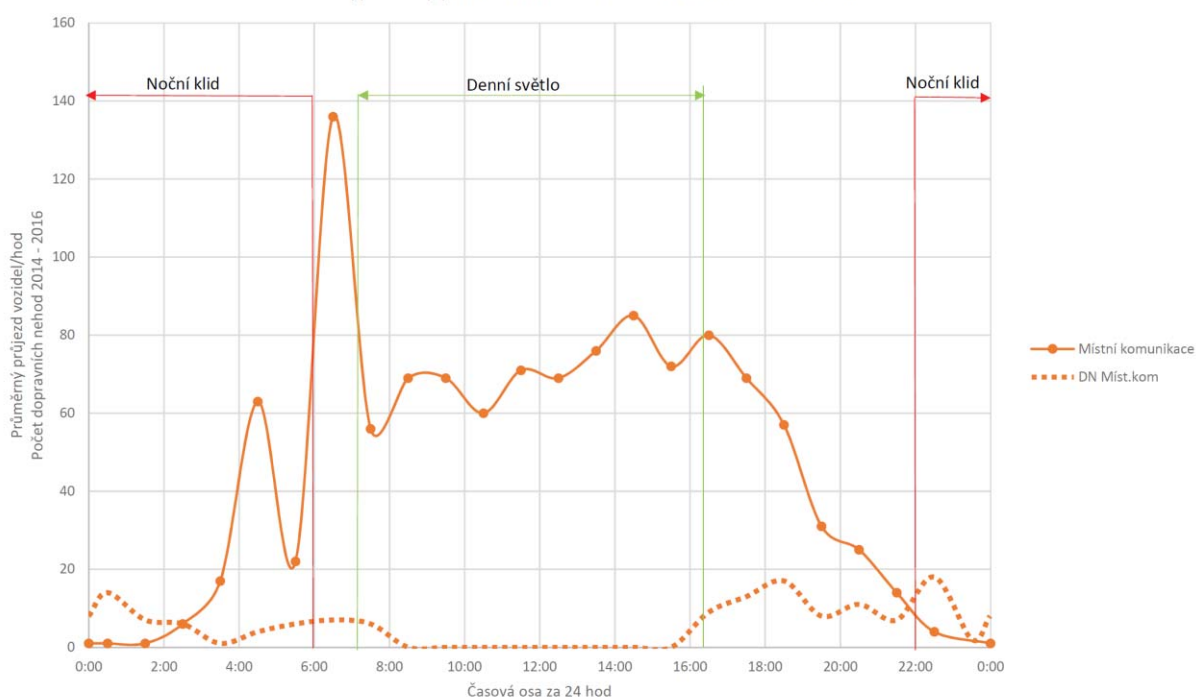
Obr.3 Komunikace II. třídy graf průběhu časové osy

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.

Poděkování:

Článek a výzkum vznikl na základě podpory VI20172019071.



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Eclairage
Internationale Beleuchtungskommission

PO172

**SMART POLYGON AT VSB - TU OSTRAVA 24 H/DAY
USING OF PUBLIC LIGHTING NET**

Tomas Novak et al.

DOI 10.25039/x46.2019.PO172

from

CIE x046:2019

Proceedings
of the

29th CIE SESSION

Washington D.C., USA, June 14 – 22, 2019

(DOI 10.25039/x46.2019)

The paper has been presented at the 29th CIE Session, Washington D.C., USA, June 14-22, 2019. It has not been peer-reviewed by CIE.

© CIE 2019

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from CIE Central Bureau at the address below. Any mention of organizations or products does not imply endorsement by the CIE.

This paper is made available open access for individual use. However, in all other cases all rights are reserved unless explicit permission is sought from and given by the CIE.

CIE Central Bureau
Babenbergerstrasse 9
A-1010 Vienna
Austria
Tel.: +43 1 714 3187
e-mail: ciecb@cie.co.at
www.cie.co.at

SMART POLYGON AT VSB - TU OSTRAVA 24 H/DAY USING OF PUBLIC LIGHTING NET

Tomáš Novák, Lukáš Šoustek, Radek Martinek, Jan Látal, Karel Sokanský, Radim Kunčický, Lumír Kunčický, Jan Baroš

Department of Cybernetics and Biomedical Engineering, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, VSB–Technical University of Ostrava, Ostrava, CZECH REPUBLIC

tomas.novak1@vsb.cz, lukas.soustek@vsb.cz, radek.martinek@vsb.cz, jan.latal@vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz, kun0009@vsb.cz, lumir.kuncicky@vsb.cz, jan.baros@vsb.cz

DOI 10.25039/x46.2019.PO172

Abstract

Article is focused on describing philosophy and potential of public lighting network on testing polygon University of Báňská. The main idea is using continuous 24h electric power (at this time public lighting use average 12h of lighting) for extension functionality of public lighting network using idea of “smart city”. The project on which the article is based is focused on testing of light and technical parameters and on implementation of “smart devices” within renewal of the existing city lighting system.

Keywords: Public lighting (PL), Wireless communication using light (Broadband light)

1 Introduction

Sometimes we are thinking of how it will be living in the future, using newest technologies and inventions the world offers us. How it will be walking down the street and having wireless network internet connection available literally at every corner, when my mobile phone or electric scooter discharge I am able to charge it back easily plugging it in the socket on public street light, of course after logging on my ID or payment card. When I take my kids to the playground in the park, I know that they are safe and I am able to leave them alone for a while because camera safety system supervise them with function of analyse potential emergency speeches. Similar road traffic, if I will drive throw the city using shared electric car, the car itself will automatically inform me not only about what is happening on road before me but also about unpredictable behaviour of every single car before me (emergency braking / evasive manoeuvre) and automatically change speed with regard to the surrounding conditions. For those which don't like street light shining at night time, this problem solved automatic regulation of light intensity, when empty street can shine on minimal environment friendly value or can be turned off, when car drive throw the street or when the man walk in lights can turn on only at the nearest area of the moving object, not all the street.

On these and many others project are now working scientists of University of Báňská, technical university of Ostrava. Within the project Test polygon Broadband light on parking of Faculty of Electrical Engineering and Computer Science they are testing possibilities of potential of street light network for inclusion in the concept of “smart city”

2 Basic philosophy of polygon

Utilization of PN 24h a day (unlike actual approximately 12h) and the possibility of power up additional devices / sources using PN.

- Camera safety systems
- Possibility of using PN for data transfer (high speed data connectivity in area of all PN - Broadband over Powerline Communication)
- Possibility of dynamic light intensity control with demand of actual road traffic based on camera system
- Connection and complex using IP camera system as part of security system in city

- The readiness of the public lighting network for realization of „smart city“ concept, car to car communications,...

Public street light polygon is built on university ground. Parts of polygon are 10 public street light poles which provide lighting on 3 types of road (one sided, bilateral, alternating, crosswalk and two separate light points). The entire network is controlled by optical fiber communication, mobile data communication and communication using power line.

The network is opened not only for different light sources but also for different communication and safety technologies.

3 Polygon equipment

The polygon is equipped with luminaires Naica, R2L2, Teceo. These LED luminaires are equipped with regulated ballast devices. The parking is illuminated with 3 pieces of Boos Naica, 6 pieces of Thorn R2L2, 5 pieces of Artechnic-SchrederTeceo and 2 pieces of crosswalk lights Artechnic-SchrederTeceo. Figure. 1. Another two lights are situated in the upper corner of parking. These luminaires are used for testing new functionalities and they are developed with cooperation of VŠB-TUO.

Lighting system with lights Naica is designed as one sided. System with lights Thorn as bilateral and system with lights Teceo as alternating (there are only 3 lamps). Original lighting system, which was on parking to the end of March 2018 was realised by Thorn Riviera. Comparing parameters of the new and old lighting system especially efficiency and power consumption clearly shows benefits of LED lighting system Tab.1.

Table 1 –Technical description of luminaires installed on polygon Broadband light

Quantitative and qualitative parameters	Luminaire			
	Naica (Boss)	R2L2 (Thorn)	Teceo (Schreder)	Riviera (Thorn)
Luminous flux Φ (lm)	20640	11706	15410	11270
Power P (W)	167	91	124	170
Specific power la. η ($\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$)	124	128	124	66
Efficiency (%)	86	-	86	64,4
Ra (-)	70	70	70	25
Tc (K)	4000	4000	4000	2000
T (h)	100000	100000	100000	32000
IP (optics/la.)	66/66	66/66	66/66	66/44
IK (-)	10	8	8	7
Protection class (-)	1	1	1 (2)	2



Figure 1 – Demonstration of sections with installed lights of individual companies on the polygon Broadband light

Individual luminaire spacing Naica, R2L2 and Teceo were by norm ČSN EN 13201- 2 placed to the highest class of lighting M1. Relevant parameters determining a particular lighting class were deliberately selected as the highest, in order to dim the test polygon. Dimming will be performed on lighting classes M2, M3, P1 and others to demonstrate energy savings and testing of the control system used. The regulation of light intensity consider with the maximum safety on the communication.

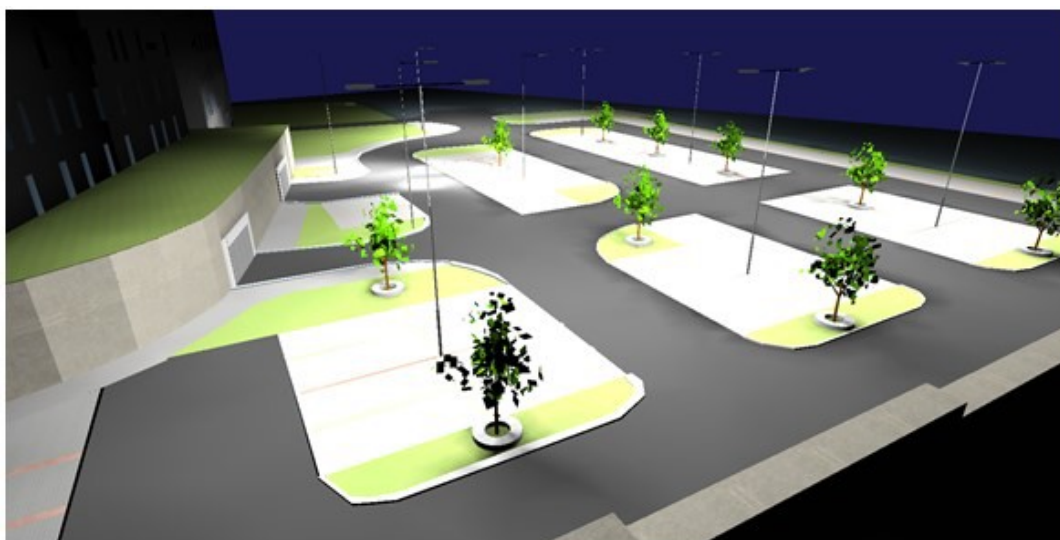


Figure 2 – Light technical model of polygon Broadband light

During polygon construction was made complex lighting and technical calculations [2]. They were made in Relux Pro application. Also was made complex lighting and technical model of polygon of faculty Electronic and Computer science University of Banská, which takes into

account all surface reflectance Figure.2. Model will be used for correlation of each states during lighting system control with real measured situations.

3.1 Broadband light LED driver

BroadbandLIGHT LED driver based on Ethernet communication standard allows the technology to enter real operation, respectively allow remote regulation and lighting management of all power classes based on Ethernet standard and protocol of application layer MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), this ensure connection of device using existing power line (transfer technology of OFDM) and allow electronic communication data transfer using light intensity in the visible range of radiation(back data transfer in IR spectre or using unlicensed radio frequency RF band 2.402 to 2.480 GHz)

3.2 Power LED modulator based on Bias-T

Power LED modulator based on bias T is constructed for target operating point values of $IDC_{max} = 1A$ and $UDC_{max} = 150V$ with lowest frequency $f_{min}=2$ MHz and at the same time minimal bandwidth $B = 100MHz$. These parameters of bias T allows deployment of chipset technology BPL working in frequency band 2 to 34MHz, this enable transfer speed of 100Mbps (OFDM 16/64-QAM). Bias T power LED modulator using this construction allow transfer of information using visible light spectre at real LED lamps from all power classes.

3.3 Electric quality measurement

Electric power quality measurement is based on virtual instrumentation. The base idea of developer device is to measure and analyse electric energy quality using norms ČSN EN 50160 and ČSN EN 61000. Measurement system itself consist of chassis NI cDAQ-9185, universal voltage measurement card NI-9205, current to voltage converters CVC-25/12.5 and voltage to voltage isolation converters VVC-600/300 Figure.3. Outputs of these converters are connected to input of measurement card and as next step are these data processed using virtual measurement device with regard to the above mentioned standards.

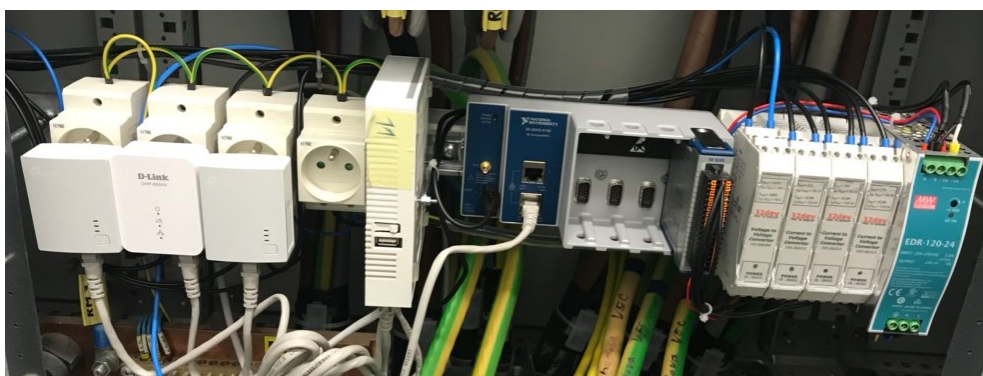


Figure 3 – Measurement system realization

4 Polygon management system

It is a real implementation of the whole technological unit BroadbandLIGHT at the testing polygon of the Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, VŠB-TUO, within the registered pilot plant with name Controlling system based on wide band communication using light including smart technologies Figure.4. An integral part of the pilot plant is the deployment of unique control software, which was officially registered under the name of Software for remote control of luminaires based on wideband communication Broadband^{LIGHT}.



Figure 4 – Actual state of Broadband light technology

4.1 Software for lamp remote control

Luminaire remote control software is based on wide band communication Broadband light [4].

All of BroadbandLIGHT's key capabilities and features are based on the MQTT protocol, and the control applications here form a separate and independent layer separate from the information transfer. This solution enables centralized management within the web environment using server-side and browser-side technology. Applications are structured according to multilayer architecture, where backend systems are separated (Redis, SQL database, MQTT - ASGI and MQTT - DALI over TCP) Figure.5. The control application itself works in the environment of Apache, Nginx, Daphne, and presentation layer of ISO / OSI (Websocket, Apache, browser). Such a solution provides a very good division of the individual functional parts both in terms of security and in terms of functionality and data distribution over the entire BroadbandLIGHT system [1] Figure.6, Figure.7.

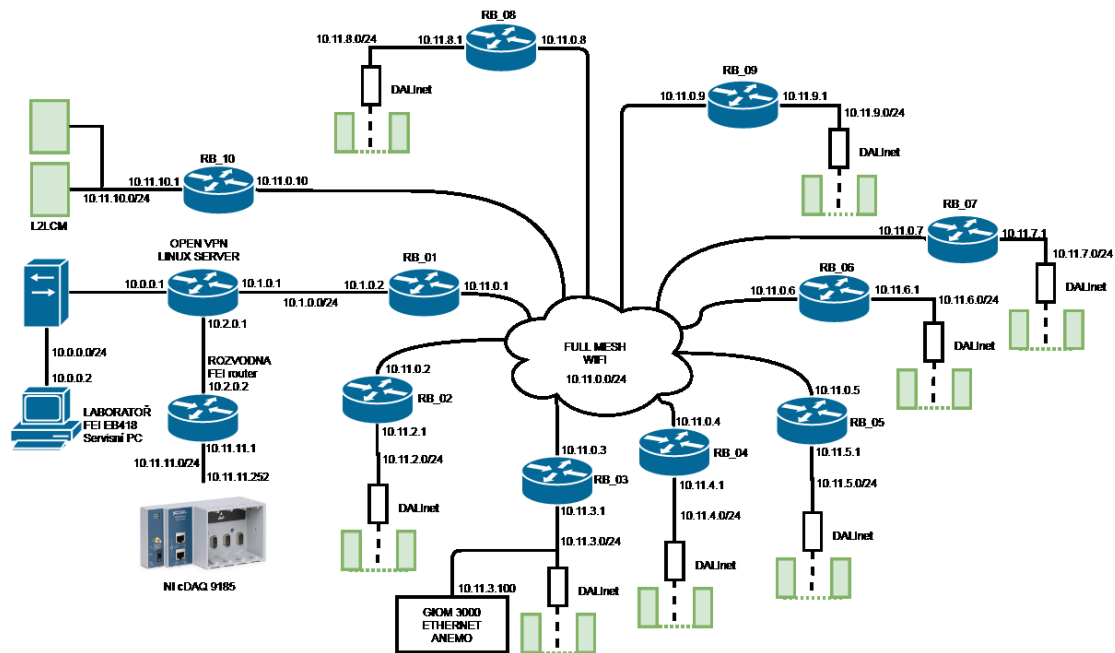


Figure 5 – Polygon data communication topology

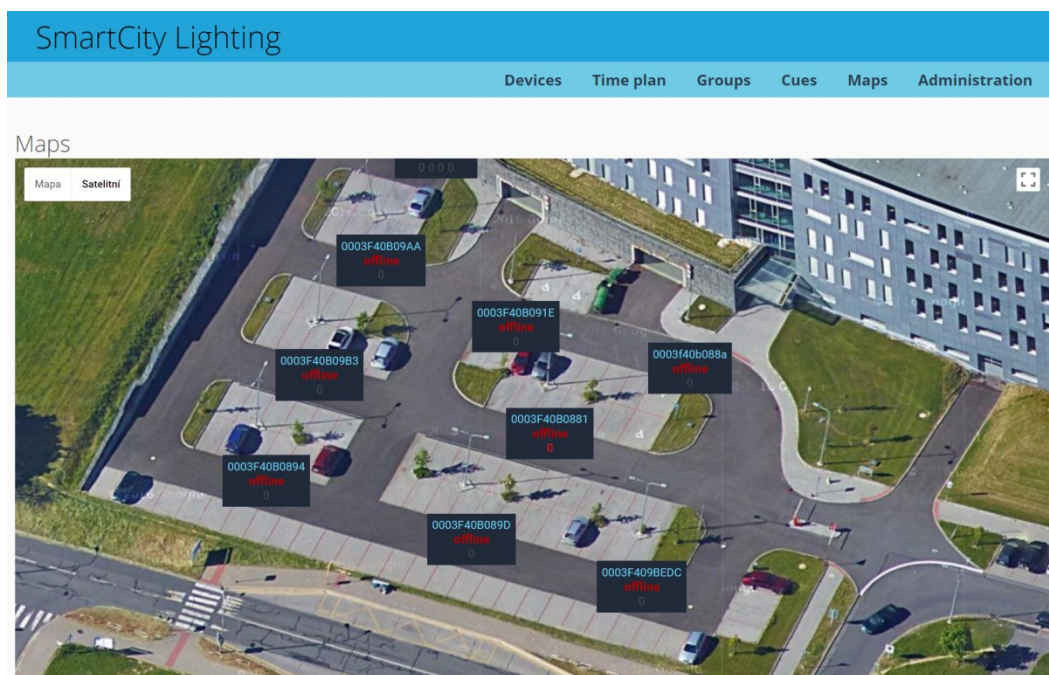


Figure 6 – Initial window of software for control of test polygon showing actual status of luminaires

Measurements statistics:

Type	Count	Average	Minimum	Maximum
Illuminance	1659	220.23lux	0.00lux	2682.68lux
Humidity	359	29.87%	18.72%	38.09%
Uptime	136592	2760.64min	1.00min	9916.00min
Temperature	359	27.28°C	17.52°C	41.87°C

Last measured values

Temperature	41.8700	°C	March 22, 2018, 2:52 p.m.
Humidity	18.7200	%	March 22, 2018, 2:52 p.m.
Illuminance	516.1700	lux	April 6, 2018, 7:58 a.m.
Uptime	6.0000	min	April 6, 2018, 7:58 a.m.

Figure 7 – Detailed information about actual state of polygon including statistics

4.2 Software for central management of polygon and “smart” devices

Software for centralized remote control of individual technologies falling into category of SMART [3].

The primary goal of the developed application is to implement of components from different manufacturers (National Instruments, AXIS, Dahua, own production) into one comprehensive control application. It is designed for long-term measurement, control and monitoring of the BroadbandLIGHT test polygon Figure.8. The application architecture mainly includes a producer-consumer plugin solution for easy extensibility and overall application modularity. The plugins include the official NI DAQmx toolkits, the Electrical Power Quality toolkit, the NI Adaptive Filter toolkit, the DAQ.io MQTT toolkit, and our own library of functions for communicating between individual plugins.



Figure 8 – Look on control centre for polygon Broadband light

The application as its main part contains measurement and calculation of electric power quality based on ČSN EN 50160 standard. Between parameters which are calculated fall mainly harmonic distortion, distortion of higher harmonic signals, measurement of long term and short term flicker and also aggregation of measured and calculated data, calculating average value for some time period and sending data to file for storing on disc.

Plugin of smart devices you can see on Figure.9 and Figure.10, where is meteorological station and camera system shown.

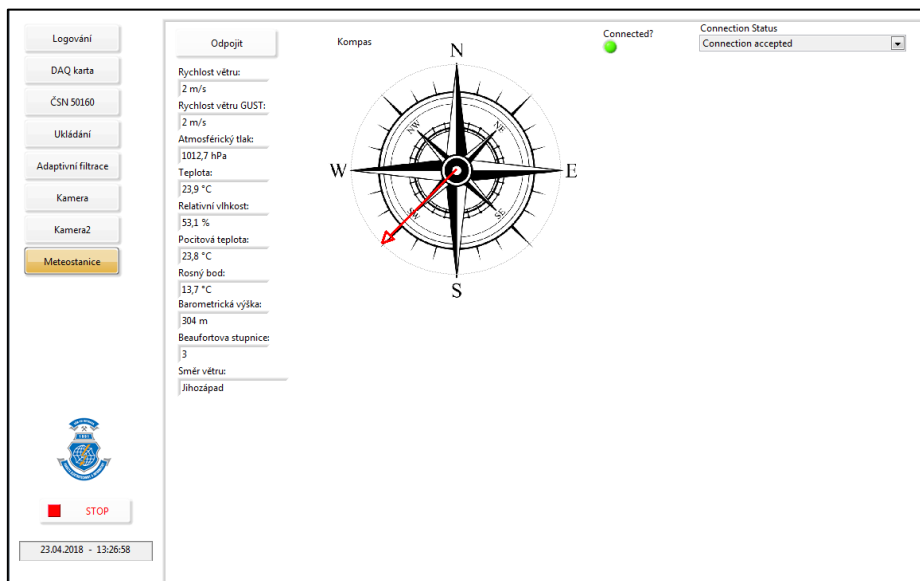


Figure 9 – Front panel with meteorological station plugin



Figure 10 – Front panel with camera system plugin

5 Another future activities

Using PL network as source of electric energy

- Installation of small photo voltaic electric station on PL pole, which can during day supply energy to meet the requirements of smart technologies

Extend polygon with display unit and dynamic active traffic signs

- Dynamic signs on PL can be effective in increasing traffic safety at night
- Display units can work as on-line delivery of important information's, possibly for advertising

Extending PL on possibility of smart charging

- Power sockets with tarification and online payment on lamp poles (max 4A – mobile phone, laptop or small electronic)
- Electro mobile cars charging near to main switchboard of PL

6 Conclusion

The project of test polygon Broadband light is actual fullyoperational, including the above described technologies that have been deployed and their functionality has been verified. Automatic lighting control of luminaires is provided by our own registered Software for remote control of luminaires based on wideband communication Broadband LIGHT. There was a comparative measurement of consumption, distortion of power supply and lighting parameters of the old installation (sodium lamps) and newly installed luminaires (LED) when all parameters have to significantly improved minimally 2x Tab.1. By comparing the parameters of the new LED luminaires, the Thorn R2L2 luminaire would be the best for the purpose of the City of Ostrava because of the lowest energy consumption of 91W at a still very good luminous flux of 11706lm (the best luminaire power of 128 lm / W⁻¹). Currently, the polygon Broadband light serves not only the city of Ostrava as a testing and comparative workplace of LED lighting fixtures but also as a training model for testing the light technical parameters for students and last but not least, for the development and testing of new "smart" technologies. Currently there are camera security systems, audio system, weather station and small charging station in the polygon network. In the coming time, the system will be upgraded by adding photovoltaic power station panels mounted to the top of PL poles, system of automatic lamplight parameters control using surrounding weather conditions and system for navigation of arriving cars to free parking places.

Thanks

On project polygon Broadband light cooperate:

- Ministry of Internal things of the Czech Republic – project – Analyse of visibility of road users in order to increase their safety at dusk and at night
- TAČR – project – PRESEED – Broadband for Smart City – Use of public lighting infrastructure to cover the urban area with Smart Technologies
- Ostrava Communicationsa.s. – technical support
- Czech society for lightingregional group Ostrava – project and financial support
- Zumbtobel group – delivery of luminaires
- ArtechnicSchröder - delivery of luminaires
- Boos lighting - delivery of luminaires
- MSV electronic – display unit
- Led2led – luminaire development
- AXIS communication –camera and audio system

References

- [1] ZHANG, Jun, Guifang QIAO, Guangming SONG, Hongtao SUN a Jian GE. 2013. Group decision making based autonomous control system for street lighting. *Measurement* [online].46(1), 108-116, DOI: 10.1016/j.measurement.2012.05.025. ISSN 02632241.
- [2] VINH, Quang Trinh, Tran Quoc KHANH, Hristo GANEV a Max WAGNER. 2014. Measurement and Modeling of the LED Light Source. *LED Lighting* [online]. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2014-11-28, s. 133-232. DOI: 10.1002/9783527670147.ch4. ISBN 9783527670147.
- [3] JIANG, Peng, Hongbo XIA, Zhiye HE a Zheming WANG. 2009. Design of a Water Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks. *Sensors* [online].9(8), 6411-6434. DOI: 10.3390/s90806411. ISSN 1424-8220.
- [4] NIPPUN KUMAAR, A.A, G KIRAN a TSB SUDARSHAN. 2010. Intelligent Lighting System Using Wireless Sensor Networks. *International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing* [online].1(4), 17-27. DOI: 10.5121/ijasuc.2010.1402. ISSN 09761764.



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Eclairage
Internationale Beleuchtungskommission

PO171

**MODELLING OF LARGE LIGHT SOURCES RADIATION TO
THE UPPER HEMISPHERE – OBTRUSIVE LIGHT**

Tomas Novak et al.

DOI 10.25039/x46.2019.PO171

from

CIE x046:2019

**Proceedings
of the**

29th CIE SESSION

Washington D.C., USA, June 14 – 22, 2019

(DOI 10.25039/x46.2019)

The paper has been presented at the 29th CIE Session, Washington D.C., USA, June 14-22, 2019. It has not been peer-reviewed by CIE.

© CIE 2019

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from CIE Central Bureau at the address below. Any mention of organizations or products does not imply endorsement by the CIE.

This paper is made available open access for individual use. However, in all other cases all rights are reserved unless explicit permission is sought from and given by the CIE.

CIE Central Bureau
Babenbergerstrasse 9
A-1010 Vienna
Austria
Tel.: +43 1 714 3187
e-mail: ciecb@cie.co.at
www.cie.co.at

MODELLING OF LARGE LIGHT SOURCES RADIATION TO THE UPPER HEMISPHERE – OBTRUSIVE LIGHT

Novak, T.¹, Gasparovsky, D.², Becak, P.³, Sokansky, K.⁴

^{1,3,4}VSB-TUO Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Ostrava, CZECH REPUBLIC,

²Slovak University of Technology, Bratislava, SLOVAKIA,

tomas.novak1@vsb.cz

DOI 10.25039/x46.2019.PO171

Abstract

This article describes one possible way of conducting evaluation of lighting system in aspect of influence of emitted luminous flux on outdoor environment in upper hemisphere. It is focused on modelling, evaluation and limitations of obtrusive light on practical/everyday examples and applications. Nowadays information and discussions stimulated research to find “simple” model of radiation of luminous flux to the upper hemisphere. It means that the model will evaluate luminous flux (direct and reflected) not only generally, but to the affected directions too. The contribution describes how the model works. There is description of basic calculations of luminous flux radiation characteristic. Last parts of contribution try to show example of real town lighting systems. Modelled example shows calculations of different lighting system like public lighting, billboards, windows and cars separately.

Keywords: Software Goniophotometer, Obtrusive Light, Public Lighting, Billboards, Windows, Headlamps, Luminous Flux, Radiation, Upper Hemisphere

1 Public lighting and related, currently discussed topics

Recently there has been a lot of media coverage related to obtrusive light viewed not only from quantitative and qualitative points of view. The above mentioned information usually come from astronomers, doctors and biologists recommendations who do not have any feedback on quantification of luminous flux outdoors [1,2]. Information presented in such a way often give the impression that outdoor lighting (mainly public lighting) is an unwanted phenomena which causes many lifestyle diseases. De-facto people usually disapprove with outdoor lighting at night ignoring its main purpose - which is a transfer of information to the brain in the best possible quality and highest possible speed, so that safety of people in a given illuminated area is ensured by visual perception.

Usually it is public lighting that is spoken about unfavourably, but other sources of obtrusive light are being forgotten. Such studies completely ignore standards as well as the fact that, even in the worst acceptable cases in city centres the limit of vertical illumination is 5 lx on the outside of a window [3]. If we take transmittance of the window, thin curtains and the distance of the eye from the window into account we get at most a half of the limit inside of the room, which means that astronomers prefer star visibility to human safety. Biologists claim that some organisms, such as insects for example, are more sensitive to shortwave radiation. Surely biologists are not keen on public lighting with colder sources, because apart from increasing human safety they also attract insects. Doctors, in turn, warn against the danger of blue part of spectrum in lighting systems in spite of researches which suggest that affecting the formation of the sleep hormone melatonin can only be achieved at high light levels, even at relatively short hourly exposures, as has been found in the past. Illumination levels up to 30 lx at any color of standard light do not have any effect on leaching of sleep hormone even at about an hour long exposures. [4]

The following figure shows the dynamics of lighting in our immediate surroundings during the day. Since receptors in human body respond to differences (not absolute values), it is necessary to evaluate the disturbing light in the night hours in relation to the lack of daylight. Insufficient leaching of sleep hormone is not treated with greater darkness at night, but with higher daytime illumination.

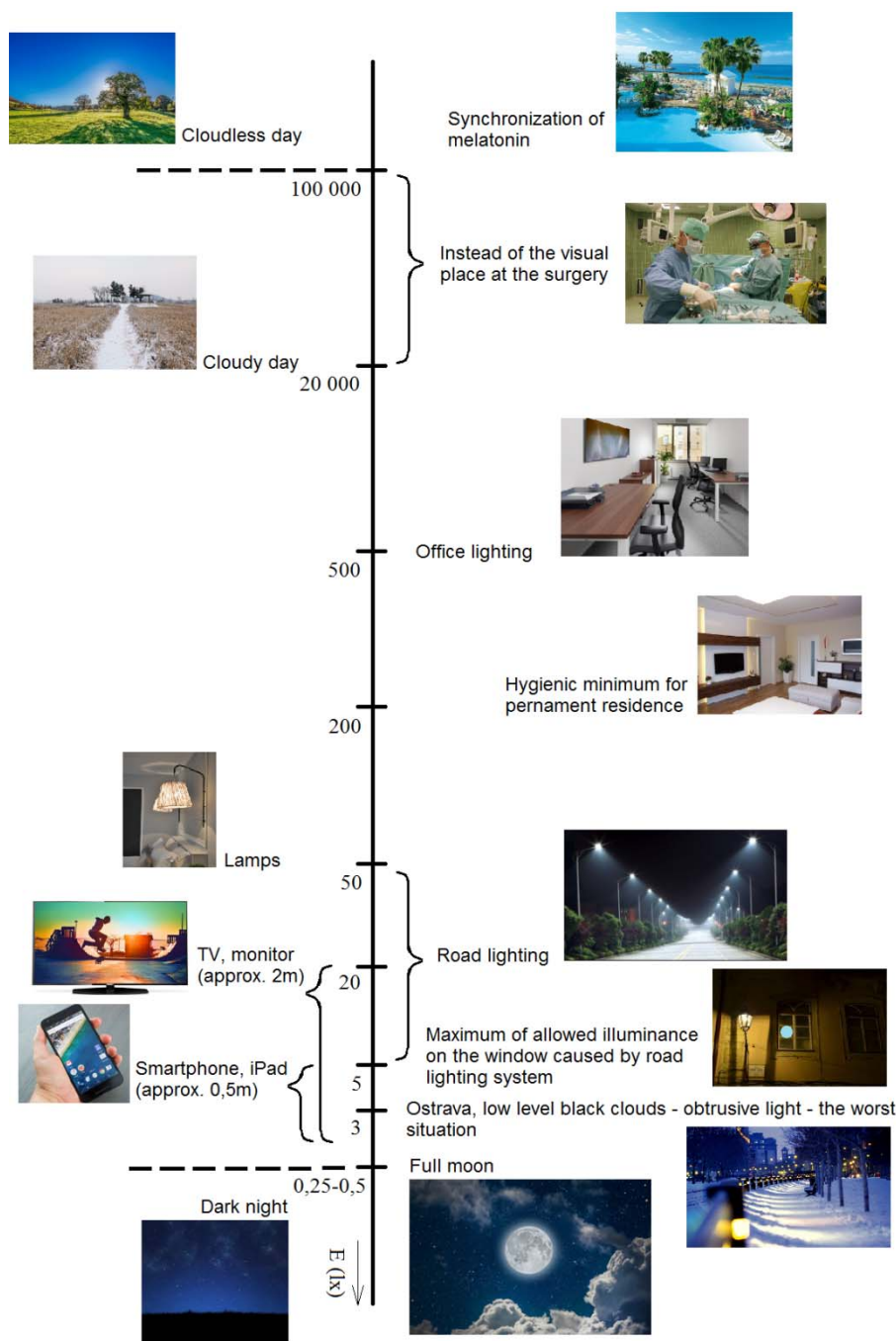


Figure 1 – Illuminance level in our neighborhood

If we talk about the so-called harmfulness in the sense of increased sky brightness it is necessary to take into account that the dispersion of radiation in the atmosphere depends indirectly on the fourth power of the wavelength - therefore the sky is blue (day and night). If the atmosphere is clean (free of dust and water particles), the radiation generated by ground sources shines into space and the sky brightness hardly increases at all (the stars are visible) and the reflected light component is almost unmeasurable (mlx units). Thus, cloudiness and smog in particular contribute to the increased sky brightness in terms of higher reflected light intensities. Smog particles and vapours are significantly larger than the air molecules, so it is not possible to apply Rayleigh's theory to light scattering on these particles. The light scattering on these components will be similar in all visible spectrum components. However, we are still talking about 0,5 lx in the "affected" industrial areas. For the worst snow and snow cover conditions in industrial areas, horizontal illumination of up to 3 lx can be expected. And

we can compare the EN 12464-2 table shows normative requirements for obtrusive light size according to the environmental characteristics. [3]

1.1 The purpose of public lighting and its future

Public lighting is a public service designed to increase safety, that is, it is designed to ensure the transfer of information to the brain. The rate of information transmission to the brain at optimal light conditions attacks the boundary of about 2,5 Mbps. Dependence is not linear, and the rate of transmission begins to drop dramatically below an illuminance value of about 500 lx. Minimum requirements for internal illuminance levels are set at these levels. This means that the ratio of bit rate and electrical power consumption is acceptable. At lower illuminance values, the transmission speed slows down dramatically. In the field of public lighting, any reduction in illuminance (luminance) significantly reduces the transmission rate of information to the brain through vision. In connection with safety, transmission speed, or driver reaction times, it is necessary to point out that normative requirements are, like all standards, an acceptable minimum and not an attempt to limit the parameters of public lighting by authorities.

Since safety is directly related to the transmission of information, it is necessary to look for lighting conditions that will maximize this security. Public lighting occurs between daytime (photopic) and nighttime (scotopic) vision and is provided by two types of photoreceptors providing visual perception. Suppositories are dominantly distributed in the eye axis and provide axial vision, and rods, due to their distribution outside the eye axis, significantly increase the possibility of orientation through peripheral vision. Due to the fact that the maximum rod sensitivity is shifted to shorter wavelengths (507 nm), the visual error at low adaptation brightness and higher content of the shortwave component in the radiated spectrum is reduced and the road safety is increased. [4] Some may argue that the cooler colour of light is not, in combination with visual perception, aesthetically pleasing, but the priority of public lighting, especially when illuminating roads with low adaptation luminance and thus dark surroundings, is quite clear. There is no problem with the choice of warmer shades of light in city centres, which especially affect the visual comfort and people feel better in a similar way to home lighting and public areas where visual comfort is emphasized.

This means that ordering people what colour the light should be, limiting the replacement colour temperature, and limiting illuminance and luminance can lead to a reduction of safety when lighting darker, or confusing areas. It should also be noted that limiting the colour temperature would bring us to a standstill and would also block the creation of colour contrast when lighting pedestrian crossings, or bridges.

Another pressure made to limit public lighting is the strict prohibition of direct radiation to the upper half-space, respectively the order to install flat-glass luminaires and prohibition of their tilting. From a physical point of view, it is important to realize that a public lighting luminaire must radiate the dominant part of the luminous flux to the sides. This luminous flux must pass through an optical cover that provides both coverage and maintenance access to the luminaire. In the "preferred" flat glass, the beam must get through a significantly thicker glass than that of the convex glass which reduces efficiency of the luminaire. At large angles, the beams are reflected back into the luminaire and not on the road. It can be assumed that when the development of LEDs is finished, the manufacturers, in the context of the competition and increasing the efficiency of lighting systems, will use convex optical covers again, as these are more effective even in the case when a minor part of the light is radiated directly into the upper half-space (less than 1 %). Conversely, this flow (luminance of the luminaire) can be used advantageously for blind communications as a significant guidance element. It is also necessary to point out that the dominant part of the luminous flux that is emitted to the upper half-space from a public lighting system is not direct but reflected. It is up to about 20 % of the total radiated luminous flux from lighting systems according to the type and reflectivity of the road and its surroundings. On the contrary, the direct luminous flux generated into the upper half-space is a luminous flux from skylights, windows, billboards, cars, etc., as the results of measuring in the past showed. [5,6]

2 Historical measuring of the share of public lighting of obtrusive light

As mentioned above in [5,6] it is possible to draw conclusions from the measurement of switching off public lighting that at the beginning of the night the public lighting contributes to the luminous flux to the upper half-space by approx. 50 %.

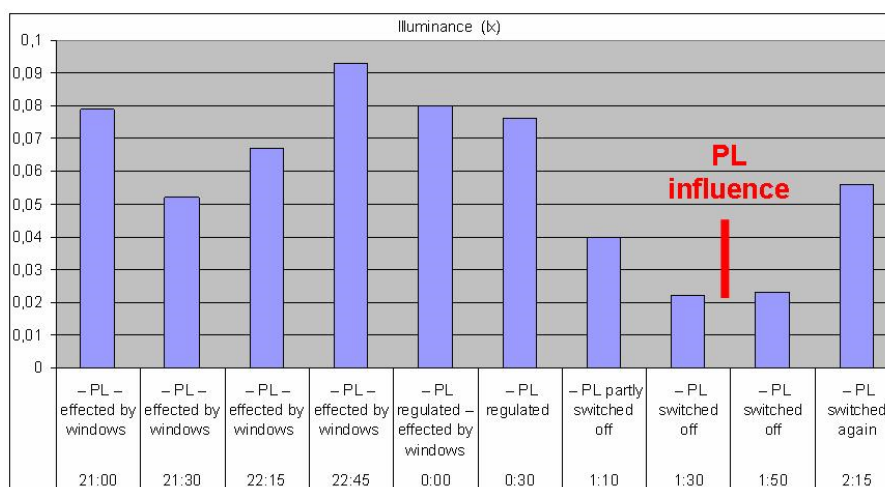


Figure 2 – Graph with measured illuminances in the centre of Liberec (city of the district) [5]

From the measurement results that PL in the big cities in the Czech Republic generate luminous flux to the upper hemisphere which increase sky luminances approximately about one third. With decreasing of the citizens numbers or decreasing of the part of industrial and shopping zones in the populated areas this part increasing. In the small villages is the part growing up and during the night can be up to 100%.

Except expecting reflecting character variability of the night sky together with atmospheric conditions is during starting hours of the night showed strong influence of the windows in the residential sections on the sky luminances increasing. [5]

2.1 Dynamics of night lighting in Ostrava

From the point of view of the dynamics of the night sky, it is important to realize that the values of the horizontal illumination on an evenly cloudy sky are only in the values of lux units. [6]

Measured horizontal illuminance limit values at night:

- a clear moonless night - 0,001 lx
- minimum value measured in Ostrava – clear sky - 0,02 lx
- maximum value measured in Ostrava – snow cover with heavy snowfall – 3 lx

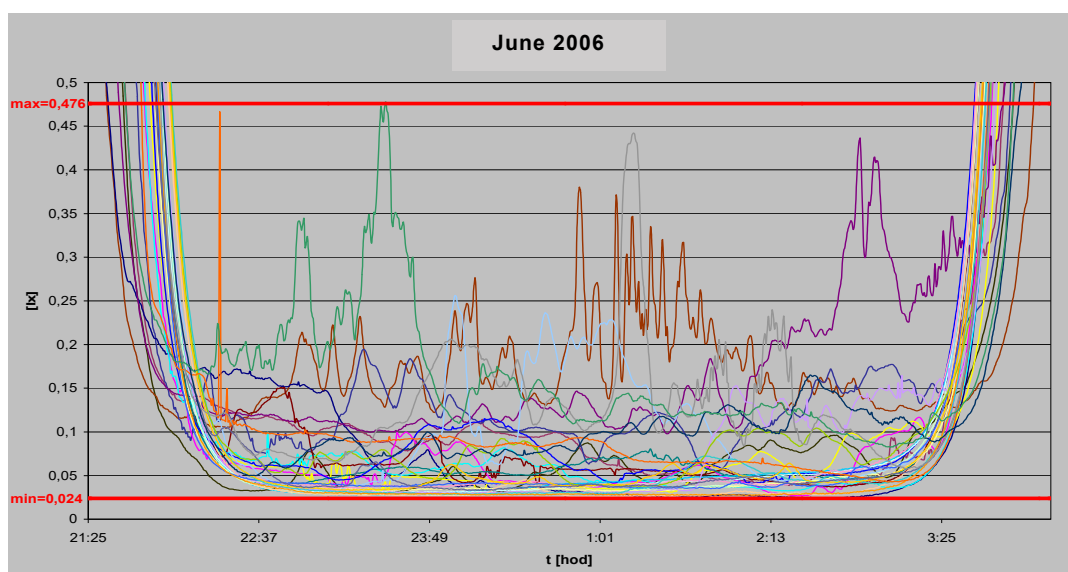


Figure 3 – Dependencies of night illuminance on time – June 2006 [6]

3 Modeling of obtrusive light using a software goniophotometer

This part of the article is description of the software goniophotometer possibilities. It will show modelling of the luminous flux in upper hemisphere generated by outdoor light sources. The model was prepared because of necessity to predict behaviour of lighting systems from the point of view obtrusive light. Until this time it was possible to do only some partial short or long term measurements mentioned above.

The Kolarikovo housing estate located in Frydek-Mistek was deliberately chosen for modeling because there is a large amount of lighting system with high-pressure sodium lamps in the shape of a sphere, which radiate a large proportion of their luminous flux into the upper half-space. Therefore, we can say that this housing estate is a very bad example, because it contains a large number of unsuitable luminaires contributing significantly to the amount of disturbing light and the associated increased sky brightness. Obtrusive light cannot be completely prevented, but its effects can be greatly reduced by effective lighting. Only luminaires and lighting systems that do not directly radiate into the upper half-frame should be installed. Obtrusive light is not caused only by public lighting, but also by architectural lighting of buildings, illuminated signs (billboards), lighting of sports facilities and parking lots. It is also the light that escapes from interiors of high-rise buildings and residential buildings, as well as the light from car headlights. In general, all artificial lighting, not just public lighting, is a negative phenomenon and nowadays is a "thorn in astronomers and environmentalists side". Therefore, it is necessary to verify all sources of obtrusive light and point out the fact that its magnitude is not caused only by public lighting.

Therefore the goal of modelling is to quantify several sources of disturbing light. First, the original HPS lighting system of public lighting then the replacement of this system by LED lighting system. Furthermore, the proportion of obtrusive light from windows, billboards and car headlamps should be quantified.

3.1 Function of software goniophotometer

Upgrade of software enable to insert calculation grid in sphere shape. Each calculated point describe normal illuminance in direction to the middle of sphere. This system duplicate function of the real goniophotometer. Principal of the goniophotometer is in possibility to measure luminous intensity in different levels and in different angles. It can be to interpret by sphere with calculation grid. The software goniophotometer duplicates this function only with difference, that is possible insert LDT file of luminaire or city LDT file with unbounded size. New possibility is option to choose density of calculation grid in angle step according standard used levels for luminaire measurement in C, γ planes. For correct calculation it is necessary to take each object as simple point source. It means that object has insignificant dimensions

against distance of point which is calculated. In praxis is this ratio requested higher than 5 so as light source was taken as simple point source. Figure 4 shows situation of simple point source (model of blocks of flats) regarding to calculation grid of the software goniophotometer. When the longest distance of model is 625 m, then diameter of calculation points is 5000 m. The distance is longer than requirement and that it is why the calculation fulfill needed condition. [7]

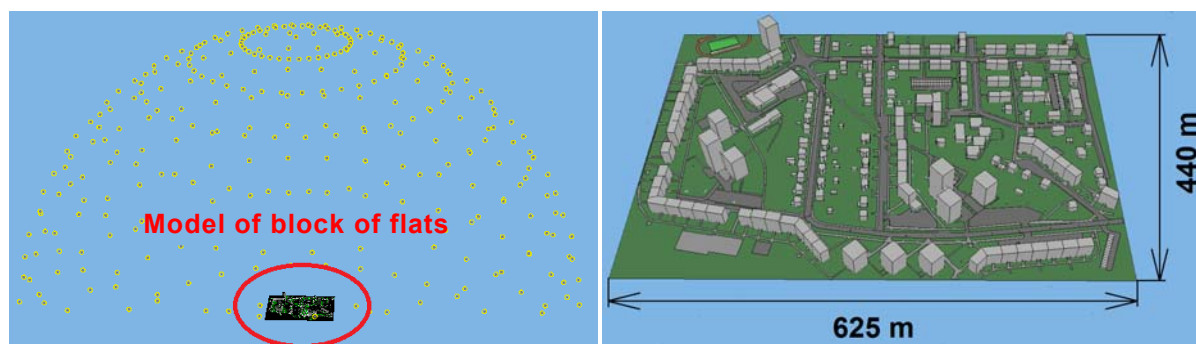


Figure 4 – Model of blocks of flats placed under the software goniophotometer

Software is working on basis of inverse square law (1). It means that each calculation point of the grid represented normal illuminance and after it is converted to luminous intensity in solved direction. Output is final luminous intensity distribution for whole calculated lighting system, which is possible exported to the LDT file. All calculations were done with maintenance factor 1. It represent the worst case of the obtrusive light level. [7]

$$E = \frac{I}{l^2} \quad (1)$$

where

- E Illuminance (lx);
- I Luminous intensity (cd);
- l Distance (m).

3.2 The district with blocks of flats Kolarikovo description

Basis for model is part of town Frydek-Mistek with roads and build up area. The district is placed on GPS coordinates 49°40'30.4"N 18°20'03.6"E. Build up area is generally formed by blocks of flats and family houses. All surfaces like roads, houses and green spaces are described by their average reflectivity. Specification of it is in table 1.

Table 1 – Objects parameters calculated in model

Objects	Count (pcs)	Surface (m ²)	Reflectivity (%)
Buildings	170	-	30
Roads and parking places	-	50 000	10
Footpaths	-	11 000	20
Grass	-	137 000	10
HPS luminaires	192	-	-
LED luminaires	141	-	-
Cars - headlamps	20	-	-
Billboards	20	-	-
Windows	217	-	-

The HPS lighting system was inserted into the model by means of individual LDT file of the luminaire on the given position based on the dwg file, by means of which we also inserted buildings, roads, grassed areas, etc. The model features 192 luminaires, 94 of which are ball-shaped luminaires that radiate 50 % of the luminous flux into the upper half-space. The next step was to replace this outdated system of public lighting for a modern LED. The replacement was based on the luminous flux into the lower half-space of the original lighting system. There are 141 luminaires in this newly created system, that do not emit any amount of luminous flux into the upper half-space. Other sources of obtrusive light entering the calculation are windows and billboards. These models were created on the basis of luminance analysis of several samples and LDT file were created using the band-factor method with respect to the cosine radiation characteristic. 217 windows were placed randomly on the building's facades. The same was done for billboards. As there are no illuminated billboards in the housing estate, 10 billboards respecting the brightness of $20 \text{ cd} \times \text{m}^{-2}$ and 10 billboards with a brightness of $50 \text{ cd} \times \text{m}^{-2}$ were inserted. As the last source of disturbing light there are cars that respect low beams. The radiation characteristics of the two headlamps were measured on a photometric bench and then recalculated together to allow the insertion of one LDT file defining 1 car. Even this recalculation, or merging of multiple LDT files, can be done by a software goniophotometer. 20 merged headlamps were placed randomly on roads across the entire housing estate model.






Obtrusive light represents a total luminous flux that spreads to the upper half-space and therefore increases sky brightness. It is formed by direct and indirect (reflected) luminous flux from the terrain and particular objects. The most important thing is the evaluation of the luminous flux that is distributed directly to the upper half-space by ULR, see equation 2 below:

$$ULR = \frac{ULOR}{ULOR + DLOR} \quad (2)$$

where


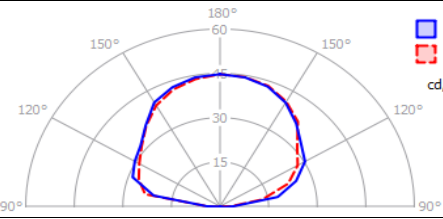
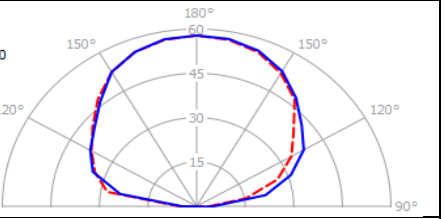

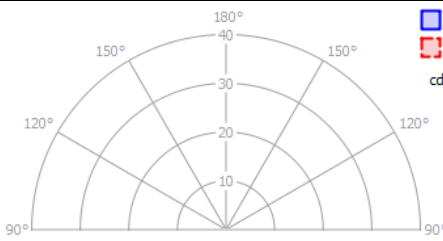
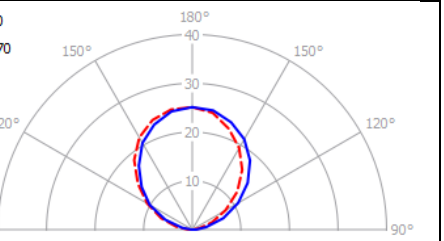

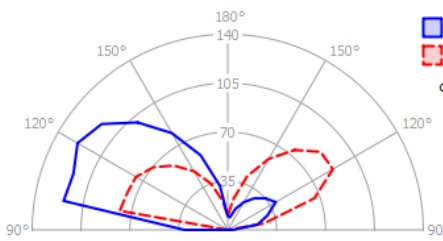
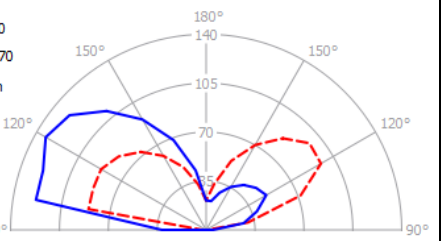

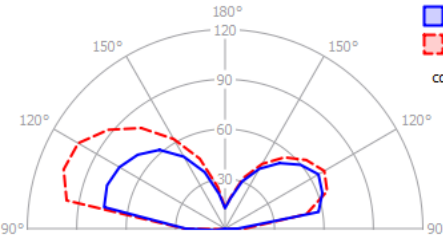
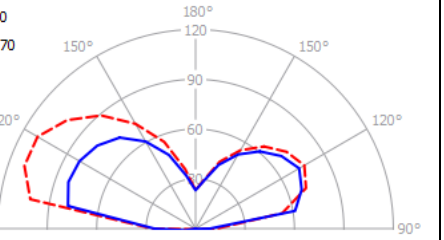

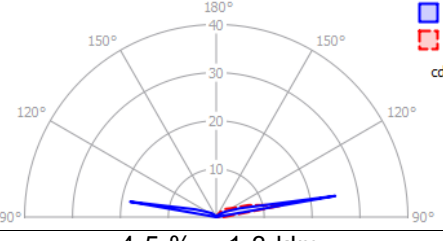
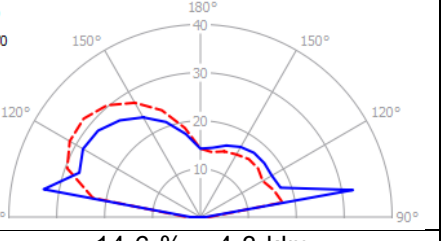
<i>ULR</i>	proportional direct luminous flux radiated to the top of the half-space;
<i>ULOR</i>	luminous flux radiated directly from the luminaire to the top of the half-space;
<i>DLOR</i>	luminous flux reflected from the surfaces of the surrounding objects;
<i>ULOR + DLOR</i>	total luminous flux radiated to the top of the half-space.

Table 2 – Parameters of obtrusive light sources in the model

Source of obtrusive light	System power (kW)	System luminous flux (klm)	ULOR (klm)	DLOR (klm)	ULOR + DLOR (klm)	ULOR + DLOR (%)
	16,8	846	143,8	48,2	192	22,7
	5,5	575	0	36,2	36,2	6,3
	-	102,4	39	5,4	44,4	43,4
	-	5,86	2	0,3	2,3	38,6
	-	29,4	1,3	3	4,3	14,6
Total values	-	1558,7	186,1	93,1	279,2	17,9

From the table it is apparent that by use of the LED lighting system we limit the input to 1/3 of the original lighting system with HPS. This results in a reduction in the overall luminous flux of the lighting system from 846 klm to 575 klm. If we look at the amount of luminous flux to the upper half-space, there is more than fivefold decrease from 192 klm to 36,2 klm. Importantly, in LED lighting systems, the luminous flux into the upper half-space only gets as a reflection of the road, grassy areas and building facades, as shown in Table 3, where we see the distribution curves of all sources of obtrusive light in the housing estate model. If we compare the LED system with the billboards system, it is clear that 20 billboards emit more disturbing light than 141 public lighting fixtures, specifically billboards emit 44,4 klm. We must not forget the radiation from windows and cars. 217 windows emit 2,3 klm and 20 cars 4,3 klm. All the radiation characteristics of the above-mentioned obtrusive light sources are shown in the following table. There is also quantified both direct and total luminous flux of lighting systems in both percent and luminous flux (klm).

Table 3 – Distribution curves of light sources into the upper half-space

Source of obtrusive light	Luminous intensity distribution included only direct luminous flux to the upper hemisphere	Luminous intensity distribution included direct and reflected luminous flux to the upper hemisphere
	 <p>17 % = 143,8 klm</p>	 <p>22,7 % = 192 klm</p>
	 <p>0 % = 0 klm</p>	 <p>6,3 % = 36,2 klm</p>
	 <p>38,1 % = 39 klm</p>	 <p>43,4 % = 44,4 klm</p>
	 <p>34 % = 2 klm</p>	 <p>38,6 % = 2,3 klm</p>
	 <p>4,5 % = 1,3 klm</p>	 <p>14,6 % = 4,3 klm</p>

Conclusion

From the above we can conclude that the luminous flux emitted to the upper half-space is not only from the lighting fixtures but also from other more or less important light sources. This article presents a relatively easy to use tool using which it is possible to quantify obtrusive light based on light-technical calculations. It is not only the calculation of the total luminous flux, but also the directional characteristics of entire cities (or lighting systems), which can be presented, for example, in the LDT file and then used, in addition to the aforementioned quantification, to calculate the flux spread in the atmosphere.

Acknowledgment

Work is partially supported by Grants SGS SP2019/143 - BroadbandLIGHT - Public Lighting in SMART City and VI20172019071 - Analysis of Visibility of Transport Infrastructure for Safety Increasing during Night, Sunrise and Sunset.

References

- [1] BRAINARD, G.C. 2001. Action Spectrum for Melatonin Regulation in Humans: Evidence for a Novel Circadian Photoreceptor. *Journal of Neuroscience.*, 21 (16), 6405-6412
- [2] STEVENS, R.G. 2014. Breast Cancer and Circadian Disruption From Electric Lighting in the Modern World. *CA Cancer Journal for Clinicians.*, 64 (3), 207-218
- [3] NOVAK, T. 2014. Classification of environmental zones in the Czech Republic. *Lighting Research and Technology.*, 46 (2), 93-100.
- [4] NAGARE, R. 2019. Effect of White Light Devoid of “Cyan” Spectrum Radiation on Nighttime Melatonin Suppression Over a 1-h Exposure Duration. *Journal of Biological Rhythms.*, 34 (2), 195-204.
- [5] NOVAK, T. 2010. Public lighting part measurement for night sky glare increasing before and after switching off big area (Liberec district in the Czech Republic). *Proceedings of the 11th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2010.*, 857-861.
- [6] DOSTAL, F. 2010. Long-term measurements of night sky illuminance. *9th Conference on Environment and Electrical Engineering, EEEIC 2010.*, 411-414.
- [7] BECAK, P. 2018. Radiation of the Luminous Flux into the Upper Half-Space in Wils - Building Design. *7th Lighting Conference of the Visegrad Countries, LUMEN V4 2018 - Proceedings.*, 55-59.

Implementace inteligentního modulátoru na bázi OOK s Bias-Tee do svítidla veřejného osvětlení

Abstract. Tento článek přináší nové možnosti o využití svítidel veřejného osvětlení s možností implementace inteligentního modulátoru na bázi OOK s Bias-Tee pro zvýšení funkcionality a možností využití sítě VO v rámci extravilánů. V článku jsou představeny blokové schémata OOK modulátoru pro vysílací část s Bias-Tee včetně blokového schématu pro přijímací část. V dalších částech článku je pak zaměřena pozornost na ověření funkčnosti navrženého konceptu s cílem dosažení přenosu signálů pro účastníky silničního provozu skrze svítidla veřejného osvětlení.

Keywords: vysílač, přijímač, OOK, Bias-Tee, veřejné osvětlení.

Introduction

V dnešní době jsme svědky prudkého nárůstu přenesených dat ke koncovým stanicím či zákazníkům s tím, jak roste možnost zasíťování lokalit od mobilních operátorů či poskytovatelů internetu. To sebou však přináší nové výzvy v podobě šíření, pokud možno, bezdrátového signálu a tím pádem i otázky, kam umístit vysílací respektive přijímací jednotku. Jedna z cest, kudy by mohlo vést řešení je využití sítě stožárů veřejného osvětlení. Je známo, že s jakoukoliv výstavbou jsou spjaty složité administrativní a legislativní úkony, které značným způsobem prodražují a časově natahují možnou výstavbu.

S tím, jak se rozvíjí koncepty IoT či SMART prvky, jde ruka v ruce i možnost využití množství nástrojů a dat ze senzorů pro přenos k účastníkům silničního provozu. Pod pojmem množství nástrojů si lze představit nové možnosti řešení řízení křižovatek, optimalizace provozu na základě jeho vyřízení od účastníků silničního provozu, přenos důležitých informací/telematických dat.

Někdo přistupuje k řešení SMART osvětlení skrze využití Raspberry-Pi 3 s kombinací Wi-Fi modulu [1].

Další možností je pak využití matice LED zdrojů záření a jejich modulace pomocí OOK skrze FPGA pole, kde bylo dosaženo 40 metrové komunikační vzdálenosti pro nízké přenosové rychlosti s šumem pozadí [2].

Byly zkoumány možnosti využití FPGA polí pro zhotovení prototypu vysílače na bázi Li-Fi pro komunikaci v reálném čase. Vysílačem byl zakomponován do svítidla veřejného osvětlení s cílem dosažení kvalitativních parametrů komunikačních a osvětlení současně [3].

Přímou implementací vysílače a přijímače pro přední světlotometry u aut skrze VLC při dosažení Q-faktoru 5 a BER=10⁻⁹ se zabývali jiní autoři s cílem přenosy ITS dat. Pro řízení jejich prototypů bylo využito standardní CAN sběrnice používaná u automobilů [4].

S ohledem na nové možnosti, které v sobě přináší využití polovodičových zdrojů záření, přichází i možnost stmívání s potlačením funkce blikání svítidel pomocí vhodného typu modulačního formátu a ovládní sítě VO. K tomu se nejlépe hodí např. DFSOOK založená na FSK pro nekoherentní detekci signálové složky. Bylo navrženo schéma dokazující využití DFSOOK pro VLC s PWM řízením stmívání. Vysílač byl otestován pro nízkou chybovost (BER) a delší dosah komunikace a osvětlení [5].

Naším cílem práce je navrhnout vysílač a přijímač na bázi OOK modulace s Bias-Tee pro svítidla veřejného osvětlení s dosažením přenosu užitečné signálové informace. V článku jsou představeny možnosti návrhu blokových schémat a měření záznamu signálů při nastavení různých modulačních rychlostí pro přenos dat.

Inteligentní modulátor OOK s Bias-Tee

Pro viditelné spektrum a OOK obecně platí, že data nelze vysílat přímo. Jednoduché spínání podle logických úrovní by mělo za následek pozorovatelné kolísání intenzity osvětlení. Při použití obvodu BIAS-TEE je navíc potřeba dodržet minimální pracovní frekvenci, takže by delší sekvence hodnot stejné úrovně mohly znamenat problém na vysílací straně.

Prvním úkolem je tedy úprava dat do formátu, který lze pomocí obvodu BIAS-TEE odeslat (Fig. 1). Důležitá je tedy volba vhodného kódovacího schématu, např. diferenciální Manchester, nebo jakékoliv jiné řešení, které bude udržovat stabilní střední hodnotu signálu a minimální pracovní frekvenci pro přenos. V rámci experimentů jsou, ale implementace podobných schémat složitá, tudíž byla zvolena možnost klíčování nosné. Data jsou namodulována na nosný signál vyšší frekvence a upraveny do symetrické podoby. Výhodou daného řešení je, že lze použít originální napájecí zdroj svítidla veřejného osvětlení a v případě poruchy komunikační části nebude přerušena osvětlovací funkce VO. To je velmi podstatné pro provozovatele a organizační celky sítě VO v rámci extravilánů.

Modulace OOK (On-Off Keying) výkonové LED

Modulace OOK patří mezi nejjednodušší typy, kde logická hodnota „1“ je zakódována jako světelný pulz. Z důvodů snížení složitosti modulátoru se používají pulzy s pravoúhlým tvarem. Přenosová rychlost jednoho bitu je prezentována jako $R_b = 1/T_b$, kde T_b označuje trvání jednoho bitu. Důležitým parametrem (kromě BER), který je nutné zvažovat v každém modulačním schématu, je požadavek na šířku pásma. Šířka pásma je odhadována spektrální hustotou signálu, kterou dostaneme pomocí Fourierovy transformace s využitím autokorelační funkce. Spektrální hustota signálu modulovaného pomocí OOK bez korelace na vstupu má tvar [6]:

$$(1) \quad S(f)_{OOK} = \frac{i_s^2}{4R_b} \operatorname{sinc}^2\left(\frac{\pi f}{R_b}\right) \left[1 + R_b \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(f - kR_b) \right],$$

kde: $\operatorname{sinc}(x) = \sin(x)/x$, $\delta(x)$ – Dirakova funkce, i_s – průměrná hodnota fotoelektrického proudu vygenerovaného ve zdroji optického záření, f – frekvence.

Protože délka trvání pulzu je konečná, sahá spektrum k nekonečnu. Pulz s nulovou hodnotou frekvence odpovídá stejnosměrné složce a reprezentuje energetickou bilanci. Se snižující se hodnotou pulzu δ roste potřeba na šířku

pásmu. Pro hodnotu $\delta = 0,5$ obvykle nazýváme takové modulační schéma jako OOK RZ (s návratem k nule) a

dokáže zvýšit šířku pásma na dvojnásobek oproti výše uvedenému modulačnímu schématu OOK NRZ.

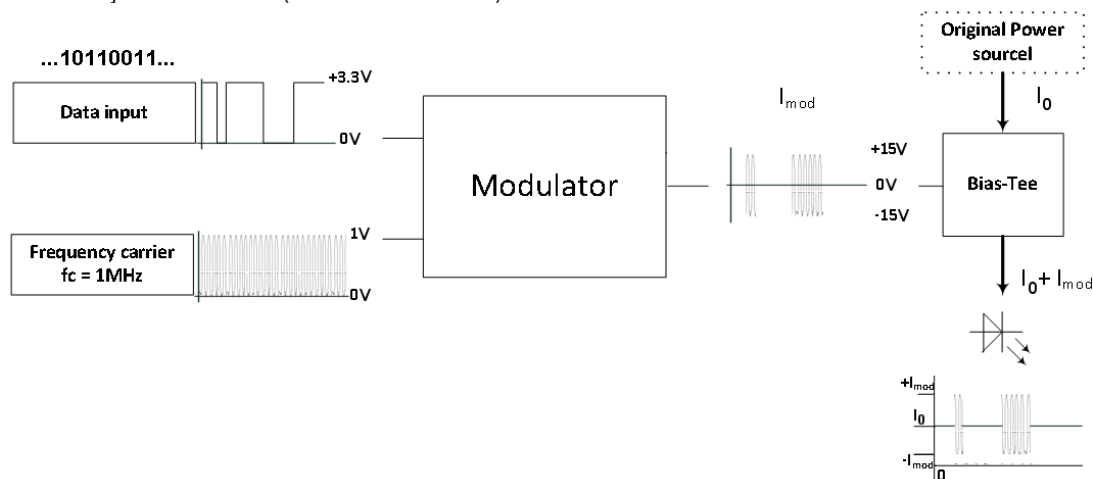


Fig.1. Blokové schéma vysílací části.

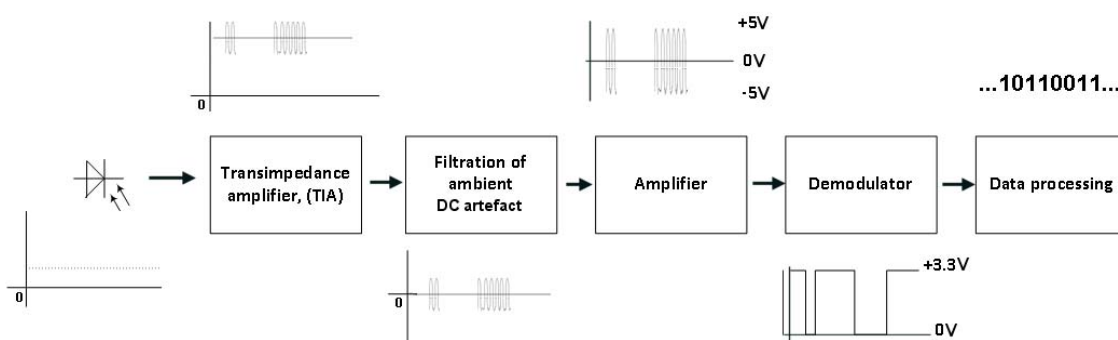


Fig.2. Blokové schéma přijímací části.

Přijímací část systému

Přijímač (Fig. 2) má za úkol přijímat signál i v nehostinných podmínkách denního osvětlení, kdy je signál ze svítidla VO, ve značném nepoměru k pravděpodobnému rušení přímého slunečního záření. Napájecí napětí musí být kompatibilní s 12V palubním napětím automobilu, tudíž je na přijímací straně k dispozici pouze +/-6V. Navíc zde je podmínka minimální modulační frekvence 1 MHz. Během detekce nesmí dojít k saturaci fotodetektoru parazitními zdroji signálu, z toho důvodu musí být úvodní transimpedanční zesilovač nastaven tak, aby byl schopen přijímat data i při přímém slunečním osvětlení. Část problému pomůže vyřešit filtrace nepotřebných částí spektra signálu (necháme si pro komunikaci pouze modrou barvu), nicméně nastavení vyšší citlivosti pak má za následek negativní dopady v podobě omezení maximálních pracovních frekvencí. Po provedení filtrace je signál zesílen tak, aby byly hodnoty signálu co nejvyšší (v tomto specifickém případě je saturace signálu přímo žádoucí), ale šum nesmí být vyšší, než je rozhodovací úroveň pro zpracování signálu. Díky tomu je systém schopen pracovat ve velmi velkém dynamickém rozsahu a není omezen potřebami vyhodnocování úrovní podle amplitudy signálu. Blok demodulátoru má za úkol transformovat signál na datový tok, kompatibilní s vyhodnocovací jednotkou. Přijátá data jsou pak zpracována dle aktuálních potřeb – v tomto případě pomocí webové aplikace, nicméně není problém data předávat např. řídicí jednotce, nebo infotainmentu automobilu [7].

Možnosti nastavení

Pro potřeby experimentování v reálném provozu bylo navrženo webové rozhraní pro přijímací i vysílací část (Fig. 3). Vysílací část webového rozhraní umožňuje uživateli zvolit text zprávy, přenosovou rychlost a modulační frekvenci. Přijímací části pak stačí jednoduše nastavit shodnou přenosovou rychlost a poté už se automaticky zobrazí přijatá data přenesená skrze svítidlo veřejného osvětlení.

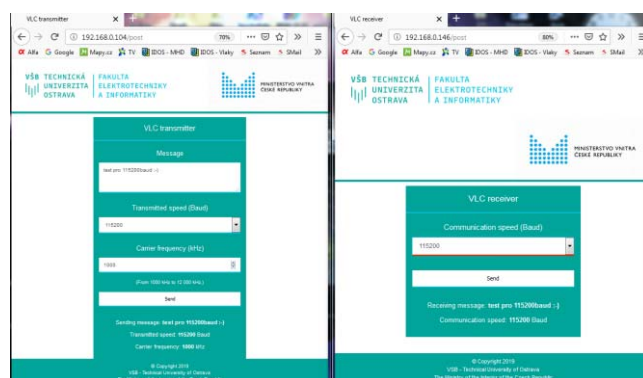


Fig.3. Vizualizace webového rozhraní pro ovládání a nastavení přenosových rychlostí a dat pro inteligentní modulátor s Bias-Tee.

Optimální nastavení systému je přizpůsobeno pro 1MHz nosnou frekvenci a přenosovou rychlost 115200 Baud.



Fig.4. Komunikace při 115kbaud.

Při vyšších úrovních signálu pak lze teoreticky s navrženým systémem dosáhnout až na 512kbaud. Na průběhu už je ale patrné, že se již signál nestíhá plně přizpůsobovat tomu vysílanému a na řadě tak bude elektronika a vhodné nastavení rozhodovacích úrovní.



Fig.5. Průběh komunikace při 512kbaud.

V případě slabého signálu, kdy ani vysoké zesílení signálu nestačí, dojde k omezení amplitudy signálu. Pokud v tomto případě nedojde k překročení rozhodovací úrovně vyhodnocovací elektroniky, tak dojde ke ztrátě dat.



Fig.6. Průběh komunikace při slabém signálu.

Podobný následek bude mít na signál i volba zbytečně vysoké nosné frekvence, protože zesílení zesilovače klesá s rostoucí frekvencí. V kombinaci s nízkými výkonovými úrovněmi signálu pak snadno dosáhneme hranic na jednotkách MHz. Pro konstrukci bylo použito několik kaskádově zapojených zesilovačů s šířkou pásma 100MHz, kdy zesílení jednotlivých stupňů nesmělo být větší než 15.

Závěr

Komunikační systém na bázi VO je schopen snadno přenášet data k účastníkům silničního provozu. Omezení z hlediska přenosových rychlostí jsou, z větší části, závislé na fotodetektoru.

Podstatou systému je rychlé předání telemetrických informací, například při průjezdu vozidla pod svítidlem VO. Potenciál využití takového systému není jen v informacích o dopravě, ale například lze využít i pro navigaci. Svítidlo může snadno předávat informace o své poloze, bez nutnosti přítomnosti signálu GPS. Systém by pak mohl fungovat jako doplněk navigace v husté zástavbě (kde mívá GPS problémy), nebo například i v podzemních parkovištích [7].

Systém však lze využít i opačným směrem. Pokud by se doplnil o přenos telemetrie směrem ke svítidlu VO, pak by mohl například reagovat na aktuálně nastavený cíl navigace. Při malém provozu v nočních hodinách by tak mohl systém dynamicky měnit výkon svítidel VO podle aktuálních požadavků. Elektrická energie by se tak teoreticky mohla využívat úsporněji, při zachování potřebné viditelnosti účastníků silničního provozu.

REFERENCES

- [1] MAGULURI, Lakshmana Phaneendra, Yaswanth Sri Venkatesh SORAPALLI, Lokesh Kumar NAKKALA a Venkat TALLARI. Smart street lights using IoT. In: *2017 3rd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (ICATccT)*. IEEE, 2017, s. 126-131 DOI: 10.1109/ICATccT.2017.8389119. ISBN 978-1-5386-1144-9.
- [2] LOURENCO, Nuno, Domingos TERRA, Navin KUMAR, Luis Nero ALVES a Rui L AGUIAR. Visible Light Communication System for outdoor applications. In: *2012 8th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP)*. IEEE, 2012, s. 1-6. DOI: 10.1109/CSNDSP.2012.6292744. ISBN 978-1-4577-1473-3.
- [3] BAEZA, Victor Monzon, Matilde SANCHEZ-FERNANDEZ, Ana Garcia ARMADA a Antonio ROYO. Testbed for a LiFi system integrated in streetlights. In: *2015 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*. IEEE, 2015, s. 517-521. DOI: 10.1109/EuCNC.2015.7194129. ISBN 978-1-4673-7359-3.
- [4] KIM, Deok-Rae, Se-Hoon YANG, Hyun-Seung KIM, Yong-Hwan SON a Sang-Kook HAN. Outdoor Visible Light Communication for inter-vehicle communication using Controller Area Network. In: *2012 Fourth International Conference on Communications and Electronics (ICCE)*. IEEE, 2012, s. 31-34. DOI: 10.1109/CCE.2012.6315865. ISBN 978-1-4673-2493-9.
- [5] KNOBLOCH, Florian. Noncoherent dimming frequency shift On-Off keying scheme for low data rate optical street lighting communication. In: *2015 17th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)*. IEEE, 2015, 2015, s. 1-5. DOI: 10.1109/ICTON.2015.7193306. ISBN 978-1-4673-7880-2.
- [6] CARLSON, A. B., PAUL, B. C., RUTLEDGE, J. *Communication System: An Introduction to Signal and Noise in Electrical Communication*. McGraw-Hill, 2001, 4 edition, 864 p. ISBN: 0070111278.
- [7] SCHAAL, T., ZEEB, E. *Optical Free Space Communication with LED Rear Lights*. 5th International Symposium Progress in Automobile Lighting, Proc. PAL2003, pp.942-954, Darmstadt, 2003.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge the financial support of the Projects no. SP2019/80 and SP2019/143, VI20172019071. This article was prepared within the frame of sustainability of the project no. CZ.1.07/2.3.00/20.0217 within the frame of the operation programme "Education for competitiveness" that was financed by the Structural Funds and from the state budget of the Czech Republic. This work was supported by the European Regional Development

Možnosti využití open source řešení pro chytré veřejné osvětlení

Abstract. Tento článek si klade za cíl seznámit s možnostmi využití Open Source hardwarových a softwarových řešení pro vytvoření chytrého osvětlení pro extravilány. Jsou popsány možnosti využití dostupných technologií jako jeho softwarové řešení pro implementaci do sítě veřejného osvětlení.

Keywords: open source, LED, WiFi, MQTT, IoT, DALI, SMART.

Úvod

V posledních letech se celosvětově rozmáhá trend instalace a nasazení chytrého veřejného osvětlení pro extravilány. Díky rozvoji LED technologie a levných zařízení, zajišťující internetovou konektivitu pomocí nejrůznějších technologií, je dnes velmi jednoduché implementovat nebo vyvinout chytré osvětlení pro extravilány. Existuje mnoho hotových technologických řešení pro chytré osvětlení, ale většina z nich je uzavřená a vlastnická práva na řízení či modifikace jsou na konkrétní společnosti, která si své unikátní řešení právně ošetřuje. Ale je tu i možnost využití open source nástrojů pro vytvoření vlastního řešení chytrého osvětlení. Open Source řešení v oblasti veřejného osvětlení může přinést možnost rychlejšího vývoje této problematiky a usnadnění implementace a vývoj nových technologií v oblasti chytrého veřejného osvětlení.

Definice Open Source řešení

Open Source řešení je postaveno na hardwaru a softwaru, ke kterému jsou veřejně dostupné technické informace a zdrojové kódy. Velkou výhodou tohoto řešení je to, že se ve většině případů vytvoří komunita developerů, kteří dané open source řešení zadarmo rozvíjí ve svém volném čase. Člověk potom může jednoduše nalézt již hotové řešení pro jeho danou aplikaci. Díky tomu je vývoj technologie mnohem rychlejší a levnější. Díky kooperaci více vývojářů a otevřenému kódu je zajištěno zabezpečení celkového systému, jelikož je jednodušší odhalit bezpečnostní hrozby, stejně jako chyby open source systému, který je testován uživateli po celém světě. [1] Pro kooperaci vývoje open source softwaru i hardwaru je ve většině případů využita platforma GitHub, kde mohou vývojáři přispívat do různých projektů, ať už samotným vývojem, testováním nebo kompletováním podrobné dokumentace a návodů. V této platformě vždy majitel/správce projektu dohlíží na kompletaci. Kontroluje a schvaluje hotové části projektu od vývojářů, aby přispívající vývojář nevnášel do projektu nechtěné věci, nebo bezpečnostní hrozby. Je zde i část pro běžné uživatele, kteří zde mohou nahlásit případnou chybu či napsat vlastní myšlenku k zlepšení projektu.

Definice a popis Open Source Hardware

Nejznámější platformou pro vývoj chytrých zařízení je jednoznačně Arduino. Tato platforma využívá 8 bitové mikroprocesory od firmy Atmel. Platforma Arduino obsahuje mnoho druhů variant Hardwarového řešení, které je možné rozšířit o spoustu různých typů modulů, ať už se jedná o senzory, nebo například i modul umožňující připojit nějaký hardwarové řešení k internetu. Platforma Arduino má obrovskou uživatelskou základnu a dá se využít nespočet různých přídatných modulů a SW řešení. Další přídatné moduly nabízí celosvětově již mnoho firem, kde

nejznámější z nich je Adafruit. Ke všem modulům je od výrobce poskytnuta velmi podrobná dokumentace. [3]

Další známou platformou jsou WiFi a bluetooth moduly od firmy Espressif Systems. Starší moduly s označením ESP8266 nabízí certifikovanou WiFi, 32 bitový mikroprocesor, 2MB flash paměť a mnoho rozhraní, jako jsou PWM výstupy, i2c sběrnice, Sériová linka a další. [4] Novější model ESP32 který nabízí kromě certifikované WiFi také Bluetooth, disponuje dvoujádrovým 32 bitovým mikroprocesorem, kde první jádro zpracovává protokolovou část pro WiFi a Bluetooth a druhé jádro pak zpracovává aplikační požadavky. [5] Firma Espressif Systems poskytuje ke všem svým zařízením podrobnou dokumentaci i softwarovou platformou.

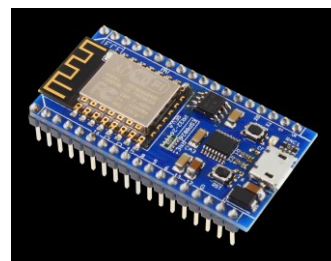


Fig. 1. Arduino Nano a ESP8266 dev modul

Další rozšířená bezdrátová technologie pro chytré osvětlení je Zigbee, kterou například využívá chytré osvětlení od firmy IKEA. Dá se pořídit mnoho modulů podporujících tuto technologii a s kombinací s Arduino platformou je možné dosáhnout jakéhokoliv vlastního řešení. Nevýhodou této technologie je, že je potřeba navíc HUB, ke kterému se zařízení připojí. Tento HUB se poté chová podobně jako routeru řešení s WiFi připojením.

Open Source řešení nezůstává pozadu ani s možností využití mobilních sítí jako např. GSM. GSM modul SIM800L, umožňuje připojit mikrokontroléru pomocí sériové linky k GSM sítím. Při propojení s již zmiňovanou platformou Arduino je velmi snadné vytvořit hotové řešení s připojením k GSM síti. Zde se zase projevuje velká výhoda Open Source řešení v nespočet návodů od ostatních uživatelů a developerů. [6]

Poslední ale ne nejhorší open source HW je velmi známý mini počítač Raspberry pi. Tento počítač velikosti platební karty disponuje u nejnovější verze čtyřjádrovým 64bitovým procesorem o taktu 1.5 GHz a až 4GB operační paměti RAM. Co se týče konektivity, nabízí WiFi 2.4 GHz i 5 GHz, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, 2x USB 3.0 a 2x USB 2.0 a 40 GPIO pinů obsahující například i2c sběrnici, PWM výstupy a další. Lze zde připojit také externí monitor pomocí HDMI konektoru. Takové zařízení není vhodné z důvodu velkého výpočetního výkonu a ceny umístit do svítidla veřejného osvětlení, ale může sloužit jako centrální prvek například pro daný segment svítidel veřejného osvětlení. [7]

Open Source Software

K chytrým zařízením nepatří jen Hardwarová část, ale také je zde potřeba určité softwarové řešení. Ať už se jedná o kód ovládající malý mikroprocesor ve smart svítidle veřejného osvětlení, tak o mnohem složitější software zajišťující vzdálenou správu VO, analýzu dat a další.

V případě programování mikroprocesorů umístěných uvnitř chytrého osvětlení, je nejznámější platformou již zmiňované Arduino. Nejedná se totiž jen o HW platformu, ale také o SW platformu, vyvinutou z jazyku C. Právě Arduino IDE a nespočet knihoven jak už oficiálních od výrobce tak od ostatních uživatelů vytváří obrovský komplexní nástroj pro vývoj chytrých zařízení. Výhodou vytváření SW řešení pomocí Arduina je i to, že Arduino IDE podporuje také mnoho dalších HW modulů, jako například zmiňované WiFi moduly od firmy Espressif Systems. Další známou SW platformou pro programování mikroprocesorů je MicroPython. Jedná se o SW platformu umožňující programovat mikroprocesory pomocí jazyka Python. Tato SW platforma má jako Arduino také poměrně velkou uživatelskou základnu a je zde mnoho knihoven a návodů. Pro programování mikroprocesorů existuje další spousta platform a frameworků, které usnadní programování a práci při vývoji, ale účelem tohoto článku není poukázat na všechny možné možnosti. [3]

Pro případ open source softwaru pro řídicí systém chytrých zařízení je spousta. Některá řešení jsou komplexnější, jiná zase nabízí jen dílčí části celého systému. Mezi ty komplexnější patří například Devicehive, Thingsboard, Kaaproject, SiteWhere a Thingier. [8, 9, 10, 11, 12] Toto je malý výčet komplexních systému pro správu a řízení iot zařízení. Tyto komplexní systémy řeší komunikaci s jednotlivými koncovými zařízeními, jejich kompletní správu. Většina z nich také nabízí určité uživatelské rozhraní pro kontrolu celého systému, řeší také autorizaci a autentizaci uživatelů a zařízení, tak aby nikdo neoprávněný nemohl do systému zasahovat a také, aby žádné cizí zařízení nemohlo využívat váš systém. Díky dalším protokolům jako je například SSL je zde i řešeno zabezpečení přenosu informací. Většina open source platform pro IoT běží na operačních systémech Linux, které jsou také open source a zdarma, není proto potřeba kupovat žádnou licenci operačního systému, ani dalšího softwaru, jediné co je potřeba koupit je potřebný hardware, na kterém všechny potřebné služby poběží. [2]

Pro komunikaci mezi Serverem, neboli řídicí jednotkou a koncovým zařízením lze využít mnoho komunikačních protokolů nacházejících se na aplikační vrstvě TCP/IP modelu. Protokol MQTT je jeden z nejjednodušších a

osvětlení, byl vytvořen jednoduchý koncept se zařízením, umožňující vzdálenou správu a kontrolu veřejného osvětlení. Zařízení využívá WiFi připojení pro vzdálené řízení svítidla. Bylo vytvořeno i jednoduché webové rozhraní pro uživatelsky jednodušší a přehlednější řízení. Tento jednoduchý systém je takzvaně bez serverový, nepotřebuje centrální server pro správu zařízení, ale každé svítidlo je možné ovládat zvlášť.

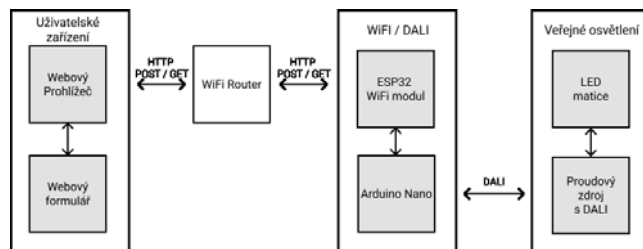


Fig. 3. Základní blokové schéma systému pro řízení veřejného osvětlení pomocí WiFi připojení.

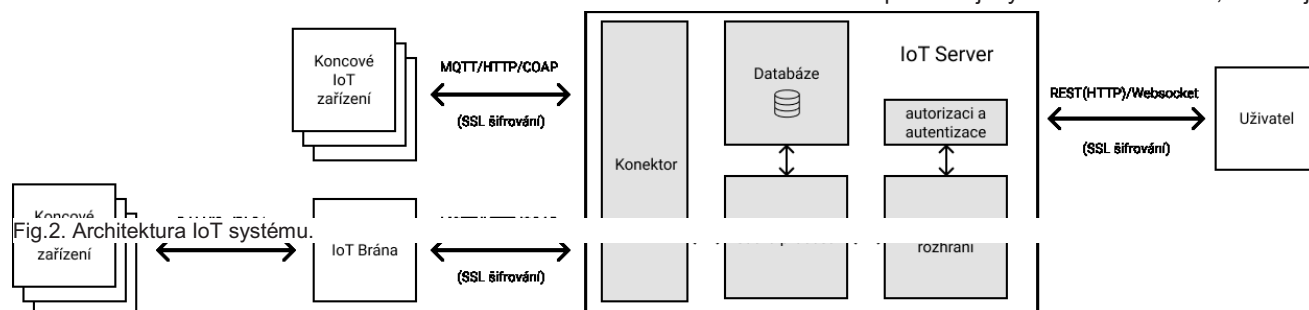
Hardwarové řešení pro implementaci SMART prvků svítidel veřejného osvětlení

Jako hardwarové řešení byl využit již zmiňovaný WiFi modul ESP32 od firmy Espressif Systems. Zároveň bylo vytvořeno jednoduché zapojení s modulem Arduino nano, které obsahuje mikroprocesor ATmega328P od firmy Atmel. Toto jednoduché zapojení se chová jako DALI převodník a může díky již hotovému softwarovému řešení posílat zprávy na DALI sběrnici. Po menší úpravě kódu bylo možné oba moduly propojit pomocí sběrnice i2c a tím bylo umožněno vysílat DALI příkazy pomocí WiFi připojení. Jednoduché blokové schéma zařízení je vidět na obrázku.

Toto zařízení je vhodné pro implementace chytrého osvětlení v případě, že není vybudovaná infrastruktura pro řízení zařízení po datové sběrnici, jako je tomu u DALI protokolu. Při starých rozvodech kde je jen nataženo vedení pro napájení veřejného osvětlení nezasahuje toto řešení do infrastruktury. V případě již hotové infrastruktury pro řízení veřejného osvětlení pomocí DALI sběrnice, je možné toto zařízení využít jen jedno pro více svítidel veřejného osvětlení, jelikož DALI systém dokáže pracovat s adresami.

Návrh softwarové části konceptu pro řízení SMART VO

Velmi důležitou částí systému je jeho softwarová část. Jednoduchý kód je nahrán v zařízení fungující jako převodník z i2c sběrnice na DALI sběrnici. Je napsán v Arduino jazyku, neboli upraveném jazyku C. Ve stejném jazyku je pak napsán software pro WiFi modul, který vykonává většinu práce. Je zde také vytvořeno jednoduché webové rozhraní pomocí jazyka HTML a CSS, které je



nejvíce využívaných protokolů pro IoT. Dále je v dnešní době velmi populární protokol REST, který je postaven na HTTP požadavcích, stejně jako klasické Webové služby. [2]

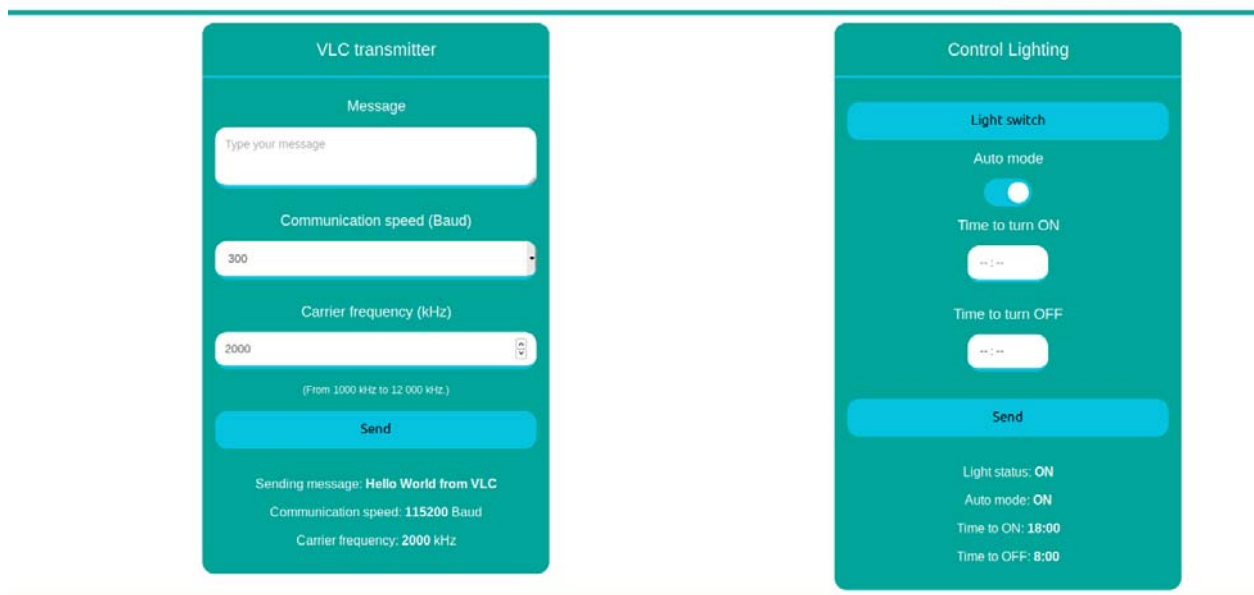
Jednoduchý systém pro chytré veřejné osvětlení

V rámci projektu výzkumu a vývoje chytrého zařízení s podporou komunikace viditelným světlem pro veřejné

znázorněno na obrázku. Ve Wifi modulu běží Asynchronní webový server, který přijímá HTTP GET a POST požadavky. Následně tyto požadavky zpracovává a odesílá zpátky odpověď, například ve formě webové stránky a dalších proměnných, které udávají stav svítidla. V případě POST požadavku jsou proměnné z webového formuláře zadané uživatelem odeslány do Wifi modulu a ten je poté

zpracuje a vykoná potřebné operace. Celková komunikace mezi WiFi modulem a koncovým zařízením uživatele probíhá skrze WiFi router, ke kterému jsou oboje zařízení připojena.

- [3] Arduino Nano. Arduino [online]. Arduino, 2019, 2019 [cit. 2019-10-15]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>
 [4] Espressif Inc. [online katalogový list]. ESP8266



© Copyright 2019
 VSB - Technical University of Ostrava
 The Ministry of the Interior of the Czech Republic

Fig.4. Příklad webového rozhraní pro ovládání svítidla a vysílání zpráv pomocí viditelného světla.

Závěr

IoT je v dnešní době velmi velké téma, které obsahuje nespočet různých hardwarových a softwarových řešení. Jak bylo v článku ukázáno, existuje již mnoho open source univerzálních platforem pro IoT, které dokáží pokrýt vše potřebné pro nasazení kompletního IoT systému. Open source řešení v IoT ekosystému má dnes rozhodně co nabídnout a proto má i velké šance pro uplatnění se v budoucím řešení systémů pro chytré veřejné osvětlení.

V článku jsme ukázali jednoduchý případ implementace open source řešení do svítidla veřejného osvětlení, díky kterému bylo možné veřejné osvětlení ovládat pomocí webového rozhraní prostřednictvím WiFi připojení. K tomu všemu se dá použít, již ověřených DALI sběrnic a jiných. V budoucnu bychom chtěli provést další implementace i na síť svítidel VO s cílem jejich efektivním ovládání a řízením.

Poděkování

Tento článek vznikl za aktivní podpory projektu VI20172019071.

REFERENCE

- [1] KRISHNA BEHARA, Gopala a Raju MYADAM. The Benefits of Open Source Architecture for IoT. Opensourceforu [online]. New Delhi 110020: opensourceforu, 2018, October 2, 2018 [cit. 2019-10-15]. Dostupné z: <https://opensourceforu.com/2018/10/the-benefits-of-open-source-architecture-for-iot/>
 [2] IoT Standards and Protocols. Postscapes [online]. Postscapes, 2019, May 1, 2019 [cit. 2019-10-15]. Dostupné z: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-protocols/>

- Version 1.4 Copyright © 2019.[cit. 15.10.2019]. Dostupné z: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf
 [5] Espressif Inc. [online katalogový list]. ESP32 Version 4.0 Copyright © 2018.[cit. 15.10.2019]. Dostupné z: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
 [6] SIMCom Wireless Solutions Co.,Ltd.. [online katalogový list]. SIM800L Version 1.0 Copyright © 2013.[cit. 15.10.2019]. Dostupné z: https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf
 [7] Raspberry Pi (Trading) Ltd. [online katalogový list]. Raspberry Pi Compute Module 3+ Version 1.0 Copyright © 2019.[cit. 15.10.2019]. Dostupné z: https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/datasheets/rpi_DATA_CM3plus_1p0.pdf
 [8] DeviceHive Microservices Architecture, 2019 [online]. DeviceHive [Cit. 15.10.2019]. Dostupné z: <https://docs.devicehive.com/docs/devicehive-architecture>
 [9] ThingsBoard Architecture, 2019 [online]. ThingsBoard [Cit. 15.10.2019]. Dostupné z: <https://thingsboard.io/docs/reference/architecture/>
 [10] Kaaiot dokumentace, 2019 [online]. Kaaiot [Cit. 15.10.2019]. Dostupné z: <https://docs.kaaiot.io/KAA/docs/current/Welcome/>
 [11] SiteWhere CE 2.1.0 Documentation, 2019 [online]. SiteWhere [Cit. 15.10.2019]. Dostupné z: <https://sitewhere.io/docs/2.1.0/>
 [12] Thinger.io Documentation, 2019 [online]. SiteWhere [Cit. 15.10.2019]. Dostupné z: <https://docs.thinger.io/>

OPTICAL PARAMETERS OF SUNNY AND RAINY DAY AND THEIR COMPARISON

J. Vitasek*, S. Hejduk, T. Stratil, J. Latal

Department of Telecommunications, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, VSB-
Technical University of Ostrava, 17. listopadu 15, 708 00 Ostrava, Czech Republic
e-mail: jan.vitasek@vsb.cz

Abstract *Natural daylight has an essential effect on the human organism. It affects mood, emotion or the ability to sleep. Our article describes the measurement of optical parameters of daylight during a long-term measurement that was done in the summer of 2018. The measured parameters were Color Correlated Temperature CCT, Color Rendering Index CRI Ra and color coordinates x and y. We selected two days from the long-term measurement, a sunny and rainy day. The optical parameters of these two days are compared in this article. The aim of the article is to show the difference between these two opposite days and to simulate a sunny day.*

Keywords CCT, color coordinates, CRI Ra, rainy day, sunny day

1. INTRODUCTION

Daylight has influence on psychological and biological states of humans [1]. Light perceived by the human eyes affects feelings and mood (psychological state). Receptors in eyes catch light, resulting in production of cortisol (stress hormone) and melatonin (sleeping hormone) [1], [2], [3]. These hormones affect the human's biological state, especially the circadian rhythm. This rhythm is influenced by blue light [4].

Also, the weather influences the human's mood. Everybody feels differences, if it is a beautiful sunny day or if it is cloudy and rainy [5]. The most people prefer a sunny day; therefore, we have an idea of light simulation of a sunny day. For this purpose, the measurements of the optical parameters (spectra, colour coordinates x and y, CCT, CRI Ra) of the sky were performed. The target was to compare two opposite days (sunny and rainy) and interpret the measured optical parameters of a sunny day in LightTools software.

2. MEASUREMENT OF OPTICAL PARAMETERS OF SKY

A long-term measurement of optical parameters of summer sky was realized in campus of VSB-Technical University of Ostrava. We used a spectrometer with an optical fiber. The spectrometer measured and saved the values in half-hour interval. The measured parameters were optical spectra, CCT, CRI Ra and color coordinates x and y of CIE1931 diagram. Based on the measurements, we chose two opposite days, sunny (4th of July 2018) and rainy (11th of July 2018). The day 4th of July 2018 was clear, maximum temperature 28.8°C, average temperature 20.9°C, total time of sunshine 14.6 hours, cloudiness 1.7 (scale 0-10, <1.9 is clear) [6], sunrise 4:43, sunset 20:58 CEST (Central European Summer Time). The day 11th of July 2018 was rainy, overcast, maximum

temperature 19.3°C, average temperature 17.2°C, total time of sunshine 0.1 hours, cloudiness 9.7 (scale 0-10, >8.1 is overcast) [6], sunrise 4:49, sunset 20:54 CEST.

2.1 Optical spectra

3D graphs in Fig. 1 show spectra of the sunny and rainy day in a half-hour interval. We can see differences in spectra. The sunny day is characterized by a gradual increasing of the visible (VIS) and the near infrared (IR) part of the spectrum. After midday the IR spectrum decreased, stabilized, and then it was almost constant up to the evening. The visible part of the spectra grew during the day up to the late afternoon, then decreased.

The rainy day was more chaotic in comparison to the sunny day. The waveforms of spectra during forenoon (rain) shows that visible and IR part were significantly depressed. After noon, the weather improved which caused increasing in both mentioned parts of spectrum.

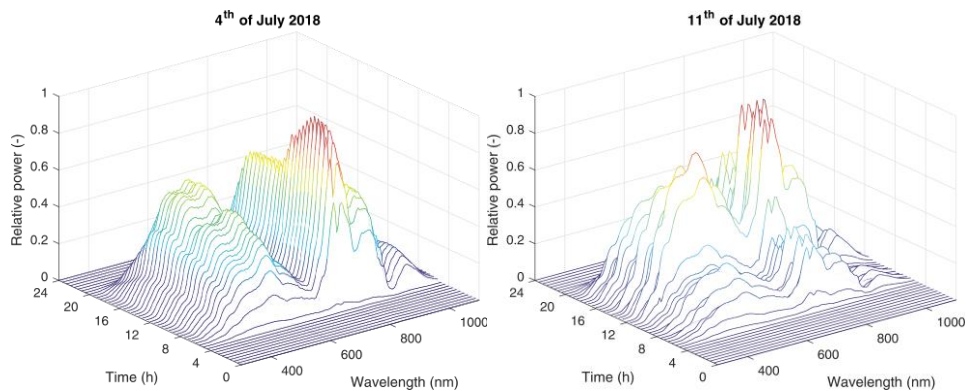


Fig. 1 Spectra of sunny (left) and rainy (right) day.

2.2 Correlated Color Temperature and Color Rendering Index

The next measured optical parameters were Correlated Color Temperature CCT and Color Rendering Index CRI Ra. The long-term measurement showed that the start and the end of day is characterized by peak increase of CCT values. It does not matter, which the weather was. If we ignore the peaks of the CCT, we can say about the sunny day, that CCT values increase, the maximum is around the noon (13:00 CEST) and then decrease. It deals for the rainy day that the CCT values are almost constant. The CRI Ra of the sunny day dropped to its minimum after sunrise, then it grew up to evening. The CRI Ra of the rainy day was also almost constant, see Fig. 2.

2.3 Color Coordinates x and y

The following Fig. 3 (left) shows the color coordinates of CIE1931 diagram during the sunny and rainy day. The color coordinates change more during the sunny day than the rainy day. The color coordinates are more suitable parameters for following simulation

than the CCT, because there are more points with different x and y coordinates, but they could have the same CCT value.

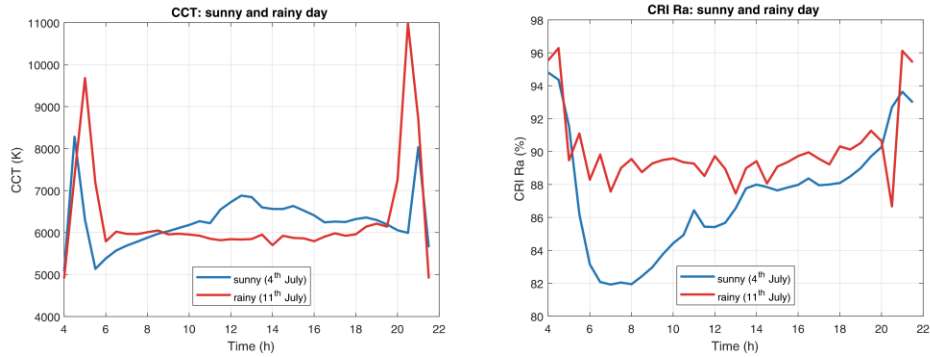


Fig. 2 CCT (left) and CRI Ra (right) parameters of sunny and rainy day.

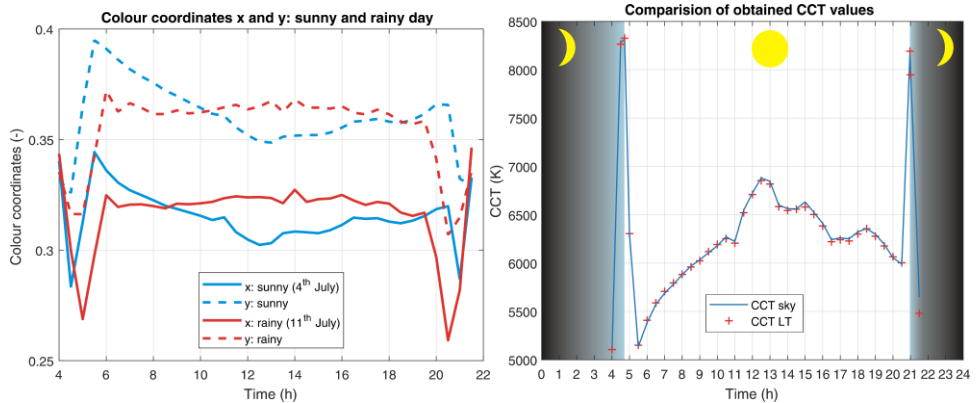


Fig. 3 Color coordinates of the sunny and rainy day (left) and Comparison of measured and simulated CCT (right).

3. SOFTWARE SIMULATION OF SUNNY DAY WITH RGBW LED

The sunny day is more comfortable day for most people, therefore we tried to simulate an artificial white light of the sunny day. We used a four-color-chip LED RGBW [7] and LightTools software [8]. This software enables to change selected parameters and find so a desired target. In our case, the variables were optical powers of individual color chips and the target was color coordinates x and y. This simulation was done for each half-hour.

Fig. 3 (right) compares the CCT values measured on 4th of July 2018 and simulation results from LightTools. Differences are very minimal therefore we can say that we simulated white light of the sunny day.

4. CONCLUSION

This article dealt with evaluation and comparison of the optical parameters of the sunny and rainy day and show the differences. Further we tried to simulate artificial white light of the sunny day by the RGBW LED in LightTools. The simulations showed that it is possible. The next step is a laboratory measurement according to the simulation results.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge the financial support of Projects No. SP2019/80 and SP2019/143 of VSB-Technical University of Ostrava. Our research was also supported by Projects No. VI20172019071, VI20152020008, TA04021263, TK01020162 and TK01020178. The work has been partially supported by Project No. CZ.1.07/2.3.00/20.0217.

References

- [1] M. G. Figueiro, B. Steverson, J. Heerwagen, K. Kampschroer, C. M. Hunter, K. Gonzales, B. Plitnick, M. S. Rea, *Sleep Health*. 3, 204-215 (2017).
- [2] W. O. Popoola, *J. Light. Technol.* 34, 2526-2532 (2016).
- [3] L. Sahin, M. G. Figueiro, *Physiol. Behav.* 116, 1-7 (2013).
- [4] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, *Health Effects of Artificial Light*, http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_035.pdf (2012).
- [5] M. Bauer, T. Glenn, S. Monteith, J. F. Gottlieb, P. S. Ritter, J. Geddes, P. C. Whybrow, *World J. Biol. Psychiatry*. 19, 59-73 (2017).
- [6] Czech Hydrometeorological Institute, *CHMI report no. 7*, <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/zpravodaj/archiv/2018/zpravodaj-1807.pdf> (2018).
- [7] TopLedLight, *KW-4RGBW*, <http://www.topledlight.com/4W-RGBW-RGB-White-High-Power-LED-Bead-4-Watt-Red-Green-Blue-White-Light-p1945.html>, (2019).
- [8] LightTools Illumination Design Software, Synopsys, <https://optics.synopsys.com/lighttools/> (2019).