



**A Magyar Tudományos Akadémia  
Veszprémi Területi Bizottsága  
Műszaki Szakbizottságának  
Alkalmazott Fény- és Színtani  
Munkabizottsága**

**A Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kara  
Virtuális Környezetek és Fénytan Laboratóriumának,**

**a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság  
Human Computer Interaction & Design for All (HCI&DfA)  
Ergonómiai Tervezés Mindenkinék Szakosztálya  
közreműködésével**



**XI. Lux et Color Vesprimiensis  
Szimpózium**

**2012. október 29-30.**

**Program és rövid kivonatok**

**VEAB Veszprém Vár utca 37.**

# XI. Lux et Color Vesprimiensis Szimpozium

**2012. október 29-30.**  
**VEAB Veszprém, Vár utca 37.**

<b>október 29.</b>		
15.00-	Laborlátogatás (Egyetem utca, I épület, 102)	
<b>október 30.</b>		
9.00-9.10	Megnyitó	
9.10-9.30	Rajendra Dangol Mohammad Islam Pramod Bhushal Liisa Halonen	Correlation between subjective preferences and colour quality descriptors for LED lighting
9.30-9.50	Csuti Péter Szabó Ferenc Schanda János	Spectrally tuneable LED lighting simulator laboratory room at University of Pannonia
9.50-10.10	Szabó Ferenc Csuti Péter Schanda János	Solid State Light Sources in Museum Lighting: Reconstruction of the Lighting System in Sistine Chapel
10.10-10.30	Gasparovsky Dionyz Dubnicka Roman Rusnak Anton	Comparison of Computed and Measured Values of the Indoor Lighting Parameters
10.30-10.50	Kávészünet	
10.50-11.10	Deme László	Budapesti Duna-hidak díszvilágítása
11.10-11.30	Horváth András Dömötör Gábor	Számítógépes retina-modell fejlesztése és alkalmazásai
11.30-11.50	Filetóth Levente	Belsőterek világítása és virtuális bejárása
11.50-12.10	Bodrogi Péter Stefan Brückner Tran Quoc Khanh	A fényforrások színminőségének tényezői
12.10-13.30	Ebédszünet	
13.30-13.50	Kolláth Zoltán	Gondolatok egy csillagnéző túra kapcsán
13.50-14.10	Poppe András Molnár Gábor Hegedűs János	LED modellek mérésekből/Test based modeling of LEDs
14.10-14.30	Borbély Ákos	Digitális nyomatok időjárás-állósági vizsgálata
14.30-14.50	Sávoly Zsolt Horváth András Kránicz Balázs	Felületek spektrális rekonstrukciója digitális fényképek alapján
14.50-15.10	Kávészünet	
15.10-15.30	Gombos Katalin	Világosságészlelet kromatikus mintáknál a mintaméret és a háttér függvényében
15.30-15.50	Simon Péter Gábor	Diódasoros spektrofotometer üzemeltetése saját szoftverkönyezetben
15.50-16.10	Némethné Vidovszky Ágnes Schanda János	Útvilágítás és mezopos fotometria
16.10-16.30	Várady Géza Fekete Judit	A mezopos káprázás additivitás-vizsgálata LED-es fényforrásokkal
16.30-16.40	Zárszó	
17.00-	Laborlátogatás (Egyetem utca, I épület, 102)	

# Tartalomjegyzék

Rajendra Dangol: Correlation between subjective preferences and colour quality descriptors for LED lighting .....	4
Csuti Péter: Hangolható színeképű világító dióda alapú szimulációs laboratórium a Pannon Egyetemen .....	7
Csuti Péter: Spectrally tuneable LED lighting simulator laboratory room at the University of Pannonia .....	7
Szabó Ferenc: Szilárdtest fényforrások a múzeumlátogatásban .....	9
Szabó Ferenc: Solid State Light Sources in Museum Lighting .....	9
Roman Dubnicka: Comparison of Computed and Measured Values of the Indoor Lighting Parameters .....	11
Deme László: Budapesti Duna-hidak díszvilágítása .....	13
Horváth András, Dömötör Gábor: Számítógépes retina-modell fejlesztése és alkalmazásai ..	16
Filetóth Levente: Belsőterek világítása és virtuális bejárása .....	17
Bodrogi Péter: A fényforrások színminőségének tényezői .....	19
Kolláth Zoltán: Gondolatok egy csillagnéző túra kapcsán.....	22
Sávoly Zsolt, Kránicz Balázs: Felületek spektrális rekonstrukciója digitális fényképek alapján .....	24
Borbély Ákos: Digitális nyomatok időjárás-állósági vizsgálata .....	25
Poppe András: LED modellek mérésekből .....	26
Gombos Katalin: Világosságészlelet kromatikus mintáknál a mintaméret és a háttér függvényében .....	29
Simon Péter Gábor: Diódasoros spektrofotometer üzemeltetése saját szoftverkörnyezetben .	30
Schanda János: Útvilágítás és mezopos fotometria.....	31
Fekete Judit: A mezopos káprázás additivitás-vizsgálata LED-es fényforrásokkal .....	32
Szerzők .....	34

# **Correlation between subjective preferences and colour quality descriptors for LED lighting**

Rajendra Dangol, Mohammad Islam, Pramod Bhushal, Liisa Halonen

CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) Colour Rendering Index (CRI) [1] has been used for over 40 years and has been widely accepted. Despite of its prominence, CIE CRI has numerous deficiencies, one of them being that- it uses outdated colorimetric techniques. The problems of CIE CRI became serious enough to require revision for the metric after the emergence of white light from Light Emitting Diodes (LEDs) [2]. Many visual experiments with LED light sources indicate that LEDs with a low value of the CIE CRI can produce visually appealing, vivid, and natural light [3-5]. The CIE technical committee (TC) 1-62 concluded that the current CIE CRI cannot generally be applied to predict the colour rendering rank order of a set of light sources when white LED light sources are involved in the set [2]. The CIE TC 1-62 recommended the development of a new colour rendering index [2]. The CIE TC 1-69: Colour Rendition by White light sources is currently working on finding a new metric or metrics. There are nine different metrics proposed to the CIE TC 1-69: 1) Rank- order based colour rendering index (RCRI) [6], 2) Feeling of contrast index (FCI) [7], 3) CRI-CAM02UCS [8], 4) Colour quality scale (CQS) [3], 5) Harmony rendering index (HRI) [9], 6) Memory CRI (MCRI) [10], 7) Categorical colour rendering index (CCRI) [11], 8) Gamut Area Index (GAI) and CIE CRI [12], and 9) Monte Carlo method of assessment [13].

In the past the similar study had been conducted by Jost-Boissard et al. [14] by considering three metrics (CQS, full-spectrum colour index (FSCI) and the GAI) along with CIE CRI. Guo et al. [15] investigated the cross-comparison of several metrics based on simulation. However, they did not conduct a user acceptance study. Smet et al. [16] studied the performance of 13 colour quality metrics by calculating the average correlation of the metric predictions with visual scaling of the perceived colour quality obtained in several psychophysical studies. Smet et al. [17] optimized the LED module based on the MCRI and studied the psychophysical rating experiment at 2700 K along with an incandescent lamp with 18 observers. However, to date user acceptance studies were not well known which compared the different LED SPDs, generated for higher or lower values of some of the proposed metrics in CIE TC 1-69, with fluorescent lamps (FLs).

To investigate the subjective preference in terms of naturalness of objects, colourfulness of Macbeth Colour Checker (MCC) chart and visual appearance (brightness and pleasantness) of the lit environment under different light sources, lighting booth experiments were conducted in Lighting Unit, Aalto University. For the experiment, a triple-booth was constructed in a darkroom. The middle section of the booth is installed with a fluorescent luminaire, while the left and right sections are installed with LED luminaires. Six different LED SPDs at CCT 2700 K, were optimized for high CIE CRI, high Colour Quality Scale (CQS) colour preference scale ( $Q_p$ ) [3] keeping  $R_a=80$ , high Feeling of Contrast Index (FCI) keeping  $R_a=80$ , high CQS Relative Gamut area scale ( $Q_g$ ) [3] keeping  $R_a=80$ , low FCI

keeping  $R_a=80$ , and low  $Q_p$  keeping  $R_a=80$ . The optimized LED SPDs were realized with a LED simulator and were assessed in a small-scale lighting booth experiment by 60 observers. Seven objects related to the office environment were selected for the experiments: coloured picture, sample of wood, smartphone, hand (observer's skin), printed text, Coke can, and Macbeth Color Checker (MCC) chart. The results were then compared with the performance of GAI, MCRI, and CRI-CAM02UCS (nCRI).

The experiment results showed that the CIE CRI does not explain the naturalness of objects, colourfulness of MCC chart and visual appearance (brightness and pleasantness) of lit environment under different light sources. It was also found that the LED SPDs which were realized for higher value of  $Q_p$  and  $Q_g$ , were preferred by most of the observers for naturalness of objects, visual appearance (brightness and pleasantness) of lit environment under these LED SPDs, and for colourfulness of MCC chart. The results were statistically significant at the significance level of 0.05. Also, the results indicate that the naturalness of objects was highly correlated with the CQS gamut area scale ( $Q_g$ , version 9.2). The visual appearance (brightness and pleasantness) of lit environment and colourfulness of MCC chart were closely correlated with the CQS gamut area scale ( $Q_g$ ), the CQS colour preference scale ( $Q_p$ ), and the gamut area index (GAI). The CQS colour preference scale ( $Q_p$ ) was also found highly correlated with other metrics like  $Q_g$ , CQS, GAI, the Memory Colour Rendering Index (MCRI). The results also indicate that the subjective preferences of LED light sources were explained closely when a reference-based metric (such as  $Q_p$ ) and an area based metric (such as  $Q_g$  or GAI) were both considered together.

## References

- [1] Commission Internationale de l'Eclairage: *Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources*. CIE publication 13.3, Vienna: CIE, 1995.
- [2] Commission Internationale de l'Eclairage. Colour rendering of white led light sources, CIE Publication 177, Vienna: CIE, 2007.
- [3] Davis W and Ohno Y. Color quality scale. *Optical Engineering* 2010; 49: 033602.
- [4] Sándor N and Schanda J. Visual colour rendering based on colour difference evaluations. *Lighting Research and Technology* 2006; 38(6): 225–239.
- [5] Narendran N and Deng L. Color rendering properties of led light sources. *Proceedings of SPIE* 2002; 4776: 61–67.
- [6] Bodrogi P, Brückner S and Khanh T. Ordinal scale based description of colour rendering. *Color Research and Application* 2011; 36: 272-285.
- [7] Hashimoto TY, Shimizu M and Nayatani Y. New method for specifying color-rendering properties of light sources based on feeling of contrast. *Color Research and Application* 2007; 32(5): 361–371.
- [8] Li M, Luo R, Li C and Cui G. The CRI-CAM02UCS colour rendering index. *Color Research and Application* 2011; 37(3): 160–167.
- [9] Szabó F, Bodrogi P and Schanda J. A colour harmony rendering index based on predictions of colour harmony impression. *Lighting Research and Technology* 2009; 41(2): 165–182.
- [10] Smet K, Ryckaert W, Pointer M et al. Memory colours and colour quality evaluation of conventional and solid-state lamps. *Optics Express* 2010; 18(25): 26 229–26 244.
- [11] Yaguchi H, Takahashi Y and Shioiri S. A proposal of color rendering index based on categorical color names. *International Lighting Congress, Istanbul, 2001*.

- [12] Freyssinier J and Rea M. A two-metric proposal to specify the color-rendering properties of light sources for retail lighting. *Proceeding of SPIE* 2010; 7784: 77 840V–1.
- [13] Whitehead L and Mossman M. A monte carlo method for assessing color rendering quality with possible application to color rendering standards. *Color Research & Application* 2012; 37(1): 13-22.
- [14] Jost-Boissard S, Fontoynt M, Blanc-Gonnet J. Perceived lighting quality of LED sources for the presentation of fruit and vegetables. *Journal of Modern Optics*, 2009; 56 (13): 1420–1432.
- [15] Guo X and Houser KW. A review of colour rendering indices and their application to commercial light sources. *Lighting Research and Technology* 2004; 36 (3): 183–197.
- [16] Smet KAG, Ryckaert WR, Pointer MR, Deconinck G, Hanselaer P. Correlation between colour quality metric predictions and visual appreciation of light sources. *Optics Express* 2011; 19(9): 8151–8166.
- [17] Smet KAG, Ryckaert WR, Pointer MR, Deconinck G, Hanselaer P. Optimization of colour quality of LED lighting with reference to memory colours. *Lighting Research and Technology* 2012; 44: 7–15.

# **Hangolható színeképű világító dióda alapú szimulációs laboratórium a Pannon Egyetemen**

Csuti Péter, Szabó Ferenc, Schanda János

A fényforrás fejlesztés egyik meghatározó fázisa a színekép meghatározása. A fényhasznosításon kívül a fényforrás színeképe meghatározza környezetünk színi megjelenését, hatást gyakorolhat hormontermelésünkre, éberségünkre is. A fényforrás gyártók régi igénye, hogy a sorozatgyártás megkezdése előtt vizuális kísérletek segítségével információt kapjanak annak színminőségi paramétereiről. A világító diódák megjelenése előtt színeképi optimalizálásra a technológiai megkötések miatt csak korlátozottan volt lehetőség.

Kutatólaboratóriumunkban – Európában elsőként – két olyan laboratóriumi helység került kialakításra, amelynek világítása hangolható színeképű világító dióda alapú fényforrással van felszerelve. A fényforrás rendszer 17 féle különböző keskenysávú és 3 féle fényporos fehér LED-ből épül fel. A két laboratórium valós használati tárgyakkal került berendezésre: egyik konyha-étkező környezetet, a másik nappali szoba környezetet teremt a megfigyelésekhez.

Az eddigi, fénydobozban végzett kísérletek ilyen módon átültethetők valós méretű, valós szituációt leíró környezetbe, ahol a kísérleti személy teljes belemerüléssel vizsgálódhat.

Ezekon kívül lehetőség adódik a munkavégzés hatékonyságát befolyásoló színekép vizsgálatára is.

A konferencián a rendszer bemutatásán kívül az első kísérletekről is beszámolunk.

## **Spectrally tuneable LED lighting simulator laboratory room at the University of Pannonia**

Péter Csuti, Ferenc Szabó, János Schanda

One of the most important phases of light source development is the optimization of spectral power distribution. Light source SPD defines not only the luminous efficacy of the light source but also the colour appearance of our environment and has an effect on our hormone system and our alertness as well.

An old claim of light source manufacturers is to get pre-manufacturing information about colour quality parameters of light source with the help of visual experiments. Before the appearance of LEDs manufacturers had only limited possibilities for spectral optimization because of technological restrictions.

In our research laboratory – first in Europe – two laboratory rooms has been developed, which are equipped with spectrally tuneable LED lighting system. This lighting system contains 17 kinds of narrow-band colour LEDs (having peaks between 410nm and 690nm) and 3 kinds of phosphor white LEDs.

The two laboratories have been furnished with real-size objects: one of them simulates a kitchen-dining room environment, the other simulates living room environment for visual experiments.

Visual experiments carried out so far in lighting booths can be adapted into the real-size experimental environment, which describes real situation. Observer is able to do the experiment with full immersion.

Furtherly, there is a possibility for the investigation of SPDs effecting working capability.

At the conference, description of the system will be presented with the introduction of the first experiments.



# **Szilárdtest fényforrások a múzeumvilágításban**

Szabó Ferenc, Csuti Péter, Schanda János

Gazdasági környezetünk helyzete alapján a hagyományosnak mondható, alacsony hatásfokú, rossz fényhasznosítással rendelkező fényforrások (legfőképpen az izzólámpa) alkalmazása fokozatosan háttérbe szorul. Az Európai Unió 2009. szeptember 1-től több lépcsőben, fokozatosan betiltotta az izzólámpák forgalmazását, azok alacsony energetikai hatásfoka miatt. Az utódnak számító modern fényforrások – különösen a világító dióda (LED) alapúak – ötvözik a gazdaságosság, kiváló fényhasznosítás, hosszú élettartam és megbízható működési tulajdonságokat.

A szilárdtest fényforrások a beltéri és közvilágítási alkalmazásokon túl napjainkban lehetséges alternatívaként jelentkeznek a műemlékek, múzeumok világítása esetén is. Felépítésüknél, működésüknél fogva számos elméleti előnyt fogalmazhatunk meg. A mostani tanulmányban a múzeumvilágításra vonatkozó szabványok és irodalmi adatok alapján megvizsgálom a jelenleg használatos fényforrások tulajdonságait, valamint a világító dióda alapú fényforrások alkalmazhatóságának lehetőségét.

A tanulmányban a múzeumvilágítás követelményein kívül a gyakorlati alkalmazás tényezőit is megvizsgálom: beszámolok a LED4ART Európai Uniós projekt eddigi eredményeiről, amely során a Vatikán területén található Sixtus Kápolna világítási rendszere újul meg.

A projektben a Virtuális Környezetek és Fénytán Kutatólaboratórium egy EU-s pályázat konzorciumi tagjaként dolgozik. A mostani tanulmányban főként a kiindulási állapot elemzése és a tervek, valamint első eredmények bemutatása történik.

## **Solid State Light Sources in Museum Lighting**

Ferenc Szabó, Péter Csuti, János Schanda

Based on the current economical situation, the application of so-called traditional light sources having low luminous efficacy (i.e. incandescent lamps) is pushed gradually into background. Commercial distribution of incandescent lamps has been banned by EU from 1<sup>st</sup> September 2009 in more steps, because of their low energy efficacy. Modern light sources said to be their successors – especially LED based ones – compound the properties of excellent luminous efficacy, long life and economic and reliable operation.

Nowadays, solid state light sources (SSL) are rated to be competitive alternatives not only in the field of home-, office- or street lighting, but also in the field of lighting of museums and monuments. Thanks to their set-up and operation, many theoretical benefits can be formulated. In this study, properties of current and LED light sources was investigated and compared with the requirements on museum applications based on standards and literature

regarding museum lighting. As a practical application, the latest results of the reconstruction of the lighting system of the Sistine Chapel were introduced. Virtual Environments and Imaging Technologies Research Laboratory of University of Pannonia is involved in an EU flagship project entitled LED4ART, which has the aim of reconstruction of the lighting system in the Sistine Chapel located in Vatican City.

In this presentation, analysis of start-up state, work plans and first results of objective measurements and visual experiments will be introduced.

# **Comparison of Computed and Measured Values of the Indoor Lighting Parameters**

Gasparovsky Dionyz, Dubnicka Roman, Rusnak Anton

At preparing of the lighting project (Indoor or Outdoor) is necessary to respect legislative the applicable legislative or regulatory requirements regarding with qualitative and quantitative parameters of light. The basic parameters are undoubtedly illuminance level at the work place and uniformity of the illuminance. Other parameters are evaluating of the UGR, Ra index, plan of maintainance characterised by the luminaire maintainance factor (LMF) or other as prescribed by the european standards EN 12464-1 for indoor work places or EN 12464-2 for outdoor work places. According to these standards is necessary to design project properly to create appropriate lighting conditions for people who are working at the working places. Due to unexpected errors in the project to remove them may be too costly. After realisation of the lighting project appears another problem how to verificate whether project is carried out properly or not. This can be done by the measurement of each parameter. The problem is that standards prescribe the concrete values of parameters but they do not sufficiently describe procedure how to do it and at the end how to evaluate and to express what they measured. In some countries exist papers or standards how to do measurement but at the end appears another big problem what is how to interpret the results because of accuracy of used instruments at the measurement, errors of measurement and etc. Accuracy of the measurement depends on choosing of appropriate measurement grid, photometric devices used at the measurement and others. Increasingly, starts at different levels discussion about evaluation and expression of uncertainties of measurements in photometry. Usually people who perform photometric measurements avoid computation of uncertainty of measurement, because it is time consuming, too hard and so on. But according to metrology convenience when somebody performs measurement should properly analyze whole process of the measurement, explore all possible contribution of errors and express result of the measurement with stated uncertainty for 95% confidence interval. These measurements are reliable and can be judged properly when some problems occur. Therefore investigation of described problems has done. This paper concerns quantification of the differences between computed parameters in the lighting project proposal and the reality i.e. measured parameters by the stated procedure according to methodic of ministry of health of Slovak republic. The aim of the research is to evaluate of tolerance of the computation in the lighting project which should be sufficient for people who do lighting projects. Paper brings results of first measurements performed on the carried out indoor lighting projects and investigation of accuracy of the measurement with the vision what should be done in the future.

12																			
11		-18,5	-24,7	-20,2	-24,2	-24,0	-25,9	-27,9	-33,1	-30,5	-29,3	-27,6	-25,9	-24,7	-24,1	-17,4	-11,7		
10		-4,3	-14,7	-15,5	-15,3	-16,0	-18,5	-19,5	-26,3	-23,1	-22,7	-20,2	-19,6	-17,8	-14,0	-5,4	0,7		
9		6,6	-6,3	-7,5	-7,9	-8,9	-9,7	-12,2	-18,7	-16,9	-15,3	-13,8	-12,3	-10,1	-8,4	1,9	7,6		
8		10,8	-1,3	-1,7	-2,5	-3,6	-5,8	-7,3	-13,7	-12,0	-10,0	-8,3	-6,2	-3,5	-0,5	-12,5	7,9		
7		13,3	1,7	0,9	0,5	-1,0	-3,0	-3,4	-11,1	-9,1	-7,3	-5,3	-2,6	0,2	3,5	9,3	11,4		
6		12,6	2,0	0,3	-0,1	-1,4	-3,8	-4,3	-11,3	-9,2	-7,2	-4,6	-3,1	-0,8	3,4	10,4	11,3		
5		8,0	-1,7	-2,6	-3,7	-5,1	-7,0	-8,0	-14,4	-12,4	-10,2	-8,3	-6,7	-3,5	-0,1	7,6	7,5		
4		-2,3	-11,9	-11,4	-10,7	-11,0	-14,2	-14,3	-20,8	-17,7	-16,2	-14,2	-13,2	-10,7	-7,1	1,2	4,9		
3		-16,3	-23,2	-22,8	-23,1	-23,6	-25,4	-24,5	-30,5	-27,8	-25,6	-23,0	-22,1	-20,3	-18,5	-8,8	-5,4		
2		-28,6	-34,7	-34,9	-34,2	-34,4	-36,4	-36,4	-40,8	-38,7	-36,7	-34,4	-32,8	-31,8	-29,4	-22,6	-22,2		
1	↑	-39,1	-42,2	-41,6	-41,7	-40,9	-42,4	-43,4	-47,0	-44,9	-43,1	-40,6	-39,3	-38,2	-36,6	-31,1	-30,4		
0	+ →																		
č.b.		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

**Table.** Example of the differences of the illuminance levels (project vs. measurement)

# Budapesti Duna-hidak díszvilágítása

Deme László

Budapest kiemelt ékességeinek számító belvárosi hidak közül sokáig csak a **Lánchídban** gyönyörködhattünk sötétedés után. A Lánchidat már 1936-ban megvilágították. Több világítási variációt is kipróbáltak, de végül a girland megoldás mellett döntöttek, ami a többszöri átépítés után máig is jellemzője e híd világításának. Azóta is hálás témája bármilyen esti felvételnek a Lánchíd esti látványa, hiszen karaktert ad a Duna-parti látképeknek.

Ha ilyen látványos elemei a városnak a hidak, vajon miért halogatták sokáig kivilágításukat? A válasz roppant egyszerű, nagyon nagy és drága berendezésekről van szó. Összehasonlításként elég ha megjegyezzük, hogy a Lánchíd közelében álló Szent István bazilika díszvilágítását 87 lámpatest alkotja 36 kW teljesítménnyel, a Lánchíd díszvilágítása 1422 lámpatestből áll. Korábban Budapest legnagyobb berendezésének számított 130 kW teljesítményével, de a legújabb korszerűsítést követően jelenleg 45 kW-nál tart.

A **Szabadság-híd** díszvilágításának gondolata először a híd építésének centenáriuma alkalmából merült fel. 1996-ra a híd díszvilágítása ugyan nem készült el, de a szakmai és városképi elképzelések egy olyan látványt vetítettek előre, ami elősegítette, hogy a híd rekonstrukciója kapcsán 2009-ben a díszvilágítás színvonalasan megépülhessen.

A megépült díszvilágítás a függőleges és a ferde Gerber-csuklós tartók szerkezeti láttatásával, a mérnöki konstrukciót próbálja érzékeltetni. Ennek még hangsúlyosabbá tétele érdekében a rácsos tartószerkezetek belsejében elhelyezett lámpatestekkel ezek térbeli sziluettjét rajzolják meg.

Az alsó övek világítása ugyan elmaradt, de a felsők derítést kaptak. Ugyanakkor a világított szakaszok mindkét oldalát derítik. Ehhez az elméletet az adta, hogy a hosszanti íveket majd minden nézőpontból együtt látjuk nappal, ezért este is így élethű, így térbeli a látvány.

A híd fő ékessége a két - obeliszkekkel, turulmadarakkal, koronás címerrel díszített – kapuzat. A világításnak elsőrendűen ezeket kellett kiemelnie. A hierarchikus felépítésű világítási kép csúcán lévő kapuzatoktól indul el a felső övek világítása is, mely távolabb, a partoknál elhal, így is kihangsúlyozva a kapuzatok fontosságát. A híd alsó szerkezeti egységei közül csak a pillérek megvilágítását oldották meg.

Fontosnak tekintették, hogy a díszvilágítás a híd nappali színét adja vissza sötétedés után is. Ennek érdekében meleg tónusú fémhalogénlámpákat választottak ki.

A díszvilágítási érdekessége, hogy Budapesten nagy díszvilágítási berendezésbe először itt épültek be LED-es lámpatestek. Ezeket a vonalas lámpatesteket a hosszanti tartók T szelvényének vonalán belül elhelyezték el és onnan, mintegy 200 mm kiemeléssel világítják meg a 700 mm széles függőleges felületeket.

A Szabadság-híd díszvilágítását 894 lámpatest alkotja, ebből 654 LED-es. A **beépített** teljesítmény 40 kW, ebből a LED-es világítás 13 kW-t tesz ki.

A Szabadság-híd díszvilágítását még 2009-ben követte az **Erzsébet-híd** díszvilágítási átadása.

A japán-magyar koprodukción készült díszvilágítás kialakítása nem volt egyszerű feladat. Abban mindenki egyetértett, hogy fehér színű fényforrásokkal kell a hidat megvilágítani és jó lenne, ha a hídszerkezet egységes látványt nyújtana. A függőhíd jellegét a kapuzatok kiemelésén túl a hosszanti tartókábelek és a függesztőkábelek láttatásával kellett érzékeltetni. Ezeken kívül a pillérek és a hídtest derítése tette teljessé a világítási elképzelést. A megoldásnak azonban különböznie kellett mind a Lánchíd, mind pedig a Szabadság-híd világítási metódusától.

A statikusok részéről egy olyan állásfoglalás született, mely megtiltotta, hogy bármi is a tartókábelekre kerüljön. Megengedte viszont azt, hogy hídtestbe süllyesztett lámpatestekkel lehessen a kábeleket megvilágítani. Erre lehetőséget adott a keresztbordázat közötti 40 cm-es lemezelés, melynek tartó szerepe nincs.

A világítási számítások alapján kiderült, hogy a kívánatos megvilágítási szintet, amit 300 lux körüli értékben határoztak meg a tervezők – figyelembe véve a maximális 34 m-es világítási távolságot – 250 W teljesítményű keskenyen sugárzó fémhalogénlámpás lámpatestekkel lehet produkálni. Mivel a járda és a tartókábel egymástól való távolsága, és ezzel együtt a világítási távolság is, szüntelenül változik - az említett 34 m csúcsmagassággal szemben a legkisebb világítási távolság alig haladja meg az 1 métert - különböző teljesítményű lámpatestek beépítésére volt szükség.

Az egységes világítás megteremtése azonban nem csak azt követelte, hogy megfelelő szinten világítsák meg a főkábeleket, hanem azt is, hogy a világítás minél egyenletesebb legyen. A fókuszált lámpatestek foltos világítást eredményeztek volna. Elengedhetetlen volt a világítási csóvák sávós széthúzása, ovalizálása, ehhez speciális lencsákat használtak.

Az Erzsébet-híd világításánál ugyan a tartókábelek süllyesztett lámpás világítása az igazi újdonság, a technikai bravúr, de a fő attrakciónak mégis a kapuzatok világítását szánták. A díszvilágítás kialakítása lehetőséget kínál a résztvevő két ország nemzeti színeinek kapuzatokon történő megjelenítésre is.

Az Erzsébet-híd világítását 380 lámpatest alkotja, összteljesítménye 38 kW. A mostanában divatos LED alkalmazására itt csupán a hídtest világításánál lett volna mód. A próbavilágításon megjelent zsűri azonban - az akkor jobb benyomást keltő - fénycsövet részesítette előnyben.

A tavaly karácsony előtt átadott **Margit-híd** díszvilágításával már évtizedekkel ezelőtt is foglalkoztak. A hetvenes években országos díszvilágítási pályázatot írtak ki, és a győztes pályamű alapján kiviteli terv készült. Az akkor rendelkezésre álló világítási anyagokkal azonban nem lehetett szimpatikus világítást kialakítani. A tervező, pillérek köré épített járda korlátjára szerelt nagy teljesítményű fényvetőkkel kívánta sűrűfényvel a hidat megvilágítani.

A most átadott berendezés jó alkalmat kínált a legmodernebb lámpatestek szerepeltetésére, a speciális világítási feladatokhoz, sőt arra is, hogy először Magyarországon egy ilyen nagy súlyú berendezés akár kizárólag LED fényforrás alkalmazásával épüljön meg. Ez majdnem sikerült is, figyelembe véve a LED-es lámpatestek túlsúlyát.

Ennek a világítási lehetőségnek a felhasználásával fogalmazták meg a világítási koncepciót.

A 608 m hosszú híd világításánál elsődlegesen az ívek vonalának ritmikus láttatására és a pillérek derengő megjelenítése mellett a Niké és Heraklész szobrok kiemelésére törekedtek. Később csatlakozott a feladathoz az andráskeresztek „mehúzása”, valamint a koronás, címeres pillérdíszek helyi megvilágítása. A világítási motívumokat a szárnyhídon is végig kellett vinni. A világítás határait a három parti pillér jelentette.

A világítással szembeni követelményként a nappali színérzet jó visszaadását fogalmazták meg. Így, bár a hídon a közvilágítás nagynyomású nátriumlámpás lámpatestekkel épült meg, a térben és funkcióban egyaránt külön választható díszvilágításnál éppen ezt a fényforrást zárták ki.

A Margit-híd díszvilágításánál 2800 K színhőmérsékletű LED-eket és 3000 K színhőmérsékletű fémhalogénlámpákat alkalmaztak. Érdekes, hogy a fémhalogénlámpás lámpatesteket a kevésbé igényes világítási feladatoknál részesítették előnyben.

Az egész díszvilágításnál egy ponton kell nagyobb kinyúlású karokról beszélni. A középpillért, függőleges síkbani törése miatt, nem lehetett felülről deríteni. Ide 4 másfél méter kinyúlású tartókat szereltek fel. A karokról le- és fel egyaránt világítanak lencsézett fémhalogénlámpás fényvetők. Az átlós fényvető beállításokkal a kiemelkedő domborművek árnyékosságát próbálták elkerülni.

A Margit- híd díszvilágítási teljesítménye beleillik az általános képbe. Annak ellenére, hogy a Margit-híd díszvilágítását nagy lámpatest mennyiség (1101 db) alkotja, az ebből 893 darabot kitevő LED-es lámpatesteknek köszönhetően, a teljesítménye mindössze 34 kW.

A belvárosi négy Duna-híd esti megjelenítésével Budapest esti látványa nagy mértékben gazdagodott, az új díszvilágítások sokunk régi álmát valósították meg.

## **Számítógépes retina-modell fejlesztése és alkalmazásai**

Dr. Horváth András – Dömötör Gábor

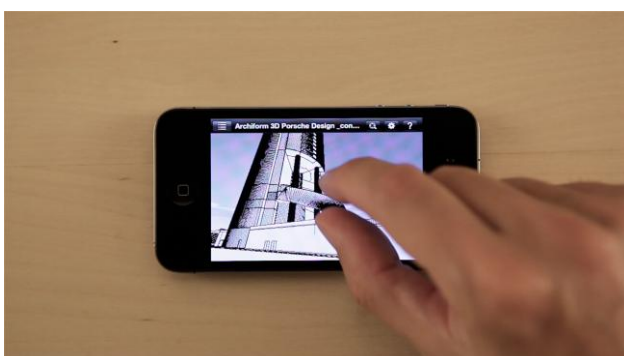
Az emberi retina érzékelőiben összetett folyamatok zajlanak, melyek jelentős mértékben befolyásolják, mit vagyunk képesek észlelni és mit nem. A szerzők által fejlesztett retina-modell képes az érzékelők változó sűrűségét és az érzékelőkben zajló rodopszin termelődési-bomlási folyamatokat modellezni, lehetővé téve a folyamatok valós idejű megjelenítését. A program első változatát a 2011-es Lux et Color Vespremiensis szimpóziumon már bemutattuk, de azóta számtalan továbbfejlesztés történt, mint pl. a belső számításokban az RGB helyett az LMS értékek használata, pontos gamma-korrekciónak számítás a kimenet valóságosabbá tételére, területfüggő érzékelő-ritkítás látótér-kieséses betegségek szimulálására, különösen élénk színek keresése és kiemelése.

Ezekkel a lehetőségekkel a program alkalmazhatósági köre jelentősen bővült. Az előadásban néhány alkalmazás kezdeti fázisát is bemutatjuk.



# Belsőterek világítása és virtuális bejárása

Filetóth Levente



Az építészek egyik fontos feladata a tervezett épület a megrendelő – azaz a laikusok – számára történő bemutatása. A hagyományos tervfeldolgozás során a részletes alaprajzok, metszetek, nézetek, homlokzatok, tömegvázlatok és látványtervek kidolgozása rengeteg munkát és időt követel a tervezőktől; ugyanakkor nem minden esetben talál osztatlan sikerre és megértésre a megrendelők oldaláról. A kliensek az esetek többségében nem járatosak a kétdimenziós tervek hatékony értelmezésében. Néhány látványterv bemutatása pedig nem feltétlenül eredményezi az építész tervkonceptió teljes megértését. A megfelelő tervbemutatás és tervkommunikáció hiánya gyakran megnehezíti a tervezők munkáját és jelentősen hátráltatja a tervezői döntések hatékony kezelését.

Építészmérnökként részt vettem a hazai Graphisoft kutató és szoftverfejlesztő cég egy újszerű termékének kidolgozásában. Ez a programcsomag a tervezett épületek, belsőterek térbeli, interaktív, könnyen elsajátítható bejárását,

bemutatását segíti. Az interaktív tervbejárást lehetővé tevő programcsomag közvetlenül az építésztervezők által használt központi épületmodellből (az ún. ÉIM, azaz épületinformáció modellből) állítható elő egy adatbázis export segítségével - másodpercek alatt - a tervezés bármely fázisában. Az interaktív megjelenítést és bemutatást célzó épületinformáció modell felruházható további olyan tulajdonsággal, mely jelentősen segíti a terv megismerését és megértését (pl. lefuttatható ún. „global illumination” algoritmus melynek köszönhetően azon belsőterek és felületek is jól láthatóak és könnyen bejárhatóak, melyek a tervezés adott szakaszában még nem rendelkeznek természetes vagy mesterséges világítással. Az építésztervezők által használt tervfóliák láthatósága továbbá a belsőterek megjelenítésének jellemzői is szabadon állíthatóak, szabályozhatóak. A terv megértését és az épületmodell interaktív bejárását segíti az ún. „ütközésvizsgálat”, a „gravitáció”, a „repülés bejárési mód”, ill. a sztereo- és takartvonalas megjelenítési módok használata. A belsőterek bejárása nincs kitűzött útvonalhoz kötve, azaz a szemlélő szabadon mozoghat és navigálhat a belsőtérben – a

számítógépes játékokban is használatos - gyorsan elsajátítható, 3D-navigációs rutinok alkalmazásával. Ez a navigációs módszer jól használható hagyományos – egérrel „működő” - számítógépek esetében, de könnyen elsajátítható táblagépek és okostelefonok esetében is, ahol az egér helyett a felhasználó keze és ujjai használatával (un. „gesztusok” révén) navigál az építész által megálmodott, virtuális térben.

# A fényforrások színminőségének tényezői

Bodrogi Péter, Stefan Brückner, Tran Quoc Khanh

## Összefoglalás

Ebben a munkában egy kísérletet mutatunk be, amelyben egy, három különböző fényforrással (izzólámpa, kompakt fénycső és fehér LED) megvilágított, ún. csendéletet figyeltek meg a kísérleti személyek. A csendélet számos színes objektumból állt, amelyeket a megfigyelők a színminőség következő vonatkozásai szerint értékelték észlelet szerint, folyamatos skálákon: világosság, színpreferencia, színharmónia, színekategóriák, színekészlet (ún. gamut), színkülönbségek, folytonos színátmenetek, memóriaszínek valamint a színvisszaadás. A skálákon felvett értékekből meghatároztuk a színminőség legfontosabb faktorait: a színvisszaadást, a színpreferenciát és a világosságot. Kiszámítottuk ezen három faktor átlagértékeit a fenti három fényforrásra. A három fényforrás egymás közötti színminőségi rangsora – a három különböző faktor szerint értékelve – különböző [1,2].

## Bevezetés

Beltérben 600 lx felett már megfelelő a vizuális teljesítmény (látásélesség, olvashatóság, kontrasztészlelet). Egy adott alkalmazáshoz ma általában a fehérpont színárnyalata szerint választják ki a fényforrást, pl. 2700 K lakásokban és 4000 K vagy 6500 K irodákban. A fehér LED-eket tartalmazó fényforrások spektruma azonban ma rugalmasan tervezhető, és egy adott fehérpont technológiailag sokféle relatív spektrummal valósítható meg. Ezek közül ki lehet választani azt, amelyik a fontos színes objektumokat kedvező színészleletet biztosítva világítja meg, vagyis jó színminőséget nyújt. Kérdés, milyen összefüggések állnak fenn a színminőség vonatkozásai között és leírhatók-e ezek közös faktorokkal [1,2].

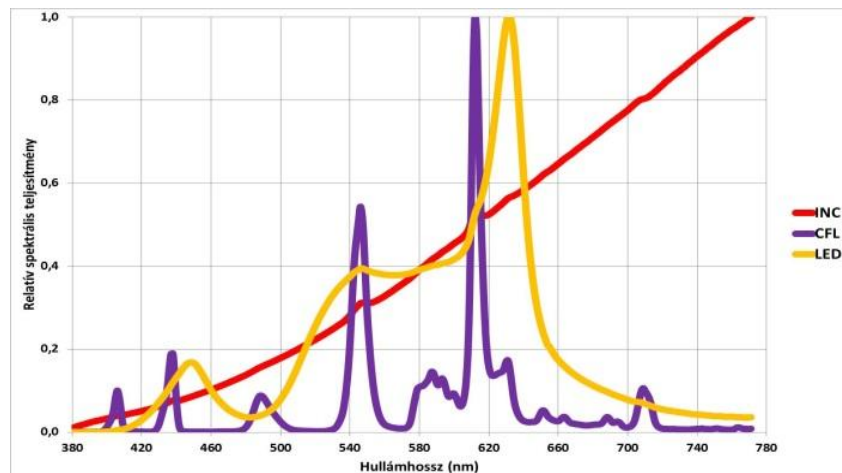
## Kísérleti módszer

A Technische Universität Darmstadt Világítástechnikai Tanszékén (Fachgebiet Lichttechnik) felépítettünk egy megfigyelődobozt, ún. „csendéletet” (1. ábra), amely számos színes mesterséges objektumból állt [1,2].



1. ábra. „Csendélet” a színminőség tényezőinek vizuális skálázásához (a kép forrása: [1])

A 30 kísérleti személy az 1. ábrán látható „csendélet” színes objektumait értékelte a három fényforrás alatt: izzólámpa (INC, referencia,  $R_a=100$ ), kompakt fénycső (CFL, teszt-fényforrás,  $R_a=84$ ) és a fehér LED (LED, teszt-fényforrás,  $R_a=89$ ). Spektrumukat a 2. ábra mutatja. Mindhárom fényforrás esetén a fehér etalonon kb. 2600 K-t és  $107\pm 6$  cd/m<sup>2</sup>-t mértünk.

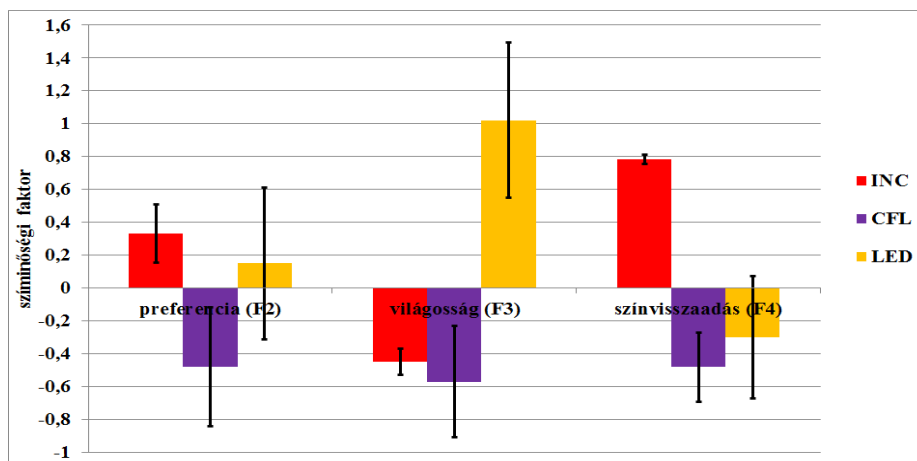


2. ábra. A fényforrások relatív emissziós spektrumai (a kép forrása: [2]). INC: izzólámpa; CFL: kompakt fénycső; LED: összetett fehér LED fényforrás.

A kísérletben a három fényforrást egymás után felváltva kapcsoltuk be. A megfigyelő a csendélet tárgyait szemlélve – minden fényforrás alatt külön – folyamatos 0 és 100 közötti (vagy 0 és felül korlátlan) papír-skálákon tollal megjelölve értékelte a színminőség következő vonatkozásait: 1. világosság, 2. színpreferencia, 3. színharmónia, 4. színekategóriák megkülönböztethetősége, 5. színekészlet (ún. gamut), 6. kis színekülönbségek megkülönböztethetősége, 7. a színátmenetek észlelt folyamatossága az objektumok felületén, 8. memóriaszínekhez való hasonlóság valamint 9. a színvisszaadás. Ezek alkották a  $V_1$ - $V_9$  nevű statisztikai változókat (810 eredmény, 9 skála x 30 megfigyelő x 3 fényforrás) [1,2].

### Eredmény

A fenti adathalmazt korrelációs mátrix alapú faktoranalízisnek vetettük alá, és 6 faktort ( $F_1$ - $F_6$ ) találtunk. Utóbbiakat a következőképpen neveztük el: memória, preferencia, világosság, színvisszaadás, gamut és színekülönbségek. A 3 fényforrás alatt a következő 3 faktor adott szignifikánsan különböző átlagértéket: preferencia ( $F_2$ ), világosság ( $F_3$ ) és színvisszaadás ( $F_4$ ). A három fényforrás egymás közötti színminőségi rangsora – ezen három faktor szerint értékelve – különbözőnek bizonyult [1,2], amelyet a 3. ábra mutat.



3. ábra. Szignifikánsan különböző átlagértékű faktorok a 3 fényforrás alatt: preferencia ( $F_2$ ), világosság ( $F_3$ ) és színvisszaadás ( $F_4$ ). (A kép forrása: [2])

Amint a 3. ábrán látható, és T-tesztek is megerősítették, a preferencia ( $F_2$ ) az INC és a LED esetén nagyobb, mint a CFL esetén. A világosság ( $F_3$ ) a LED esetén nagyobb, mint az INC és a CFL esetén. A színvisszaadás ( $F_4$ ) az INC esetén nagyobb, mint a CFL és a LED esetén [1,2].

## Irodalom

[1] Bodrogi P, Brückner S, Khanh TQ, Winkler H, Visual Assessment of Light Source Color Quality, Color Res. Appl., Early View, 2011.

[2] Bodrogi P, Brückner S, Winkler H, Khanh TQ, Kenngrößen der Farbqualität in der Innenraumbeleuchtung, 20. Gemeinschaftstagung Licht 2012, Berlin, 2012.

# A fényszennyezés és a mesterséges fények színének kapcsolata

Kolláth Zoltán

Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló Kormányrendelet (OTÉK) 2012 augusztusától érvényes módosítása jelentős előrelépést jelent a fényszennyezéssel kapcsolatos jogi szabályozásban. A sokszor funkció nélküli, fényszennyező és energiapazarló kültéri világítások elburjánzását csak központi szabályozással lehet megakadályozni - ennek hiányában sok olyan világítási megoldás született, amelyek ellentmondanak a józan ész diktálta követelményeknek, és teljesen feleslegesen világítják meg megfogható cél nélkül az égboltot az éjszaka közepén. Az ilyen világítások – a csillagászati és ökológiai problematikán túlmenően – humán egészségkárosító hatással is rendelkeznek. Reméljük, hogy az OTÉK módosítása gátat szab az ilyen jellegű megoldásoknak – de a tényleges pozitív változásokhoz a tervezőknek több szempontot is figyelembe kell venniük.

A rendelet a fényszennyezés definíciójában a káros élettani és környezeti hatásokon kívül megemlíti az égbolt mesterséges kifényesedését is. Ez az utóbbi jelenség jól mérhető, az éjszakai égbolt fénysűrűsége egy jól definiált mérőszám. A mennyiség védett területeken – kifejezetten a csillagoségbolt-parkokban és azok környezetében – egy fontos minőségjelző is. Ha az ilyen területeken az is érdekel bennünket, hogy az emberi szem miként érzékeli az éjszakai égbolt látványát, akkor figyelembe kell venni azt is, hogy a szkotopos látás tartományában vagyunk. Az OTÉK nem foglalkozik a kültéri világításban használt fényforrások spektrális összetételével – erre nemzetközi szinten sincs jó példa, leszámítva speciális védett területeket, pl. csillagászati obszervatóriumok védőövezetét. Azonban a nem megfelelő színi összetételű világítás is károsíthatja a környezetünket, még akkor is, ha egyébként más paraméterekben megfelel a jogszabály követelményeinek.

Több olyan égi jelenség és objektum létezik, amelynek fénysűrűsége mindössze pár ezred  $\text{cd}/\text{m}^2$ , azaz egyértelműen a szkotopos, éjszakai látás tartományába esik. Zavaró fényektől távol az ilyen látványosságok könnyedén megfigyelhetők. Azonban a megfigyelhetőség erősen függ az égbolt mesterséges kifényesedésének spektrumától is. Véletlen egybeesés, hogy a nátriumlámpák spektruma szerencsésnek bizonyult mind a természeti környezet, mind a csillagászat szempontjából. Narancsos fényük szkotopos látási körülmények között kevésbé zavaró, mint a fehér színű fényforrásoké. Előadásomban több fényképfelvételre alapuló példát is bemutatok, miként változik az égbolt látványa a mesterséges háttér színének függvényében.

A fényforrások spektrumának élővilágra gyakorolt hatása viszonylag egyszerűen megadható, ha ismerjük egy faj vagy az ember esetében a látásra és egyéb biológiai folyamatokra vonatkozó spektrális érzékenységet. Ezenfelül a légkör viselkedése is más a hullámhossz függvényében – a kék fény jobban szóródik, mint a vörös. Ezeket figyelembe véve tudjuk összehasonlítani a különböző fényforrások hatását. Abszolút mérőszám sok esetben nem létezik, ezért célszerű egy rögzített fényforráshoz hasonlítani a többi lehetőséget. Mivel a nátriumlámpák sok szempontból kedvezőek, ezt a fényforrást választjuk etalonnak.

Kellő mennyiségű fényforrás spektrumának birtokában, a légköri fényterjedés modellezésével és az érzékenységi függvények ismeretében számszerű eredményt is adhatunk a kültéri világítás színének hatásáról.

A számolások eredménye szerint jelentős fényszennyezés-növekedést jelenthet a fehér fényre való áttérés, ha azt nem meggondoltan teszik. Ha a nem megfelelő színhőmérsékletű világítás még a horizont síkja fölé irányuló világítással is társul, az optimális megoldáshoz képest egy nagyságrenddel is kifényesedhet az égi háttér, ami pl. a Tejút látványának elvesztéséhez is vezethet.

# **Felületek spektrális rekonstrukciója digitális fényképek alapján**

Sávoli Zsolt, Dr. Horváth András, Dr. Kránicz Balázs

Felületek reflexiós tulajdonságainak kinyerése digitális fényképekből reménytelennek tűnő feladat, hiszen a pixelek RGB-értékei roppant kevésnek tűnhetnek bármiféle reflexiós színek előállításához. A feladatra több helyről mutatkozna igény, így érdemes a mélyebb szintű követelményeket és esetleges megoldási ötleteket is megvizsgálnunk. Az előadásban olyan módszereket mutatunk be, melyekkel a feladat már elfogadható minőségben oldható meg, ha a reflexiós tulajdonságokról bizonyos kvalitatív tulajdonságokat feltételezhetünk. Összefoglaljuk a módszerek matematikai hátterét, példákat mutatunk be az eddigi eredményekből, és szót ejtünk a digitális fényképezőgépek e téren történő használhatóságáról is.



# **Digitális nyomatok időjárás-állósági vizsgálata**

Borbély Ákos

A napfénynek kitett nyomdatermékek öregedésének jól látható jele a fakulás. A kirakatban bemutatott nyomtatott csomagolóanyagok esetében az élettartam legfontosabb tényezője a fényállóság. Az élettartam vizsgálatára szabadtéri és a laboratóriumi gyorsított öregítési tesztek végezhetők el. Időjárás-állóság vizsgáló berendezésben ellenőrzött körülmények között szimulálhatók a környezeti hatások, lényegesen rövidebb idő alatt, mint a szabadtéri állomásokon. Intézetünkben egy Atlas Suntest XLS+ berendezésben szimuláltuk a kirakatba kitett nyomtatott anyagok élettartamát. A digitális (festéksugaras és elektro-fotográfiai) eljárással nyomtatott öntapadó nyomathordozók besugárzásához nappali sugárzáseloszlást szimuláló xenonlámpát használtunk ablaküveg szűrővel. A nyomatok optikai tulajdonságainak fokozatos változását mértük 48 órás besugárzási időszakokat követően. Vizsgálataink a nyomatok optikai denzitásának, árnyalat-átviteli görbéinek, színjellemzőinek és reprodukálható színtartományának változására terjedtek ki.

Kulcsszavak: digitális nyomtatás, mesterséges öregítés, időjárás-állóság

# Led modellek mérésekből

## Test based modeling of LEDs

Poppe András, Molnár Gábor, Hegedűs János

A good LED lighting design must be cool. That is, the junction temperature of the LED chip must be kept low at all times. And the design must also be cool not only by thermal means. A well designed LED based lighting application considers the light output at the operating temperature of the LED and calculates with the so called hot lumens in order to meet the required lighting specifications such as the illuminance level on desk in an office in general lighting applications or the illuminance on the road surface – if the application area is streetlighting.

How can one achieve the conformance to lighting standards with LEDs? We have to know the hot lumens of the cool LEDs. Proper cooling assures the assumed level of efficiency. If we know the hot lumens, the lighting application in question can be designed to meet the requirements even at the highest ambient temperature of an LED lamp or luminaire. So, on one hand we have to know, how the behavior of an LED depends on temperature. On the other hand one should be able to simulate the thermal properties of a luminaire or complete lighting application under different conditions.

Unfortunately thermal data of LEDs such as the numerical value of temperature sensitivity of the luminous flux is not easily obtained from graphs provided in product data sheets. Thermal properties of LED packages are also ambiguously published – as it is not always clear if the published thermal resistance values were obtained by considering the light output in the calculations; many times light output is not considered at all.

Nowadays there are tools available which help designers and manufacturers of LED based lighting systems to overcome the above mentioned difficulties. With a combined thermal and radiometric/photometric characterization of LEDs information can be obtained for subsequent steps of the design process. Compact thermal models of LED packages can be obtained from such measurements which also deliver the real thermal resistance of LED packages/assemblies. Such a model can be used to replace the LED in a subsequent CFD (computational fluid dynamics) based thermal simulation.

By setting the temperature of the test environment during measurements the hot lumens and the temperature sensitivity of the luminous flux can be identified. This value combined with the results of the CFD-based thermal analysis of a particular design of the LEDs' cooling solution allows lighting designers to check if the lighting specs are met: are the hot lumens sufficient enough in the given application.

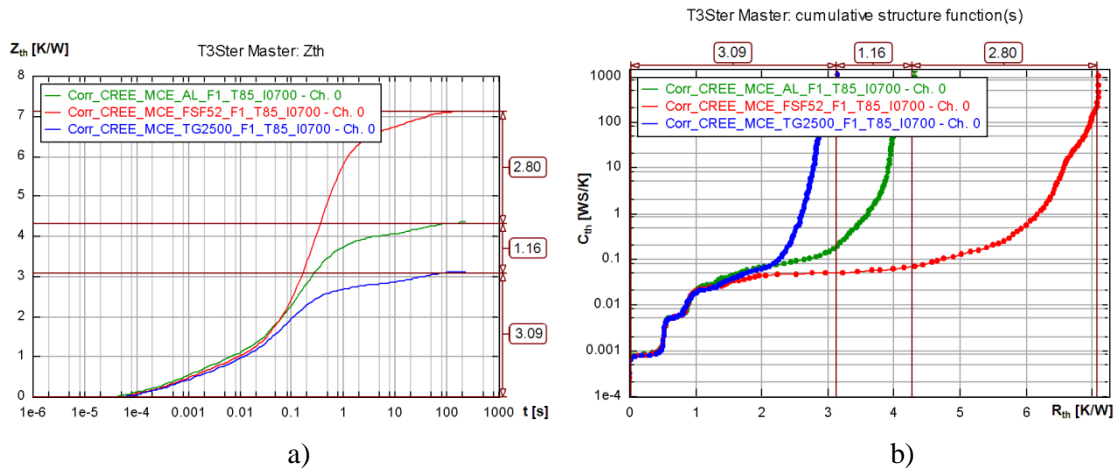


Figure 1: Thermal impedance of 3 different cooling solutions aimed at streetlighting luminaire applications: a) Zth-curve representation, b) structure function representation

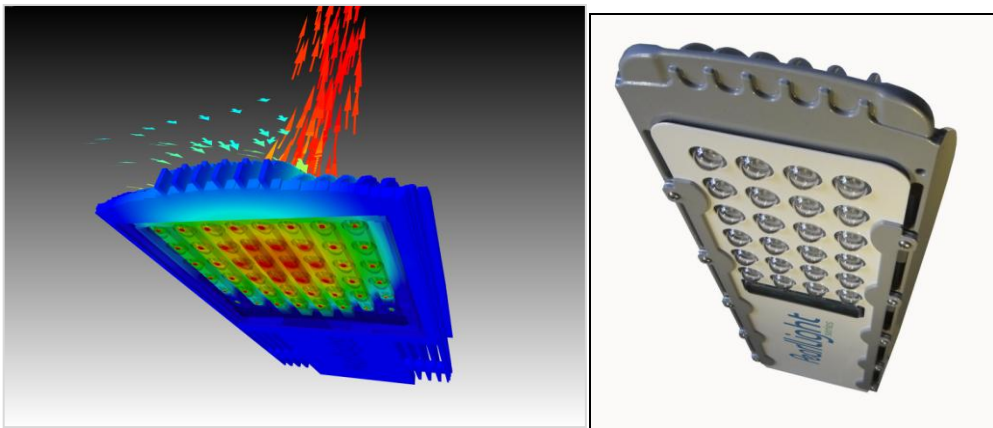


Figure 2: CFD model and the final prototype of a streetlighting luminaire, designed with test based compact model of LED packages

CFD-based thermal design tools are being used to design all parts of the lighting product outside the packaged LED itself, including the MCPCB, heatsink, fan or synthetic jet cooling system and the enclosure. Typically the LED is represented by a thermal model, derived by the vendor using sophisticated thermal test equipment to characterize the LED as a thermal resistor-capacitor (RC) ladder model which can be pulled into the thermal design tool from a library. This approach was taken in a streetlighting luminaire design project – details of this will be presented.

Modeling the thermal interfaces, thermal interface materials in CFD tools has always been a critical issue. In many cases reliable thermal data of TIM performance is missing. Thermal transient testing was proven to be an ideal tool to help designers obtain the missing information regarding the actual application conditions of TIMs in LED lighting application. Practice has shown that TIM performance may show temperature dependence as well as it may change in time. There are materials which degrade, there are some which show slight improvement. Examples regarding TIM in LED lighting applications will also be shown.

Last but not least, cool LEDs tend to live longer. Some results of an independent study on LED life time tests will be shown. Correlation between LED light output stability and structural stability of the junction-to-ambient of heat-flow path was found.



# Világosságészlelet kromatikus mintáknál a mintaméret és a háttér függvényében

Gombos Katalin

Két azonos színű és fénysűrűségű, de eltérő méretű korong különböző világosságúnak tűnhet a méret a háttér függvényében, ugyanakkor a színészleletnek és a világosságnak információtaralma lehet. Hogy a megfelelő észleletet minél pontosabban biztosítani tudjuk, az abszolút fénysűrűségi értékek beállítása mellett számításba kell venni az emberi látási folyamatok jellemzőit. A látórendszerünk több mint egy egyszerű fénymérő készülék, mivel a retinánkra vetülő képet szűri, illetve kiemeli a nagyobb jelentőségűnek ítélt részleteket, mint például az éleket. Kutatásomból ezúttal a világosságészleletet befolyásoló objektumméret és a háttérszín befolyásoló hatását szeretném bemutatni.

A kísérlet során használt feladatban két különböző méretű, színes háttérű színes minta világosságát kellett a megfigyelőknek megállapítani: a minták azonos paraméterűek (színezetű, fénysűrűségű), de különböző méretűek voltak, és egyszerre jelentek meg a képernyőn. Az összehasonlításra került minták  $0,5^\circ$ -os és  $5^\circ$ -os látószögben látszottak. A kromatikus kísérletek színei: kék, vörös, zöld és sárga. A tesztelők által a kör világosságaként a skálán megjelölt fénysűrűségek (equivalens fénysűrűség) átlagát viszonyítottam a tesztelt minta fénysűrűségi értékéhez, majd 100-zal szoroztam. Ezt a mennyiséget a továbbiakban equivalens fénysűrűségi indexnek nevezem (EFI). A statisztikai próbák (t- és Welch-próba) a méret okozta világosság különbségekre irányultak: mely paraméterű tesztmintáknál van szignifikáns különbség a két különböző objektum világosság észlelete között.

A méret okozta világosság különbség kék és piros háttereken jelentős. Sárga és zöld háttereken a kék és piros mintáknál találunk méret okozta világosság különbséget. A sárga háttérű zöld mintáknál, illetve a zöld háttérű sárga mintánál jelentős eltérés nem volt tapasztalható a kisebb és a nagyobb minták világossága között. Digitális képernyőn történő megjelenítés tervezésekor érdemes figyelembe venni, hogy a méret befolyásolhatja a világosságot, különösen kék és piros színek esetében, akár háttérként, akár mintaként szerepelnek.

# **Diódasoros spektrofotometer üzemeltetése saját szoftverkörnyezetben**

Simon Péter Gábor

Egy kompakt, diódasoros spektrofotométer számtalan felhasználási lehetőséget kínál a spektrális méréseken alapuló feladatokra. A gyártó által biztosított szoftver nem minden esetben nyújtja azokat a funkciókat, amelyekre az adott területen épp szükség van. Amennyiben mégis létezik a célnak megfelelő, azt általában külön kell megvásárolni és így sem biztos, hogy az összes elvárásnak maradéktalanul megfelel.

Ilyenkor felmerül az informatikusban a saját szoftver fejlesztésének a lehetősége. Adott egy USB csatlakozású spektrofotométer, egy dinamikus függvénykönyvtár (forráskód nélkül), és a hozzá tartozó dokumentáció. A cél, hogy egy olyan program készüljön, amely képes a mért spektrális teljesítmény-eloszlást, és a belőle számított színességi koordinátákat, és egyéb paramétereket valós időben, megadva a lehetőségét a többféle színíngermegfeleltető függvény használatának is. Mindezen felül a készülék funkcionálhat megvilágítás-mérőként, vagy használhatjuk akár fényáteresztő képesség megvizsgálására is. A készülő szoftvernek erre mind lehetőséget kell nyújtania.

A feladat azonban sokkal több problémát vet fel, mint az elsőre látszódnak. Már a műszer „megszólaltatása” is jelentős kihívásnak bizonyult a lefordított dll-ben függvényhívási konvenciók, és az adatszerkezetek bináris szintű elrendezése miatt, melyet a dokumentáció nem említ. További kihívást jelent a különböző korrekciók elvégzése, mint például a nem egyenlőközű - egyenlőközű mintavételezésű spektrum átszámítása, vagy a konstrukcióból adódó nem-linearitások, és egyéb nem kívánt hatások kompenzálása.

Egy ilyen spektrofotométer sokkal hasznosabbá válhat, ha a hozzá tartozó eszközök is a kívánt funkcionalitást nyújtják. Az ehhez szükséges kalibrációk elvégzése legalább akkora kihívás, mint a szoftver kifejlesztése.

# Útvilágítás és mezopos fotometria

Némethné Vidovszky Ágnes, Schanda János

A CIE a közelmúltban közzétett egy műszaki jelentést, melyben a vizuális teljesítmény alapján meghatározható mezopos adaptációs fénysűrűség meghatározását írja le. Nyitva maradt azonban a kérdés, hogy miként lehet az adaptációs fénysűrűséget meghatározni. A jelen dolgozatban számba vesszük azokat a világítástechnikai helyzeteket, melyek az adaptációs fénysűrűség meghatározásánál támpontot szolgáltatnak a meghatározáshoz. Az 1. ábra összetett világítású utcaképet szemléltet, ahol a látómezőben többféle fényforrás is szerepel.



1. bára. Összetett világítású esti utcakép.

Tudomásunk szerint ilyen esetre még nem dolgoztak ki megfelelő algoritmust a különböző látótér-részekben megjelenő fénysűrűségek és az adaptációs fénysűrűség összefüggésének meghatározására.

Javaslatot teszünk laboratóriumi kísérletre, melynek segítségével ezen kérdés megoldásához közelebb juthatunk.

# A mezopos káprázás additivitás-vizsgálata LED-es fényforrásokkal

Várady Géza, Fekete Judit

A mesterséges világítás megjelenése lehetővé tette az ember számára, hogy tevékenységét ne csak nappal, hanem akár éjszaka is folytathassa. Ez a tevékenysége nem korlátozódik a belső térre, ennek megfelelően adott esetben a külső tér megvilágítására is szükség lehet. Különösen igaz ez az éjszakai autóvezetésre, hiszen alkony után is – amikor a látási képességek már jelentősen lecsökkentek – találunk közlekedőket az országutakon. Tisztában kell azonban lennünk azzal, hogy a sötétedés utáni időszak látási lehetőségei (mezopos látás) jelentősen eltérnek a nappali világosság (fotopos látás) melletti látási körülményektől.

Éjszakai vezetés során elsősorban a gépkocsik fényszórója okoz zavaró káprázást (DG – Discomfort Glare) a szembejövő jármű vezetője számára, a látószervet nagymértékű, gyakori alkalmazkodásra kényszerítve.

Mivel az emberi szemnek mind a kontraszt-érzékenysége, mind a káprázás (elsősorban a zavaró káprázás) érzékenysége eltér a fotopos látás színképi érzékenységtől, előzőleg már kísérleteket végeztünk a mezopos tartományhoz adaptált szem káprázás-érzékenységének spektrális eloszlásának meghatározására.

Mivel eredményeink laboratóriumi kísérletekből származtak monokromatikus ingerek esetén, végső következtetések levonása az autó fényszórók optimális színképére csak további kérdések megválaszolása esetén lehetséges: additív-e ezek a függvények, azaz érvényes-e Abney törvénye, lehet-e a fehér fény spektrumának hatásával számolni, használva a mindennapos fotometriai technikákat, vagy ezek – hasonlóan a fotopos világossághoz – nem mutatnak szigorú additivitást.

Jelen kísérletünkben azt vizsgáltuk, hogy mezopos látási körülmények között mennyire teljesülnek Abney törvényei, azaz hogy az egyes hullámhosszakon való besugárzásra fenn áll-e az összegzés és arányosság tétele. Kísérletünkben első lépésként három LED-et választottunk, egy vöröset, egy zöldet és egy sárgát. A vörös és a zöld chipekből egy klasztert képeztünk, így fényüket könnyen össze tudtuk keverni. A vörös és zöld LED-ek additív keverékét úgy állítottuk be, hogy ugyanolyan színű fényt eredményezzen, mint a sárga LED ( $\Delta E=0,00567$ ). A kísérlet közben a tesztalanyoknak az volt a feladatuk, hogy állítsák be a sárga LED intenzitását ugyanolyan zavaró szintre, mint amilyen zavarást a vörös-zöld (referencia fényforrás) LED okozott. A kísérletet a de Boer skála 1-es, 3-as és 5-ös zavaró káprázási szintjein végeztük el.

Az eredmények kiértékelésekor a radiometriai adatokból azt találtuk, az ugyanahhoz a káprázási szinthez szükséges teljesítmény a két fényforrás esetén nem egyenlő. Mivel a teljesítmény-eloszlások görbe alatti területeinek értéke nem egyezik meg, így két esetre következtethetünk. Ha a területek egyenlőségét várjuk, és erre értjük a fizikai megfelelést, akkor a fenti eltérést egy súlyfüggvénnyel kell korrigálni. Ez a súlyfüggvény lesz várhatóan a



*mezopos káprázási spektrális érzékenységi görbe.* Ha azt várjuk, hogy a fenti területeknek nem kell egyenlőnek lenniük az egyenlő érzethez, akkor az *additivitás nem* áll fenn, illetve elképzelhető, hogy az érzet és mért értékek közti összefüggés nem tisztán a területtől, de várhatóan az érintett spektrum részletektől, a spektrumrészletek nagyságától, esetleg valamilyen minimális jelszinttől függ. Ezen feltételezéseket várhatóan több színekombináció és megfeleltetett keskenysávú fényforrás páros lemérésével igazolhatnánk.

## Szerzők

Bodrogi Péter

Technische Universität Darmstadt

e-mail: bodrogi@lichttechnik.tu-darmstadt.de

peter.bodrogi@gmx.de

Borbély Ákos

Óbudai Egyetem, Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

e-mail: borbely.akos@rkk.uni-obuda.hu

Csuti Péter

Pannon Egyetem, Virtuális Környezetek és Fénytani Kutatólaboratórium

e-mail: csuti.peter@virt.uni-pannon.hu

Deme László

e-mail: deme.laszlo@lisis.hu

Dömötör Gábor

Széchenyi István Egyetem, Fizika és Kémia Tanszék

Győr, Egyetem tér 1.

Fekete Judit

Pécsi Tudományegyetem, Egészségtudományi Kar

e-mail: judit.fkt@gmail.com

Filetóth Levente

okl. építészmérnök, Ph.D.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építészmérnöki Kar

Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

e-mail: lfiletoth@gmail.com

Gasparovsky Dionyz

Slovak University of Technology FEI STU

Gombos Katalin

Pannon Egyetem, Veszprém

e-mail: gombos\_katalin@yahoo.com

Hegedűs János

Mentor Graphics Mechanical Analysis Division MicReD Team

Budapest XI, Gábor Dénes utca 2, H1117 Hungary

Budapest University of Technology and Economics, Department of Electron Devices  
Budapest XI, Magyar tudósok körútja 2, Bldg. Q, H1117 Hungary

Horváth András

Széchenyi István Egyetem, Fizika és Kémia Tanszék  
Győr, Egyetem tér 1.  
e-mail: horvatha@sze.hu

Kolláth Zoltán

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, KTM Csillagászati Intézet  
e-mail: zkollath@gmail.com

Kráncz Balázs

Pannon Egyetem Mérnöki Kar, Fizika és Mechatronika Intézet  
8200 Veszprém, Egyetem u. 10.  
e-mail: kraniczb@almos.uni-pannon.hu  
tel.: 88-624602

Liisa Halonen

Department of Electronics, Lighting Unit, Aalto University, School of Electrical Engineering, Espoo, Finland

Mohammad Islam

Department of Electronics, Lighting Unit, Aalto University, School of Electrical Engineering, Espoo, Finland

Molnár Gábor

Mentor Graphics Mechanical Analysis Division MicReD Team  
Budapest XI, Gábor Dénes utca 2, H1117 Hungary

Némethné Vidovszky Ágens

Budapesti Műszaki Egyetem

Poppe András

Mentor Graphics Mechanical Analysis Division MicReD Team  
Budapest XI, Gábor Dénes utca 2, H1117 Hungary  
Budapest University of Technology and Economics, Department of Electron Devices  
Budapest XI, Magyar tudósok körútja 2, Bldg. Q, H1117 Hungary  
e-mail: Andras\_Poppe@mentor.com  
poppe@eet.bme.hu

Pramod Bhushal

Department of Electronics, Lighting Unit, Aalto University, School of Electrical Engineering, Espoo, Finland

Rajendra Dangol

Department of Electronics, Lighting Unit, Aalto University, School of Electrical Engineering, Espoo, Finland

e-mail: rajendra.dangol@aalto.fi

Roman Dubnicka

Slovak University of Technology FEI STU

e-mail: roman.dubnicka@stuba.sk

Rusnak Anton

Slovak University of Technology FEI STU

Sávoli Zsolt

Széchenyi István Egyetem, Fizika és Kémia Tanszék

Győr, Egyetem tér 1.

email: savoli@mail.barossgyor.hu

Schanda János

Pannon Egyetem, Virtuális Környezetek és Fénytani Kutatólaboratórium

e-mail: schanda.janos@virt.uni-pannon.hu

Simon Péter Gábor

Pannon Egyetem, Műszaki Informatika Kar, Mérnök informatikus BSc

e-mail: simonmatyi@gmail.com

Stefan Brückner

Technische Universität Darmstadt

Szabó Ferenc

Pannon Egyetem, Virtuális Környezetek és Fénytani Kutatólaboratórium

e-mail: szabo.ferenc@virt.uni-pannon.hu

Tran Quoc Khanh

Technische Universität Darmstadt

Várady Géza

Pécsi Tudományegyetem, Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar