

INGINERIA ILUMINATULUI

Lighting Engineering

Vol. 5, No. 12 – Winter, December 2003 (printed in March 2004)

3 Editorial – Recent trends on advanced daylighting systems

Florin POP

5 Design of new efficient luminaire considering multiple inter-reflections between lamp and reflector

Koichi IKEDA, Yoshio TORIYAMA

13 Architectural lighting, chromaticity and environment

Florin POP, Horia F. POP, Sandor ORBAN

19 Lighting education and research at the National Technical University of Athens

Frangiskos V. TOPALIS

29 Daylight availability and direct illumination under clear sky conditions in Greece

Katerina TSIKALOUDAKI, Dimitris ARAVANTINOS

Conferences and symposiums

45 *The 3rd International Lighting Conference **ILUMINAT 2005** & The 3rd Balkan Conference on Lighting **BALKANLIGHT 2005**, Cluj-Napoca, June 2-3, 2005, First announcement*

47 *Sinaia 2003 National Symposium on Lighting*

Camelia BURLACU

Information

49 *Natural and artificial lighting systems and their integration for visual comfort and energy saving An Italian national research program*

52 *Issue on modular PV systems implementation: technical, economical and social aspects.*

An Albanian-Greek scientific and research cooperation project

Edmond M. HIDO

56 *Lighting Engineering Center – LEC – UTC-N*

Florin POP

59 *Lighting in the New World. LED's - A Bright New World*

Cristian SUVAGAU

Romanian National Committee on Illumination (CNRI) - Administration Board (2003-2007)

INGINERIA ILUMINATULUI

Anul 5, Numărul 12 (Iarna) - 2003

3 Editorial – Direcții actuale în sisteme de iluminat natural avansate

Florin POP

5 Proiectarea unui nou aparat de iluminat eficient considerând inter-reflexii multiple între lampă și reflector

Koichi IKEDA, Yoshio TORIYAMA

13 Iluminatul arhitectural, cromaticitate și ambianță

Florin POP, Horia F. POP, Sandor ORBAN

19 Învățământ și cercetare în iluminat la Universitatea Tehnică Națională din Atena

Frangiskos V. TOPALIS

29 Disponibilitatea de lumină naturală și iluminarea directă în condiții de cer senin în Grecia

Katerina TSIKALOUDAKI, Dimitris ARAVANTINOS

Conferințe și simpozioane

45 *A 3-a Conferință Internațională ILUMINAT 2005 & A 3-a Conferință Balcanică în Iluminat BALKANLIGHT 2005, Cluj-Napoca, 2-3 Iunie 2005, primul anunț*

47 *Simpozionul Național în Iluminat - Sinaia 2003*

Camelia BURLACU

Informații

49 *Sisteme de iluminat natural și artificial și integrarea lor pentru confort vizual și economisire de energie - un program italian de cercetare la nivel național*

52 *Aspecte tehnice, economice și sociale privind implementarea sistemelor PV modulare - un proiect de cooperare în cercetarea științifică Albania – Grecia*

Edmond M. HIDO

56 *Centrul de Ingineria Iluminatului – UTC-N*

Florin POP

59 *Iluminatul în Lumea Nouă. LED-urile, o lume nouă strălucitoare*

Cristian ȘUVĂGĂU

Comitetul Național Român de Iluminat (CNRI) – Biroul de administrație (2003 – 2007)

NEW TRENDS ON ARCHITECTURAL LIGHTING



Dr. Florin POP, Professor

Le Corbusier said about architecture that it is “the learned play, correct and magnificent of the volumes reunited under light”. Both daylighting and electric lighting should be considered natural extensions of the architecture, and not just as something installed to enable people to see their task. There are few buildings in which daylight can suffice the entire lighting need, likewise there are few buildings types to which daylighting cannot make a significant contribution. The synthesis of a properly daylit space and a well-controlled artificial lighting system can produce lighting energy savings in the range of 30-70%. Why many designers are not take into consideration daylight as a primary attempt in building design? Maybe the lack of knowledge on the performance of daylighting systems and lighting control strategies, of appropriate and user friendly daylighting design tools, of evidence of the advantages of daylighting.

The avoidance of glare and protection from solar radiation are the priorities for architectural programmes, and the use of internal shading devices are not the best solution. The external shading or high-tech glasses are an integral part of design strategy being planned for and executed at the design stage of the building. When used, external shading becomes a structural element and is both visually and structurally important: visually it has an impact on the external appearance of the building and structurally it must withstand all the external pressures applied to it. One can remember two from the most representative new projects – the BRE Environmental Building and the “Valotalo” – “Light House” of the Helsinki University of Technology. The BRE’s Environmental Building (1998) provides a model for offices for the 21st century. Innovative and environmentally advanced, it demonstrates the way for the future based on a platform of new low-energy targets. The energy consumption represents a 30% improvement on current best practice for an office. A Building Integrated Photovoltaic array incorporated in the Environmental

Building provide non-polluting electricity directly to the building. Solar shading is provided on the south exposure using glass louvres designed and controlled electronically to cut out sun glare but allowing maximum daylight to the office space, to reduce where possible the need for electric light during the day. The “Valotalo” new building extension of the HUT Department of Electrical and Communications Engineering (2000) was specifically designed to create the optimum environment for lighting research. The objective was to apply the newest experimental technologies for the integration of artificial and natural lighting, and to validate the efficiency and peoples’ acceptance of these technologies. On the surface of the south façade of the building, an integrated system of photovoltaic panels is mounted between the ground and third floors. The panel system serves also as sunshades.

Windows – through which daylight is introduced to the interior, where the light is modified and controlled, and from which the views out beyond the building are obtained – are at the heart of the matter. The natural environment aspects, the uniques qualities of daylighting make their introduction into buildings as relevant as when there was no viable alternative in artificial sources: (1) Change and variety - the direction of the light, which provides modelling to the interior, the nature of sun and sky; (2) Colour and View - the contact with the exterior beyond, such as a view through the window, an experience of the weather and the world outside, the natural colour associated with daylight which imparts reality to the interior; (3) Modelling and orientation, Sunlight effect - the mood created by the variation of light, from day to day, and time to time as affected by the weather and seasons, the dynamics of lighting. The avoidance of glare is a maximum priority for most architectural programmes. The use of internal shading is less efficient for thermal control, but is more easily managed. When used, external shading becomes a structural element and is both visually and structurally important: visually it has an impact on the external appearance of the building and structurally it must withstand all the external pressures applied to it. [Philips DEREK, 2000]

Properties of Glazing for Daylighting Applications – coordinator Dr. Marc FONTOYNONT. The goal of the EC Joule programme (1993-1995) was to propose various ways of characterizing innovative translucent and transparent window materials with respect to their luminous properties. It involved testing of materials both in the laboratory and on site. In recent years, activity

has been increasing to develop materials which have the combined properties of good optical transmission and excellent insulation against thermal losses. Today a variety of materials exist offering insulative capabilities similar to glass fibre, whilst retaining solar radiation transmission characteristics similar to double glazed units.

Human factors. Daylight guidance systems share few characteristics of either windows or electric lighting and in the absence of comprehensive knowledge on human response to these systems it is not known whether to regard emitters as electric luminaires or windows for design purposes. The fundamental question is whether daylight delivered into a room via a tube in a similar manner to a conventional luminaire is still perceived as daylight and whether the generally assumed advantages of daylight are still felt when most of the familiar properties of daylight and in some cases reference to the outside world are missing. [Dr. David CARTER, 2003]

ENERBUILD RTD Network - coordinator Dr. J. Owen LEWIS. The Research Directorate General of the European Commission has identified the field of building lighting as an area where research is needed to stimulate further developments in energy efficient technologies. Various research programmes in this field have been initiated and several are continuing. Typical lighting power densities in non-residential buildings (offices, factories, schools) range from 15 to 25 W/m². Modern lighting systems using high performance luminaires, T5 fluorescent tubes and electronic ballasts show that lighting power densities in these buildings can be reduced by more than 40%. Further energy savings can be readily achieved by greater use of daylighting, by reducing the length of time for which lighting is used, and through improved lighting design and appropriate use of lighting controls. "Beyond the direct development of lighting systems, lighting research benefits from the support of the European Commission in the development of tools for professionals, including lighting simulation software; protocols for on-site performance assessment; optical characterisation of materials; and the generation of climatic data adapted for the optimisation of lighting systems. Finally, we should remember that *people have always sought more light and if these demands for light are to be met without excessive energy use then ways must be found to ensure that more daylight reaches building interiors*". [Dr. Marc FONTOYNONT, Lighting Thematic Group Co-ordinator]

Solar Light Pipe, an innovative daylighting device at Morgan Lewis Building in Washington, D.C. – IALD Award 2003. 14 floors around the narrow eight-foot atrium, where a central beam of light arrived at 43 meters below the skylight. The Solar Light Pipe solution consists of a rooftop heliostat that tracks the sun and redirect it

down the throat of the SLP. Inside, a cone of prismatic glass refracts the sunlight outwards where some of it images on the lycra 'sock' and is transmitted through to the atrium sidewalls and the office windows. [IALD site]

The GreenLight programme was launched in February 2000 by the European Commission, with support from the national energy agencies of 14 States (inspired by the US Green Lights programme), in the light of the Kyoto agreement to reduce CO₂ emissions. At the end of 2002, the programme was opened to the Candidates Countries, including Romania. The GreenLight programme is an on-going voluntary programme whereby private and public organisations commit to adopting energy-efficient lighting measures when (1) the cost of these measures is repaid by the associated savings and (2) lighting quality is maintained or improved. Lighting offers tremendous scope for savings. Appropriate investment would make it possible to save 30-50% of electricity. The European Commission is currently introducing a voluntary agreement with industry in this area.

A new lighting norm concerning the indoor daylight illuminants is the prove of the growing interest for daylight. CIE D65, the best outdoor daylight illuminant, seems to have much more UV content than typical lamps used in offices and for daylight as filtered through coated office windows. CIE Division 1 decided at San Diego to establish a Reportership: R1-34 "Indoor daylight", with the following Terms of Reference: "To investigate the need for an indoor daylight source and/or illuminant", coordinated by Prof. Janos SCHANDA.

A recent study of Daylighting and Human Performance in a Californian school district showed that elementary school students progresses 26% faster in reading and 20% faster in maths in classrooms with the most overall daylighting, compared to students in rooms with least daylight. There are believed to be a number of potential mechanisms that may have been responsible for the positive association between daylight and improved performance of students: (1) improved visibility due to higher illumination levels and/or better lighting quality; (2) mental stimulation from natural lighting; (3) improved mood, behaviour or well-being created by natural lighting. Light has a proven biological effect, whether one is talking about daylight or artificial lighting. Daylight makes a difference, not only in helping buildings become energy efficient, but also to help students learn more effectively. [ASHRAE Journal]

Daylight is free. But the glazing or remote lighting systems using daylight and penetrating the whole building space with natural light could be very expensive and, sometimes, a bit unusual for people.

DESIGN OF NEW EFFICIENT LUMINAIRE CONSIDERING MULTIPLE INTER-REFLECTIONS BETWEEN LAMP AND REFLECTOR

Koichi IKEDA and Yoshio TORIYAMA

Department of Electrical Engineering, Faculty of Science and Technology, Tokyo Rika Daigaku

Reflected rays from the luminaire reflector may come back to the light source, and result in non-uniform luminance distribution on the surface of source. Then the light source installed within the luminaire can not be treated as an uniform source with equal luminance distribution. In this paper, multiple repeating calculations considering the inter-reflection have been executed, regarding the lamp surface and the reflector surface as secondary luminous sources, so that diffusely reflected rays are estimated and accumulated to predict non-uniform luminance distribution on the lamp surface. Several new unique luminaire reflectors have been designed using special curved surface to control precisely directions of reflected rays and to eliminate unnecessary rays causing glare so as to produce suitable light intensity distribution. Non-uniform luminance patterns on the lamp surface and the luminous intensity distributions of the luminaires have been estimated.

1. Introduction

The fact that lamp luminance increases non-uniformly due to the inter-reflection between the reflector surface and the lamp surface has been known experientially, but has not been evaluated experimentally and has not been estimated quantitatively yet. In this study, a new algorithm using the repeating ray-tracing method, which can estimate non-uniform increment of lamp luminance due to the inter-reflection, has been developed, and the non-uniform luminance distribution has been analyzed quantitatively.

Three dimensional optical analyzing system for luminaire design has been developed, and eminent luminaire reflectors which can control precisely light intensity distribution with high efficiency have been designed with the aid of computer analysis to actualize high comfortable lighting environment.

2. Luminaire reflector design

The shape of the reflector surface is designed by using the unique super parabolic curve which can control adequately and precisely reflected light direction by considering the finite diameter of a cylindrical coaxial source. The

luminaire reflector is divided into three sections as shown in Figure 1 and a suitable curved surface is applied to each section for proper control of reflected rays. The shape of each reflector surface with control angle of θ and cut-off angle of Φ is calculated approximately as a series of sequential hyperfine planes according to Runge-Kutta method by analyzing the parametric differential equation which specifies the function representing the shape of the reflector.

3. Curved surface for luminaire reflector

Super parabolic curved surface. Reflector using traditional parabolic curved surface cannot control exactly light intensity distribution, because the fluorescent tube is not a point source but a source having finite diameter. Then, Super parabolic curved surface is developed to control adequately and precisely light intensity distribution. This curved surface has focus on a circle with radius of R , i.e. on the surface of the fluorescent tube, and redirects rays emitted tangential to cylindrical surface of the tube to predetermined direction so that the reflected rays are confined within the angular domain bounded by the vertical control angle. Under the control angle, light returning to the tube surface does not exist. The parametric

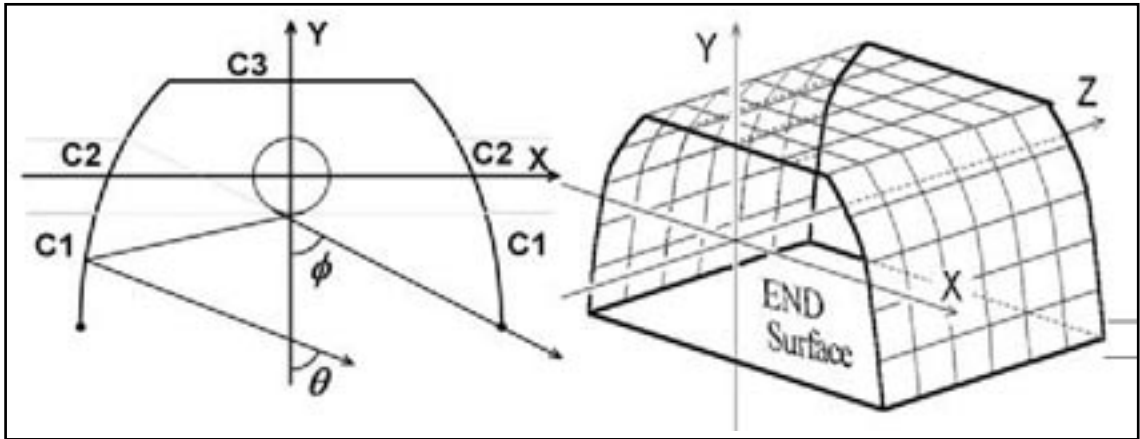


Figure 1 Typical shape of luminaire reflector

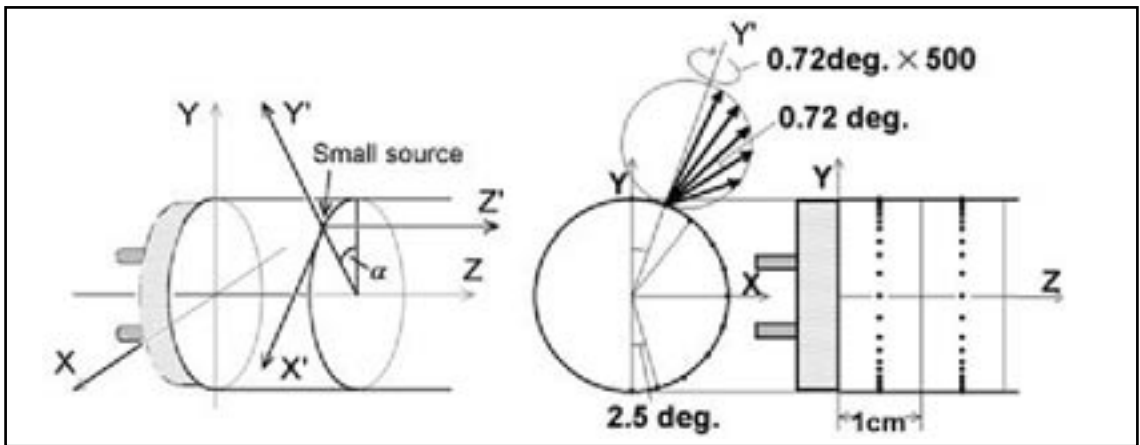


Figure 2 Arrangement of small sources

differential equation representing the cross section of new unique curved surface, which is invented and named as Super Parabolic Curved Surface, is given by

$$\frac{dy}{dx} = \tan \left[\frac{1}{2} \left(\cos^{-1} \left(\frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right) - \sin^{-1} \left(\frac{R}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right) - \theta \right) \right]$$

where R is the radius of the fluorescent lamp tube, θ is the control angle of reflected light direction, and x and y are coordinates of the cross section of the reflector surface.

4. Summary of prediction method

The surface of the fluorescent tube is divided at intervals of 1cm along the tube axis and each section is divided into 144 sectors along a circle perpendicular to the axis. Each sector is regarded as a small source and is assumed to radiate three dimensionally 62,500 light rays

according to Lambert's cosine law as shown in Figure 2. In each calculation, light rays which are represented as vector flux multiplied by the solid angle are chased three dimensionally. For the analysis of optical paths of light rays, specularly reflected rays and diffusely reflected rays are analyzed separately on this program.

Specularly reflected rays are pursued by means of ray-tracing method. As for diffusely reflected rays, optical behavior is evaluated by calculating repeatedly according to secondary luminous source algorithm which is developed in our laboratory.

4.1 Treatment of diffusely reflected rays

Optical system including diffuse reflection element can be treated by regarding the reflector as secondary luminous source with proper luminance caused by incident light. The proper luminance on the reflector is

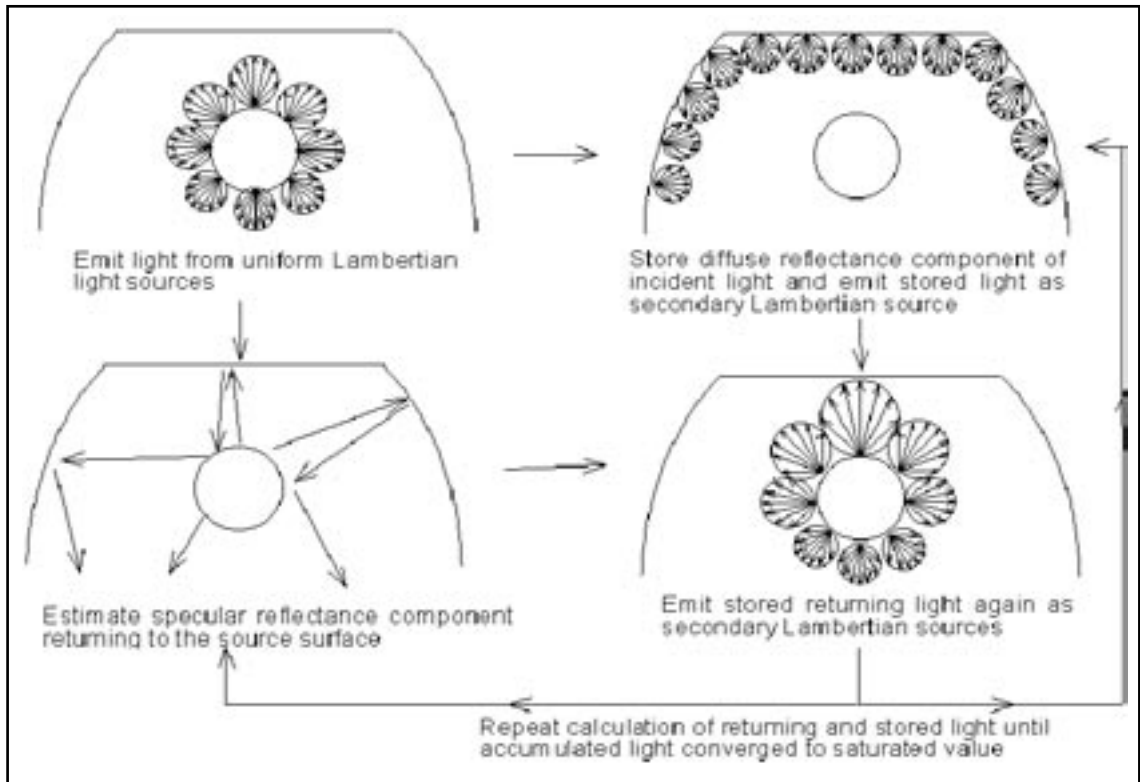


Figure 3 Secondary luminous source algorithm

analyzed by the secondary luminous source algorithm using the ray-tracing method. Diffusely reflected rays are traced and accumulated on the reflector surface until the light quantity on the surface reaches steady amount as shown in Figure 3. Then the light intensity distribution is estimated on the assumption that each element of the reflector is a diffuse light source.

4.2 Luminance distribution on the lamp surface

Returning light rays on the tube surface are divided in to specularly reflected rays on the glass surface, diffusely reflected rays and diffusely transmitted rays through the fluorescent layer. Specular reflectance, diffuse reflectance and diffuse transmittance of the fluorescent tube surface are obtained experimentally as a function of incident angle. For the analysis of luminance increment on the lamp surface, repeating calculation considering the interreflection between the reflector surface and the source surface is executed according to secondary luminous source algorithm. Diffusely reflected rays and diffusely transmitted rays are accumulated on the tube surface until the light quantity on the tube surface reaches steady

amount. Accumulated light rays are integrated in each sector on the tube surface. Luminance distributions on the lamp surface equipped in typical luminaire reflectors have been estimated. Several examples of non-uniform luminance increment on the tube within special curved reflectors are shown in Figure 4. The luminance increases non-uniformly around the tube from about 0%, to 60%.

4.3 Predicting calculation on light intensity distribution

After final luminance distribution on the tube is estimated, calculation starts again according to accumulated luminance distribution. Finally each ray emitted from the accumulated light flux on each sector of lamp surface is pursued in terms of ray tracing method and is classified into four sorts, i.e., directly exit ray without reflection, ray which is reflected by reflector surface and then goes out luminaire aperture, ray returning to the lamp surface after reflections then goes out luminaire aperture or extinguished ray on account of multiple reflections on the reflector surface. Diffusely reflected rays which accumulated on each sector of the reflector until quantity

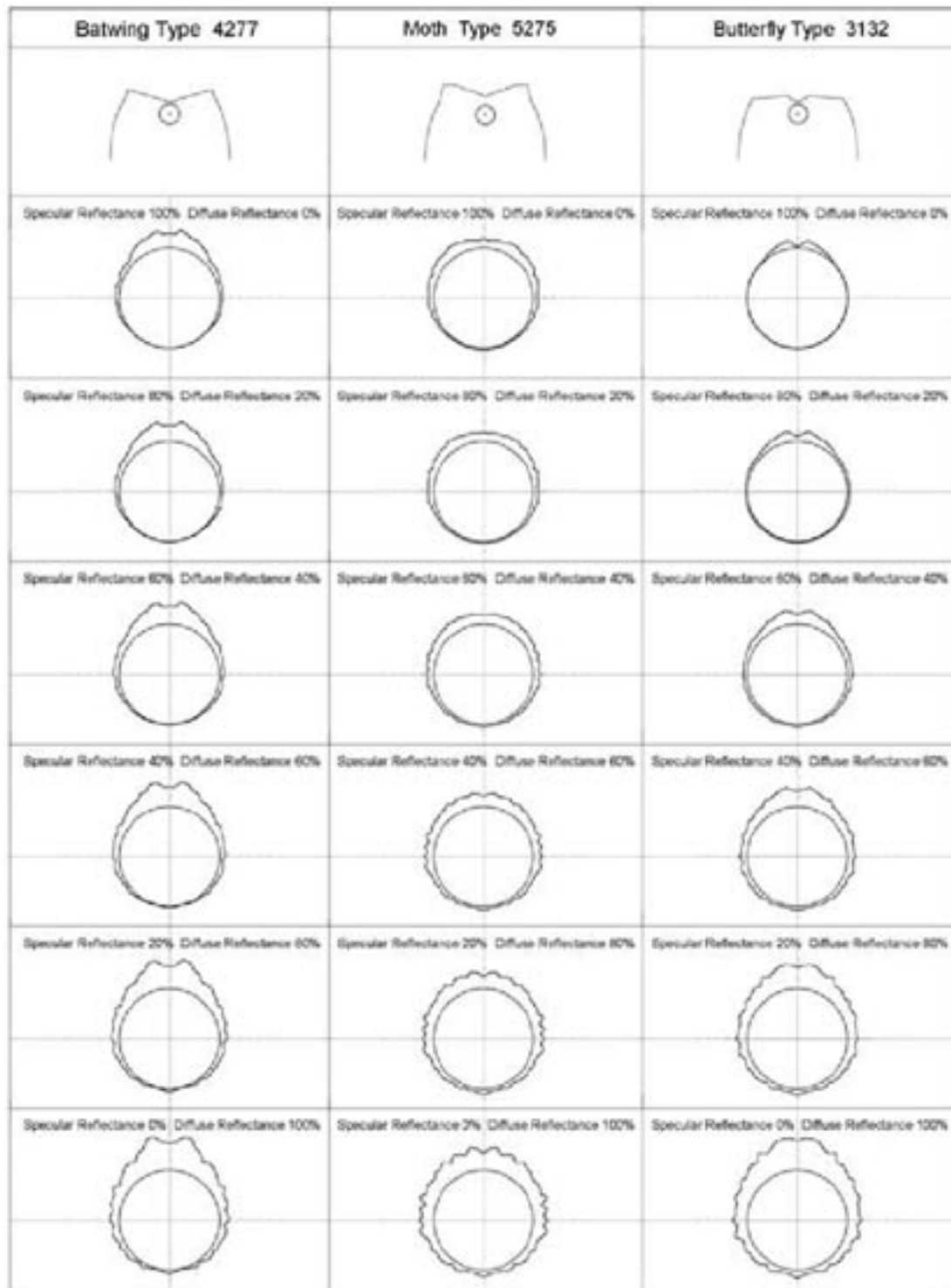


Figure 4 Some examples of luminaire reflectors with super parabolic curved surfaces and inhomogeneous luminance increment distributions on the tube surface as a function of specular and diffuse reflectance.

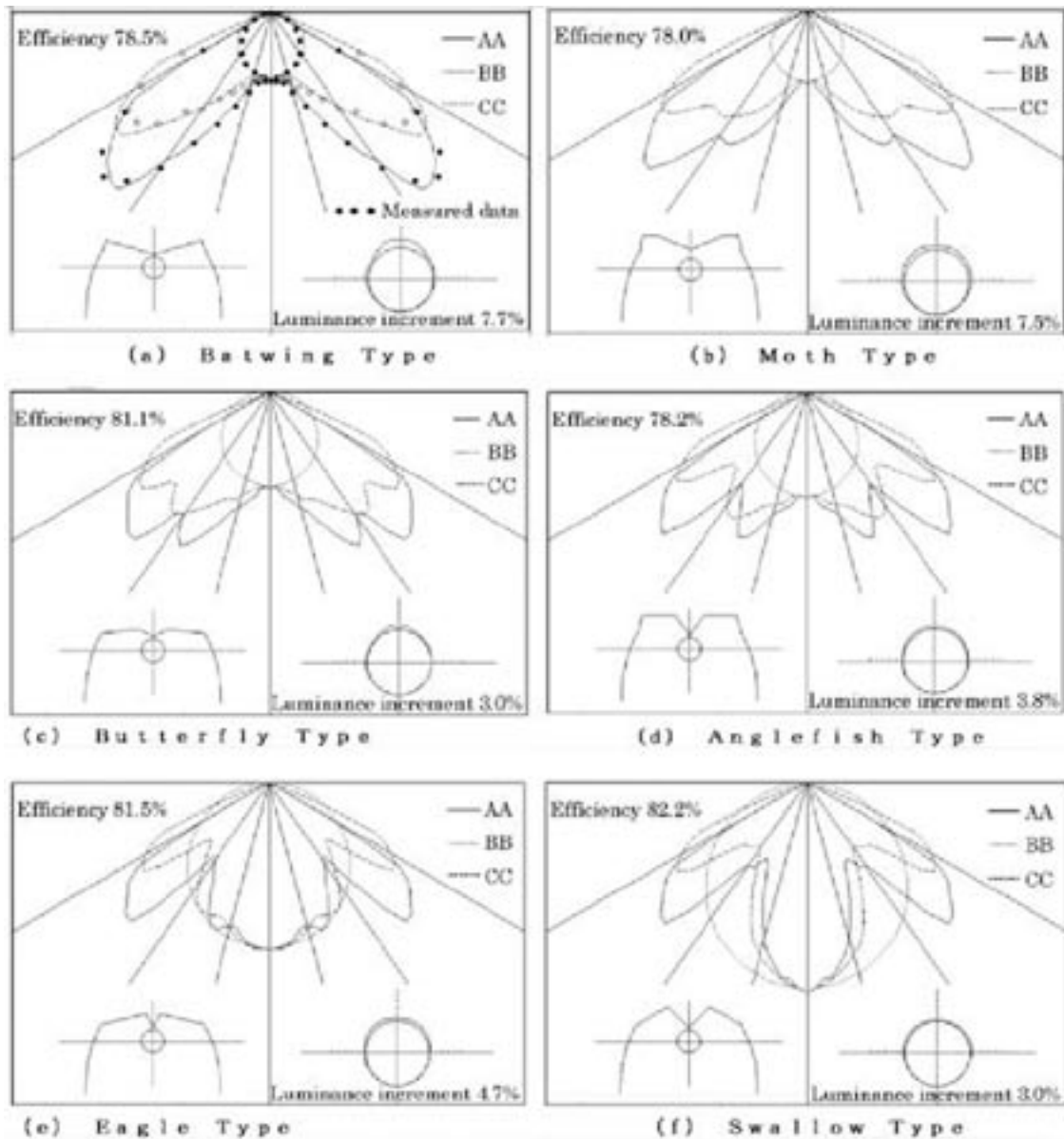


Figure 5 Some examples of luminaire reflectors and typical light intensity distributions of luminaires. Each figure shows light intensity distributions in A-A, B-B and C-C sections.

of light on the surface reaches steady amount is treated as secondary luminous source. Then the light intensity distribution is estimated on the assumption that each sector of the reflector is a diffuse light source.

5. Estimated light intensity distribution

By using unique super parabolic curved surface, typical 6

patterns of light intensity distributions, named “**Batwing Type**”, “**Moth Type**”, “**Butterfly Type**”, “**Angel Fish Type**”, “**Eagle Type**” and “**Swallow Type**”, have been obtained. Some examples of light intensity distributions for typical models of luminaire reflectors are shown in Figure 5. The non-uniform luminance increment on the lamp surface should be taken into consideration for the precise design of luminaire reflectors in the case that

the inter-reflections between the reflector surface and the source surface can not be ignored for the precise estimation of luminous intensity distribution. Adequately designed luminaire reflectors are desired to come into practice in the case that the characteristic of light intensity distribution, the efficiency, the quantity of glare are important matter for the design of comfortable visual environment.

6. References

1. Waldram, J. M., "Some developments in the design of specular reflectors", *Lighting Research & Technology* 2 (3), pp 164-173, (1970)
2. Bodmann, H. w. and Weis, B., "Flux distribution with perfect specular reflectors", *Lighting Research & Technology* 5 (2), pp 112-115, (1973)
3. Vizmanos, J. G. and Quintanilla, M., "Predicting intensity distribution from symmetrical reflectors with large sources of light", *Lighting Research & Technology* 16 (3), pp 140-142, (1984)
4. Kaida, R., Ikeda, K., et al., 1993, "Optical Design of Fluorescent Luminaire Reflectors Using Specially Curved Surfaces" *Proceedings, 2nd LUX PACIFICA*, pp. B11-B16, Bangkok, Thailand, (1993)
5. Ikeda, K., Kaida, R. and Naka, M., "High Efficiency Luminaire Reflector with Highly Controlled Light Intensity Distribution", *CIBSE NATIONAL LIGHTING CONFERENCE*, Cambridge, England, pp 307-318, (1994)



Koichi IKEDA
Doctor of Engineering
Professor of Tokyo Rika Daigaku
Department of Electrical
Engineering
Faculty of Science and
Technology
Yamazaki 2641, Noda-shi,
Chiba-ken, 278-8510, JAPAN
Tel : +81-4-7124-1501 (ex 3708)
Fax : +81-4-7122-9153
e-mail: Ikeda@ee.noda.tus.ac.jp

Akira TORIYAMA, Bachelor of Engineering
Tokyo Rika Daigaku
Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
Yamazaki 2641, Noda-shi,
Chiba-ken, 278-8510, JAPAN

Received 2 February 2004

Proiectarea unui nou aparat de iluminat eficient considerând inter-reflexii multiple între lampă și reflector

Razele reflectate de reflectorul aparatului de iluminat pot ajunge înapoi la sursa de lumină și va rezulta o distribuție neuniformă a luminanței pe suprafața sursei de lumină. Sursa de lumină montată în cadrul aparatului de iluminat nu poate fi tratată ca o sursă neuniformă, cu o distribuție egală de luminanță. În această lucrare, s-au efectuat calcule multile și repetate a inter-reflexiei, considerându-se suprafața lămpii și a reflectorului surse luminoase secundare, astfel încât razele reflectate difuz sunt estimate și cumulate pentru a estima distribuția neuniformă a luminanței pe suprafața lămpii. S-au proiectat câteva reflectoare noi, unice, a aparatelor de iluminat, utilizându-se suprafețe curbate speciale, pentru a realiza controlul precis al direcțiilor razelor reflectate și pentru a elimina razele inutile, cauzatoare de orbire, astfel realizându-se o distribuție corespunzătoare a intensității luminoase. S-au estimat modele de luminanță neuniformă pe suprafața lămpii și distribuții de intensitate luminoasă ale aparatelor de iluminat.

1. Introducere

Faptul că lumina lămpii crește neuniform datorită inter-reflexiei dintre suprafața reflectorului și cea a lămpii se cunoaște din experiență, dar nu s-a evaluat experimental și nu s-a estimat cantitativ. În acest studiu, s-a dezvoltat un nou algoritm ce utilizează metoda repetată de calcul a traiectoriei razelor “ray-tracing”, prin care se estimează creșterea neuniformă a luminației lămpii datorată inter-reflexiei. Totodată, studiul analizează cantitativ distribuția neuniformă a luminației. Pentru proiectarea aparatului de iluminat s-au realizat trei sisteme de analiză optică și dimensională, iar reflectoarele aparatelor de iluminat care să poată controla precis distribuția intensității luminoase cu eficiență mare s-au proiectat cu ajutorul analizei de calculator în vederea realizării unui mediu luminos cât mai confortabil.

2. Proiectarea reflectorului aparatului de iluminat

Forma suprafeței reflectorului s-a proiectat utilizând o curbă super-parabolică, unică care poate controla corespunzător și precis direcția razei reflectate considerând diametrul definit a unei surse coaxiale cilindrice. Reflectorul aparatului de iluminat s-a împărțit în trei secțiuni, conform Figurii 1 și fiecărei secțiuni i s-a aplicat o suprafață curbă adecvată pentru un control corespunzător al razelor reflectate. Forma fiecărei suprafețe a reflectorului cu unghiul de control θ și unghiul de prag Φ s-a calculat aproximativ, ca serie de planuri secvențiale hiperfine, conform metodei Runge-Kutta, analizându-se ecuația diferențială parametrică care specifică funcția formei reflectorului.

3. Suprafața curbă pentru reflectorul aparatului de iluminat

Suprafață curbă super-parabolică. Reflectorul utilizând curba parabolică clasică nu poate controla cu exactitate distribuția intensității luminoase deoarece tubul fluorescent nu este o sursă punctuală, dar este o sursă cu diamteru definit. Astfel, suprafața curbă super parabolică se utilizează pentru a controla corespunzător și precis distribuția intensității luminoase. Această suprafață curbă are centrul pe un cerc cu raza R , adică pe suprafața tubului fluorescent și redirecționează razele emise tangențial pe suprafața cilindrică a tubului pe o direcție predeterminată astfel încât razele reflectate sunt limitate în cadrul domeniului unghiular delimitat de către unghiul de control vertical. În unghiul de control, reîntoarcerea razei pe suprafața tubului nu are loc. Ecuația parametrică diferențială reprezintă secțiunea transversală

a noii suprafeței curbe unice, numită Suprafață Curbă Super Parabolică, unde R este raza lămpii fluorescente, θ este unghiul de control a direcției razei reflectate și x și y sunt coordonatele secțiunii transversale a suprafeței reflectorului.

4. Descriere sumară a metodei de estimare

Suprafața tubului fluorescent este împărțită în intervale de 1 cm de-a lungul axei tubului și fiecare secțiune este împărțită în 144 de sectoare de-a lungul unui cerc perpendicular pe axă. Fiecare sector este privit ca o sursă mică și este se estimează că emite 62.500 de raze luminoase tridimensionale, conform legii cosinusului lui Lambert (vezi Figura 2). Pentru fiecare calcul, razele luminoase care sunt reprezentate ca flux vectorial înmulțit cu unghiul solid sunt urmărite tridimensional. Pentru analiza căii optice a razelor de lumină, razele reflectate regulat și razele reflectate difuz sunt analizate separat. Razele reflectate regulat sunt urmărite prin intermediul metodei de calcul a traiectoriei razei “ray-tracing”. Pentru razele reflectate difuz, comportamentul optic este evaluat prin calculul repetat conform algoritmului sursei luminoase secundare care este efectuat în laboratorul nostru.

4.1. Tratarea razelor reflectate difuz

Sistemul optic ce include elemente de reflexie difuză poate fi tratat considerând reflectorul ca sursă luminoasă secundară cu luminație corespunzătoare cauzată de lumina incidentă. Luminația corespunzătoare a reflectorului este analizată prin algoritmul sursei luminoase secundare, utilizându-se metoda “ray-tracing”. Razele reflectate difuz sunt urmărite și cumulate pe suprafața reflectorului, în timp ce cantitatea de lumină de pe suprafață atinge valori stabile, așa cum este prezentat în Figura 3. Astfel, distribuția intensității luminoase este estimată presupunând că fiecare element a reflectorului reprezintă o sursă luminoasă difuză.

4.2. Distribuția luminației pe suprafața lămpii

Razele luminoase revenite pe suprafața tubului sunt împărțite în raze reflectate regulat pe suprafața sticlei, raze reflectate difuz și raze transmise difuz prin stratul fluorescent. Reflectanța regulată, reflectanța difuză și transmitanța difuză a suprafeței tubului fluorescent sunt obținute experimental ca o funcție a unghiului incident. Pentru a analiza creșterea luminației pe suprafața lămpii, s-au efectuat calcule repetate ale interreflexiei dintre suprafața reflectorului și suprafața sursei, urmând algoritmului sursei luminoase secundare. Razele

reflectate difuz și razele transmise difuz sunt colectate pe suprafața tubului, până când cantitatea de lumină de pe suprafața tubului atinge o valoare constantă. Razele de lumină colectate sunt integrate în fiecare sector pe suprafața tubului. S-au estimat distribuțiile de luminanță de pe suprafața lămpii echipate în reflectoarele clasice ale aparatelor de iluminat. În Figura 4 sunt prezentate câteva exemple de creștere neuniformă a luminanței pe suprafața tubului în cazul reflectoarele curbe speciale. Luminanța crește neuniform de-a lungul tubului de la 0% până la 60%.

4.3. Calcule preconizate privind distribuția intensității luminoase

După ce s-a estimat distribuția luminanței pe suprafața tubului, s-au efectuat din nou calcule în conformitate cu distribuția luminanței “acumulate”. În final, fiecare rază emisă de fluxul de raze colectat pe fiecare sector a suprafeței lămpii este urmărită conform metodei “ray-tracing” și este clasificată în patru categorii, adică raze evacuate direct, fără reflexie, raze care sunt reflectate de suprafața reflectorului și care ies prin deschiderea aparatului de iluminat, raze ce se reîntorc pe suprafața lămpii după reflexie și care ies prin deschiderea aparatului de iluminat și raze atenuate în urma reflexiilor multiple pe suprafața reflectorului. Razele reflectate difuz colectate

pe fiecare sector al reflectorului, până când cantitatea de lumină de pe suprafață atinge o valoare constantă, se tratează ca sursă luminoasă secundară. Apoi distribuția intensității luminoase este estimată pornind de la presupunerea că fiecare sector al reflectorului este o sursă luminoasă difuză.

5. Distribuția estimată a intensității luminoase

Prin utilizarea unei suprafețe curbe supe parabolice, unice, s-au obținut 6 tipuri clasice de distribuții ale intensității luminoase, intitulate “Batwing”, “Moth”, “Butterfly”, “Angel Fish”, “Eagle” și “Swallow”. Figura 5 prezintă câteva exemple de distribuții ale intensității luminoase pentru tipuri clasice de reflectoare. Pentru o proiectare precisă a reflectoarelor aparatelor de iluminat, trebuie luată în considerare creșterea neuniformă a luminanței pe suprafața lămpii, în cazul în care interreflexiile dintre suprafața reflectorului și suprafața sursei nu pot fi ignorate pentru estimarea precisă a distribuției intensității luminoase. Pentru punerea în practică sunt preferate reflectoare ale aparatelor de iluminat proiectate corespunzător în cazul în care caracteristica distribuției intensității luminoase, eficiența, gradul de orbire sunt factori importanți pentru proiectarea unui mediu vizual confortabil.

ARCHITECTURAL LIGHTING, CHROMATICITY AND ENVIRONMENT

POP Florin¹, POP Horia F², ORBAN Sandor³

1 - Technical University of Cluj-Napoca, 2 - "Babes-Bolyai" University of Cluj-Napoca,
3 - Greif Hungary Ltd.

The illuminance is not sufficient to describe a lit scene. It must be complemented by the luminance of the task and/or the luminance distribution in the viewing field. Reflection factors are mostly unknown, and practically it is difficult to consider luminance when designing. Reflexivity varies with the colour (spectral distribution), the material (roughness), the angles of light and viewing direction and the pollution of the surface. The relationship of the apparent colour of light sources to the reflection surface ensures the luminous quality of the environment, the chromatic integration of the ambient components. Measurements of the luminance and spectral reflection factors for several samples of materials are presented and the main futures of a computer program targeted to the chromaticity of the architectural lighting systems are discussed.

1. Introduction

A general model describing light reflection by a material has to take into account attention the three components: energy spectral distribution of the light source, spectral reflexivity and luminance factor of the surface. Photometric and chromatic quantities and concepts express the relationship between the light source and the reflection surface of which can be directly applied in lighting computations. So, it is necessary (1) to know the energy spectral distribution of the light sources; (2) to measure the spectral reflexivity and luminance factor

for several samples of materials used in the exterior surfaces of buildings; (3) to have a computer program which calculates the chromatic tri-stimulus values and, consequently, allows to design an architectural lighting system related to the luminance criterion and chromatic effects (following the CIE standard [9], illustrated in Figure 1).

The CIE chromaticity coordinates (x, y) are calculated on the basis of the CIE Tristimulus values [9]. The chromatic point correlates with the dominant wavelength and purity of a color. The color of an object may be specified only related to the light source whose radiance is

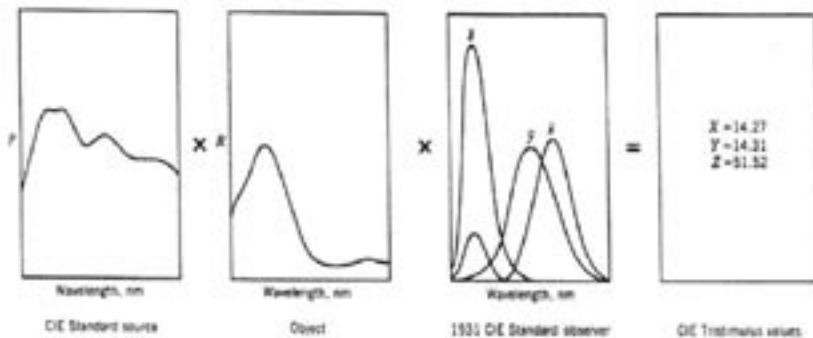


Figure 1 The CIE tristimulus value calculation from information on the light source, the reflectance of the object, and the standard observer functions – from [1]

reflected by the object surface, so it depends on the spectral distribution of that radiance and the spectral reflectance of that surface.

The *Correlated Color Temperature* T_{cc} is calculated as an explicit function of chromaticity coordinates using the model proposed by Mc Camy, presented on [3]:

$$n = (0,3320 - x) / (y - 0,1858);$$

$$T_{cc} = 449n^3 + 3525n^2 + 6823,3n + 5520,33.$$

2. Spectral reflexivity of materials

The spectral reflexivity of several materials used in the buildings field (brick, tile of wood, metallic surface, stone and email paint) are given in [6], a number of these being presented in Figure 2.

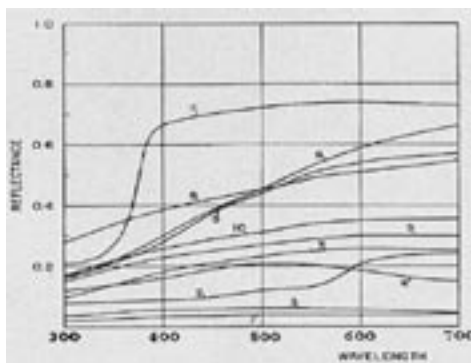


Figure 2 Spectral reflexivity of several materials for buildings [6].

(1) polished black granite; (2) polished pink granite;
 (3) polished black marble; (4) unpolished white marble with grey traces; (5) polished white marble; (6) polished travertine; (7) sand stone; (8) lime stone; (9) concrete; (10) roof slate; (11) concrete slate

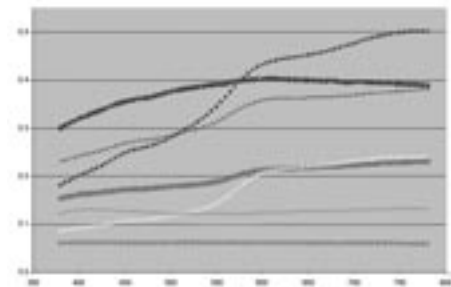


Figure 3 Spectral reflexivity of different samples of granite used as building surfaces [5].

◆ Yellow Granite; ▲ Granite Paradiso (brownish);
 * Granite Zimbabwe (black); + Granite Visage Blue (dark-blue);
 ■ Granite Tiffany (brownish-gray); × Granite Ved Aurora (dark green); ● Granite Rosabeta (red); — Granite Rosa Porino (pink-gray)

Figure 3 shows the spectral reflexivity measured for granite samples with different colours and having a well finished quality of their surfaces. The spectral reflectance measurements were performed at the Photometric Laboratory from the Technical University Berlin, FG Lichttechnik.

3. Computer program for architectural lighting system design

BUILDLIGHT – The computer program is a simple instrument for the architectural lighting systems design, component of the complex program LIGHT for wxWindows – [4]. The database of the program is referring to the current norms, equipment and national and CIE recommendations. By using the BUILDLIGHT program, one has the possibility (a) to design/analyse different lighting systems of the monuments or building facades; (b) to verify the qualitative aspects of the adopted lighting system; (c) to visualize the illuminance and luminance distributions on a bi/tri-dimensional view; (d) to compute chromaticity coordinates, describing the qualities of a colour in addition to its luminance factor (the CIE system of the chromaticity coordinates X, Y, Z, following [9]).

The BUILDLIGHT software program is written in a modular manner – Figure 4. Each module has one or more independent algorithms, and communicates with other modules through the main program environment. This is a visual application providing a nice graphic user interface, and menu-based functions callable using the mouse or the keyboard. The application is structured around the main computational modules, and the auxiliary, data management modules.

The *BUILDING module* allows a designer to compute the lighting systems for monuments and building facades. A floodlight is located by its position faced with the bottom left corner and the illumination point (target) on the lit surface. In order to design the required installation, the user may configure more floodlights, of more types and/or situated in different positions. The illuminances and luminances distributions on the lit surface are computed.

The *Colorimetrics module* determines the chromaticity coordinates (x, y) of an illuminated surface under the light of the selected lamp and, thus, the apparent color of that surface related with the spectral radiance of the light source; following this is also calculated the correlated color temperature.

The colour perception is analysed by stating the lighting source, with a known spectral radiation, and the spectral reflexivity of the architectural surface – the

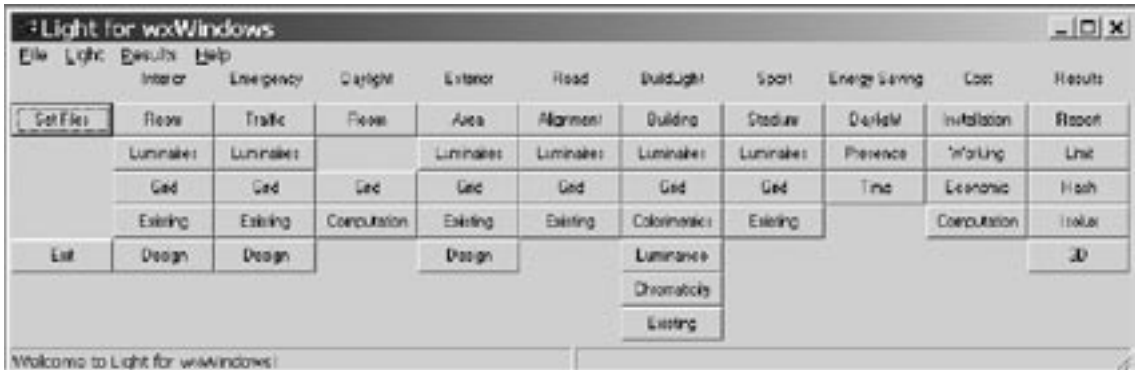


Figure 4 Main menu of the Light for wxWindows program with the BUILDLIGHT component

program determines the chromatic coordinates (x, y) – Figure 5.

The Chromaticity module analyses the behaviour of different surfaces under the light of various light sources from the Database of Buildlight program, in the benefit of the designer decision.

4. Chromaticity of an architectural lighting system

Table 1 presents the chromatic answer of two granite building surfaces under the light of various lamps, also graphic illustrated in Figures 6 and 7.

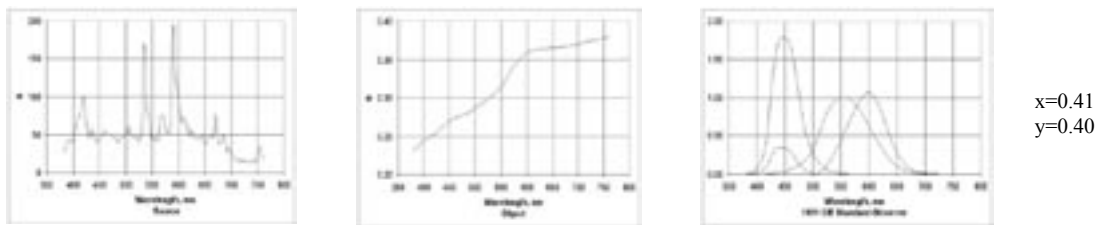


Figure 5 Computational example of the chromaticity coordinates (x, y) for a MHN-T 150 W lamp with spectral radiance $S(\lambda)$ which illuminates a Yellow Granite building surface having spectral reflectance $R(\lambda)$

	Chromaticity coordinates		Colour temperature	Chromaticity coordinates		Colour temperature	Chromaticity coordinates		Colour temperature
	x_l	y_l	T_{CCl}	x_s	y_s	T_{CCs}	x_s	y_s	T_{CCs}
	Lamp			Yellow Granite			Granite Visage Blue		
L1 - CDM-T 150W/830	0,43	0,39	3000	0,47	0,42	2656	0,43	0,40	3129
L2 - HPI-T 400W	0,38	0,38	4300	0,36	0,44	4714	0,32	0,40	5848
L3 - HPL-Comfort 250 W	0,42	0,39	3300	0,43	0,39	3042	0,38	0,34	3777
L4 - HPL-N 250W	0,38	0,38	4100	0,38	0,38	3933	0,33	0,32	5371
L5 - MHN-T 150W	0,37	0,37	4200	0,41	0,40	3414	0,36	0,36	4421
L6 - SDW-T 50W	0,35	0,48	2300	0,50	0,43	2247	0,47	0,42	2598
L7 - SON-Comfort 250 W	0,51	0,42	2150	0,53	0,43	2107	0,51	0,43	2266

Table 1 Colorimetric characteristics of lamps and illuminated surfaces

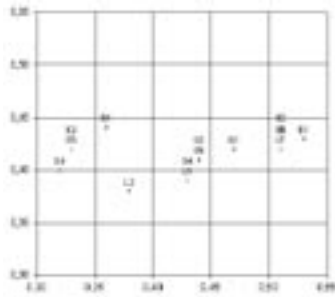


Figure 6 Chromaticity sharing of illuminated surfaces under the light of various lamps

L1 – Mastercolour CDM-T 150 W/830 (metal halide); L2 – HPI-T 400 W (metal halide); L7 – SON Comfort 250 W (high-pressure sodium)
 S1 - Yellow Granite; S2 - Granite Ved Aurora (dark- green); S3 - Granite Rosabeta (red); S4 - Granite Visage Blue (dark-blue)

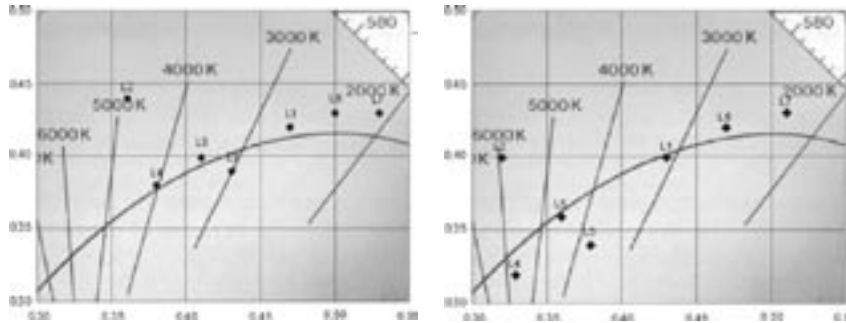


Figure 7 Chromaticity sharing of Yellow Granite (●) and, respectively Granite Visage Blue (◆) surfaces, illuminated with various light sources, on the CIE 1931 chromaticity diagram.

It is noticeable, on one hand, that a light source determines color points of illuminated surfaces closed with the lamp own color point (Figure 6). On the other hand, the chromaticity shearing of illuminated surfaces under the light of various lamps (Figure 7) depends on the “strength” of the light source, on its own chromaticity. A very particular lamp as the high-pressure sodium lamp - L7 SON Comfort – will “enforce” its own color toward illuminated surfaces. In the same time, the metal halide lamp - L2 HPI-T – will provide differentiated colors to the illuminated surfaces, related to their own chromaticity.

5. Conclusions

The architectural lighting systems are very complex in their calculus related to luminances, having in mind the continuous change of the observer position, the relative great number of luminaires/ floodlights, the calculus grid with a little step and the diversity of the surfaces materials. A large catalogue of photometric and colorimetric spectral measurements of the materials and of the spectral radiance of the lamps could be very helpful, together with a simple but effective computer software.

The analysis of the chromatic behavior of the illuminated surfaces under various light sources using spectral numerical model allows the lighting engineers to limit the considered light sources group for the architectural lighting system. The knowledge of the apparent color of a lighting scene on the initial design

stage will make the ‘in situ’ experiment of a proposed system easier, by reducing the involved costs and by simplifying the procedures.

6. Acknowledgement

We express our thanks for the kind support of Dr. Sirri AYDINLI, Technical University Berlin, FG Lichttechnik by measurements of spectral reflexivity of granite samples and to LUXTEN Lighting Romania for the offered information of the spectral distribution of the manufactured lamps.

7. References

1. Billmeyer, F. W. Jr., Saltzman, M., 1981, *Principles of Color Technology*, John Wiley & Sons, New York
2. Embrechts, J. J., 1985, The effect of walls on color rendering, *Lighting Research & Technology*, 17 (3)
3. Mitanchey, R., Fontoynt, M., 1998, Color perception under various light sources using spectral numerical models, *Proceedings of SPIE*, vol. 2179
4. Pop, H. F., Pop, F., 2000, LSD – Lighting Systems Design – a computer program for the optimum lighting systems design (Romanian), *Ingineria Iluminatului*, 2 (4)
5. Pop, F., Orban S., Pop, H. F., 2003, Integration of the architectural lighting on the environment, *Proceedings of the International Conference CONSTRUCTIONS 2003*, Cluj-Napoca

6. Rea, M. S., 2002, *Lighting Handbook*, 9th Edition, Illuminating Engineering Society of North America New York
7. Wyszecki, G., Stiles, W. S., 1967, *Color Science – Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulas*, John Wiley and Sons, Inc., USA
8. CIE, 1993, *Guide for Floodlighting*, Publication CIE 94, - Technical Report
9. CIE, 1986, *Colorimetry*, CIE Publication No. 15.2-1986, 2nd ed., CIE Central Bureau, Vienna



Florin POP

Professor, Head of the Lighting Engineering Center
 Technical University of Cluj-Napoca
 15, C. Daicoviciu Street
 RO-400020 Cluj-Napoca, Romania
 Ph.: +40.745.516276 (mobil)
 Fax: +40.264.592055
 e-mail: florin.pop@insta.utcluj.ro



Horia F. POP

Associate Professor
 Babeş-Bolyai University
 Department of Computer Science
 1, M. Kogalniceanu Street
 RO-400084 Cluj-Napoca, Romania
 Ph: +40.264.418.655, ext. 5807
 Fax: +40.264.591.906
 e-mail: hfpop@cs.ubbcluj.ro

He is teaching courses in Data Structures, Functional and Logic Programming, Artificial Intelligence and others. He developed several scientific visits, the most recent being the development of a NSF contract on Soft Computing with the University of Memphis and the participation to a DFG program on Natural Language Processing with the University of Hamburg.

Sandor ORBAN

Managing Director
 Greif Hungary Ltd
 e-mail: sandor.orban@greif.com

Received 12 January 2004

Iluminatul arhitectural, cromaticitate și ambianță

Mărimea fotometrică „iluminare” nu este suficientă pentru a descrie o scenă iluminată. Ea trebuie completată cu luminanța sarcinii și/sau distribuția luminanțelor în câmpul vizual. Reflecțanțele diferitelor suprafețe sunt rareori cunoscute și, practic, este dificil ca luminanța să fie luată în considerare în faza de proiectare. Reflecțanțele variază cu culoarea (distribuția spectrală), materialul (rugozitatea), unghiurilor de iluminare și de privire și poluarea suprafeței. Corelarea între culoarea aparentă a sursei de lumină și reflexivitatea suprafeței iluminate asigură calitatea luminoasă a mediului ambiant, integrarea cromatică a componentelor acestuia. În lucrare sunt prezentate unele rezultate privind măsurări ale factorilor de luminanțe și de reflexivitate spectrală pentru diferite eșantioane de material, împreună cu principalele caracteristici ale unui program de calcul ce permite analiza cromaticității sistemelor de iluminat arhitectural.

1. Introducere

Un model general care să descrie reflexia luminii de către un material trebuie să ia în considerare cele trei componente: distribuția spectrală a energiei radiante a sursei de lumină, reflexivitatea spectrală și factorul de luminanță ale suprafeței materialului. Mărimile și conceptele fotometrice și cromatice exprimă relațiile de legătură între sursa de lumină și suprafața reflectantă, ce pot fi aplicate direct în calculele luminotehnice. Astfel, este necesar; (1) să fie cunoscute distribuțiile spectrale ale surselor de lumină; (2) să fie măsurate reflexivitățile spectrale și factorii de luminanțe ale unor eșantioane de

materiale utilizate în finisarea suprafețelor exterioare ale clădirilor; (3) să se dispună de un program de calcul pentru determinarea valorilor stimulilor tricromatici și, astfel, să permită proiectarea unui sistem de iluminat arhitectural în corelație cu criteriul de luminanță și efectele cromatice dorite (în conformitate cu metoda CIE [9], ilustrată în Figura 1).

Coordonatele de cromaticitate CIE (x, y) se calculează pe baza valorilor Tristimulilor CIE [9]. Punctul de cromaticitate este asociat cu lungimea de undă dominantă și puritatea culorii. Culoarea unui obiect poate fi specificată numai în corelație cu sursa de lumină

a cărei radiație este reflectată de suprafața obiectului, depinzând de distribuția spectrală a radiației incidente și de reflexivitatea spectrală a suprafeței iluminate.

Temperatura de culoare corelată T_{cc} este calculată ca o funcție explicită de coordonatele de cromaticitate folosind un model propus de Mc Camy [3].

2. Reflexivitatea spectrală a materialelor

Reflexivitatea spectrală a unor materiale utilizate în domeniul construcțiilor (beton, șindrilă, placă metalică, piatră și email pictat) sunt date în [6] - Figura 2. Figura 3 prezintă reflexivitățile spectrale măsurate pentru suprafețe de ganit cu diferite culori. Măsurările spectrale au fost efectuate la Laboratorul Fotometric al Universității Tehnice din Berlin, Departamentul de Luminotehnică.

3. Program de calcul pentru proiectarea sistemelor de iluminat arhitectural

BUILDLIGHT – Programul este un instrument simplu de proiectare a sistemelor de iluminat arhitecturale, componentă a programului complex LIGHT for wxWindows – [4]. Baza de date a programului este creată pe normele și echipamentele curente și recomandările naționale și CIE. Utilizarea programului BUILDLIGHT permite: (a) proiectarea/analizarea diferitelor sisteme de iluminat ale monumentelor sau fațadelor clădirilor; (b) verificarea aspectelor calitative ale sistemului de iluminat adoptat; (c) vizualizarea 2D și 3D a distribuției iluminării și luminanței; (d) calcularea coordonatelor de cromaticitate, care permit evaluarea calității colorimetrice, cu luarea în considerare a factorilor de luminanțe (sistemul CIE al coordonatelor de cromaticitate X, Y, Z - [9]).

Programul de calcul BUILDLIGHT este scris într-o manieră modulară – Figura 4. Fiecare modul are unul sau mai mulți algoritmi de calcul independenți și comunică cu celelalte module prin intermediul programului principal. Această comunicare se face printr-o aplicație vizuală ce asigură o interfață grafică agreabilă și un meniu bazat pe funcții apelabile prin mouse sau tastatură. Aplicația este structurată în jurul modulelor principale, de calcul, și a modulelor auxiliare, de gestionare a datelor.

Modulul Building permite proiectantului să calculeze sistemele de iluminat pentru monumente și fațadele clădirilor. Un proiector este specificat prin poziția față de colțul din stânga-jos și de punctul țintă de pe suprafața iluminată. Utilizatorul poate configura mai multe proiectoare, de tipuri diferite și/sau situate în poziții diferite. Este calculată distribuția iluminării și a luminanței pe suprafața iluminată.

Modulul Colorimetrics determină coordonatele de cromaticitate (x , y) ale suprafeței iluminate de diferitele lămpi selectate și, astfel, culoarea aparentă

a acelei suprafețe în raport cu compoziția spectrală a radiației sursei de lumină; pe această bază este calculată temperatura de culoare corelată.

Percepția culorii este analizată prin precizarea sursei de lumină, cu radiația spectrală cunoscută, și a reflexivității spectrale a suprafeței arhitecturale, programul determinând coordonatele de cromaticitate (x , y) – Figura 5.

Modulul Chromaticity analizează comportamentul suprafețelor arhitecturale sub lumina diferitelor surse din Baza de Date ale programului Buildlight program, în sprijinul decizional al proiectantului.

4. Cromaticitatea unui sistem de iluminat arhitectural

Tabelul 1 prezintă răspunsul cromatic a două suprafețe din granit sub lumina diferitelor lămpi selectate, ilustrat grafic în Figurile 6 și 7. Este de remarcat, pe de o parte, că o sursă de lumină determină puncte de culoare ale suprafeței iluminate apropiate de punctul de culoare propriu al lămpii (Figura 6). Pe de altă parte, împrăștierea punctelor de culoare ale suprafeței iluminate sub diferitele surse de lumină (Figura 7) depinde de "tăria" sursei de lumină, de propria sa cromaticitate. O lampă cu un caracter deosebit de particular, cum este lampa cu vapori de sodiu de înaltă presiune - L7 SON Comfort – va "impune" culoarea sa proprie suprafețelor iluminate. În același timp, lampa cu halogenuri metalice - L2 HPI-T – va conferi culori diferențiate suprafețelor iluminate, în raport cu cromaticitatea proprie a acestora.

5. Concluzii

Sistemele de iluminat arhitectural sunt complexe în dimensionarea lor în raport cu luminanțele, având în vedere continua schimbare a poziției observatorului, numărul relativ mare al proiectoarelor, grila de calcul cu "pași" mici, și diversitatea materialelor de construcție/finisare a suprafețelor. Un catalog cu rezultatele măsurărilor fotometrice și spectrale ale materialelor și a distribuțiilor spectrale ale radiațiilor lămpilor va fi deosebit de util proiectanților, împreună cu un program de calcul simplu dar eficace.

Cunoașterea comportamentului cromatic al suprafețelor iluminate sub diferite lămpi, folosind un model numeric spectral, permite inginerilor de iluminat să limiteze grupul de lămpi luate în considerare pentru sistemul de iluminat arhitectural analizat. Determinarea culorii aparente a scenei iluminate într-un stadiu incipient al proiectării va face ca experimentele "in situ" să fie mult ușurate, reducând costurile implicate și simplificând procedurile de lucru.

LIGHTING EDUCATION AND RESEARCH AT THE NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS

Frangiskos V. TOPALIS

School of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens, Greece

1. Introduction

The Photometry Laboratory of National Technical University of Athens (NTUA) has been established in 1955. At the beginning, it belonged to the Laboratory of Electrical Measurements. Later it became an independent laboratory with distinct activities. Up to know it is the one and only university laboratory of photometry in Greece. It belongs to the School of Electrical and Computer Engineering of NTUA.

2. Infrastructure

The equipment of the NTUA Photometry Laboratory intend to support the three main functional activities of the laboratory which are: a) the laboratory practice of the students, b) the scientific research and c) the quality assurance tests on lighting products of Greek industries.

Three goniophotometers are among the main

equipment of the laboratory. The first one is a goniophotometer with facility for turning the light source, CIE type 3. The light source is turned around a vertical as well as a horizontal axis (Figure 1). The photometer head is fixed. The distance between the light source and the photometer head is unlimited, therefore there are no restrictions to the dimensions of the luminaires that can be measured. This system is used for the measurement of the luminous distributions of several types of luminaires for indoor or outdoor lighting. The implementation of an auxiliary detector permits the measurement of any type of luminaire irrespectively of the burning position of the lamp.

Measurements are made in the C-planes or conical surfaces. Modifications on the mechanical system of the goniophotometer that were made in the laboratory allow measurements in the A and B-planes as well. The system is fully automated.

The second system is an old spiral goniophotometer that was modified to a goniophotometer with moving



Figure 1 Goniophotometer with facility for turning the light source, CIE type 3



Figure 2
Goniophotometer with moving photometer head, CIE type 1

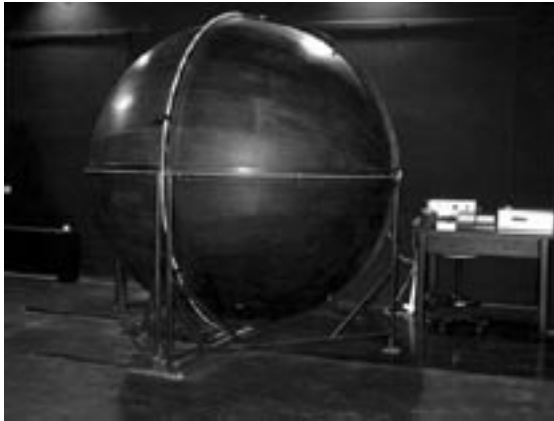


Figure 3 Integrating sphere with diameter 2.5 m

photometer head, CIE type 1 (Figure 2). The light source is turned at the point of intersection of the horizontal and vertical axes around a vertical axis. The photometer head is moved on a circle in the vertical plane around the light source. Measurements can be made in the A, B and C-planes. This goniophotometer is also used for the measurement of the luminous flux of light sources by integrating the illuminance distribution on a sphere surface. A third goniophotometer has been developed in the laboratory by the students for the measurement of small light signals. It is similar to the first one but with smaller dimensions. On the other hand, it is portable.

All of the above systems are fully automated, implementing modern electronics. There is also a manually operated goniophotometer that has been constructed by the personnel of the laboratory and is used only for the practice of the students.

The measuring equipment include research (bench-top) photometers with digital and/or analogue outputs. Among the photometer heads are illuminance, luminance and

irradiance sensors. The calibration of the illuminance meters is conducted in regular basis using standard lamps calibrated in lighting intensity units by accredited laboratories. Portable instruments are also available for field measurements of illuminance and luminance e.g. CRT luminance measurements as well as measurements of the luminance of street surfaces.

Three integrating (Ulbricht) spheres are used in the laboratory. The diameter of the first one is 2.5 m (Figure 3). This sphere is mainly used for the measurement of the light output ratio of luminaires. However it is also suitable for luminous flux measurements. Practically, all the luminaires can be measured irrespectively of their dimensions. The second integrating sphere, with diameter 1 m, is used for the measurement of the luminous flux of lamps. Several standard lamps are available (incandescent, fluorescent and high intensity discharge), calibrated in terms of lumen units, for comparative luminous flux measurements with these integrating spheres. Reference ballasts in the range of 20-250 W are available too.

The third integrating sphere is a small one with diameter 0.25 m (Figure 4) dedicated for colour measurements as well as for the measurement of the reflectance and transmittance of several optical materials (coloured lenses, reflectors etc.)

Colour measurements are performed by means of several spectrophotometers. Among them is an old one (but with quite high accuracy) with monochromator and interchangeable sensors for ultraviolet (UV-A, B, C), visible and infrared (IR-A, B) measurements. However, two modern spectrometers with diffraction gratings are mostly used for colour measurements (Figure 5). Their operation is controlled by a computer and the measurements are analyzed by the software, provided by the manufacturer. One of them is dedicated for colour measurements while the other one is suitable for both visible and ultraviolet measurements (UV-A, B, C) since

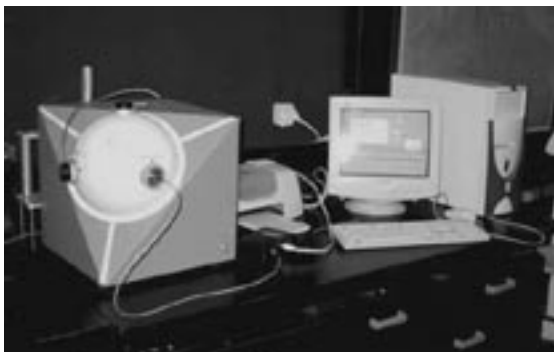


Figure 4 Integrating sphere for the measurement of colour, reflectance and transmittance



Figure 5 Reflectance measurement

it is equipped with two diffraction gratings, one for the visible and another for the UV region. The calibration of these instruments is achieved using standard lamps, provided by the manufacturer. Other standard lamps, calibrated in terms of black body temperature by accredited laboratories, are used for research purposes.

Furthermore, the equipment of the laboratory include several instruments for electrical safety tests on lighting fixtures e.g. rain-proof arrangement, chambers with regulating temperature and humidity, power and energy analyzers, voltmeters, ammeters, power factor meters, frequency meters, thermometers, recording instruments, amplifiers, frequency generators, transformers, voltage and current sources, voltage stabilisers, storage oscilloscopes, data acquisition systems as well as machinery for mechanical constructions. Other equipment are also available like photomultipliers, photometric benches, photographic instruments etc.

3. Lighting education

The principal activity of the laboratory is the lighting education of the NTUA students. The course of "Lighting and Photometry" is given to the students of the 6th semester (3rd year). The students attend a two-hour class each week plus a two-hour laboratory practice.

The laboratory practice includes the measurement of the lighting distribution of several types of luminaires as well as their luminance distribution and the determination of the glare diagram. The measurements are performed using the available goniophotometers, either the electronically operated ones or the manually operated that is solely dedicated for the students practice.

The laboratory practice also includes the measurement of luminous flux of lamps and luminaires using either the goniophotometers or the two integrating spheres of the laboratory. The light output ratio of luminaires is determined as well as the CIE flux code.

The basic principles of colorimetry are also taught

using spectrometer with monochromators or diffraction gratings. The students measure the light spectrum of light sources and the tristimulus values of coloured lenses or of opaque specimens.

Recently, EMC measurements (insertion loss) on fluorescent luminaires were added to the laboratory practice.

Moreover, the students have to complete an independent project i.e. to perform a lighting design (lighting of façades, churches, yards etc.) or to conduct lighting measurements (luminance measurements of road surfaces etc.) and sometimes to construct lighting devices (lasers, angle detectors, censoring devices etc.). The final mark is the sum of the written exam, the laboratory record and the mark from the project.

The last semester of the academic programme is dedicated to the diploma dissertation (10th semester - 5th year). Some of the students choose topics from lighting or photometry for their dissertation. The topics may vary from a lighting design to an experimental investigation or a software development. Sometimes the dissertations are parts of the research projects of the Laboratory and the students are financed for their contribution.

4. Research

The scientific research is conducted by the Ph.D. students of the Laboratory. One important subject is the mesopic photometry. Two students work for the experimental determination of the mesopic vision curves using humans of various ages. The research in that area also includes the measurement of the mesopic characteristics of light sources and their actual lighting performance at the mesopic levels. One student works for the investigation of the lighting parameters of the commercially available lamp types under various conditions. A life test of many lamps is ongoing using magnetic or electronic ignition and under specific dimming levels. Several parameters are also investigated such as the light spectrum, the variation

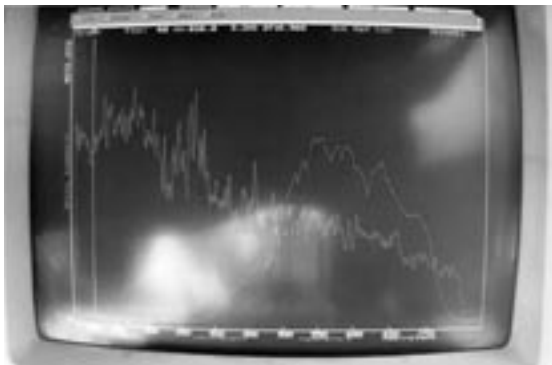


Figure 6 Passive solar radiation scanner for the determination of the atmospheric pollution

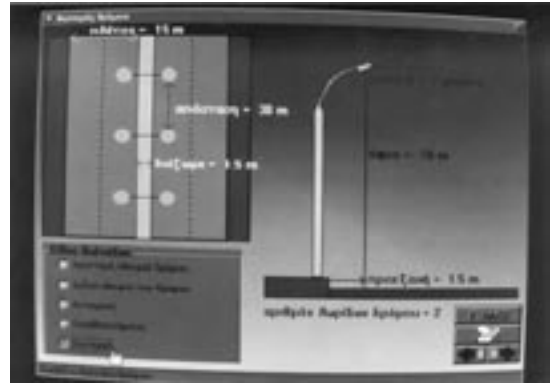
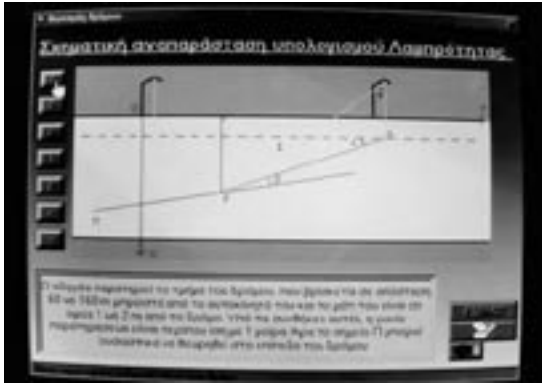


Figure 7 “Roadlux”: A software for road lighting

of the luminous flux and the harmonic distortion.

Another subject of the research is the experimental investigation of the electric and photometric properties of electronic compact fluorescent lamps and the determination of the influence of their extensive use on the reduction of energy consumption, as well as on the voltage distortion of electric networks. One student works experimentally while another one works theoretically. In the frame of that research, a virtual instrumentation system has been developed in the LabView environment for harmonic power measurements on discharge lamps. The system is actually a spectrum & power analyzer that also includes an arbitrary waveform generator in order to supply the lamps with distorted supply voltages. The other student has simulated several types of real networks in order to calculate and analyze the harmonic distortion extent caused due to a possible large-scale installation of the compact fluorescent lamps. Some of the simulations concern to weak low-voltage networks of isolated Greek islands supplied by autonomous photovoltaic stations where the distortion may exceed considerably the international limits.

The Laboratory has been involved recently in some projects dealing with the applications of renewable sources, especially the photovoltaic panels. One of the topics of these projects is the street lighting using the solar energy. A PhD student of the Laboratory works for the development of an autonomous or a semi-autonomous photovoltaic system. Several parameters are determined that will optimize the efficiency of the system: The annual variation of the solar radiation, the shape and the orientation of the panel, the charger and the battery, the electronic system, the type of the lamps and the ignition system. In the near future, the prototype of the integrated system will be installed outdoors at the university campus in order to measure its efficiency and its performance under actual conditions.

Two PhD students have developed a passive

pyrheliometric scanner for the qualitative and quantitative determination of the atmospheric constituents and the pollutants (Figure 6). The system tracks the sun automatically and records the spectrum of the solar radiation in the UV, Visible and NIR wavelength ranges (180 - 1000 nm with a resolution of 0.5 nm). The software that has been developed computes the atmospheric constituents. Relevant to this research is the participation of the Laboratory to the “Pierre Auger” international collaboration.

Further to the above research activities, some undergraduate and postgraduate students work in the area of the rational use of energy in lighting systems and the use of daylight in educational facilities. Another group of students has developed a software package (Figure 7) for street lighting that enables the Greek manufacturers to perform lighting calculations using the results from the photometric tests on their products that were conducted in the Laboratory.

5. Photometric tests

One of the more important activities of the Laboratory is the conduction of quality assurance tests on, practically, every lighting equipment and apparatus, following the national and international standards and norms. For each test a photometric test report is issued. That activity belongs to the services offered from a certified laboratory unit. In the near future the Laboratory will apply for accreditation according to EN17025.

Among the more ordinary measurements are the following: 1) Luminous intensity distributions of any type of luminaire (indoor or outdoor, fluorescent, high intensity discharge, traffic lights, light signals for ships and airports), 2) Luminous flux of any type of lamp, 3) Luminance and glare distributions of light sources, 4) Luminance of surfaces (roads, screens), 5) Colour of transparent and opaque materials, 6) Colour of light

sources, 7) Reflectance, absorbance and transmittance of several materials, 8) Electrical characteristics of ballasts using standard ballasts, 9) Tests in chambers with controlled conditions of temperature and humidity, 10) Lamp-life tests, 11) Rain proof tests up to IPx4, 12) Calibration of photometers using standard lamps etc.

The test reports of the Laboratory are issued in both Greek and English, enabling the Greek manufacturers of lighting equipment to promote the exports of their products abroad. Many of the luminaires that will be used for the illumination of the city of Athens during the Olympic Games were tested in the Laboratory.

6. Projects

The Laboratory has carried out several projects that were financed, mainly, by private enterprises as well as by the Greek public sector and the European Union. Some of them are ongoing. Among their topics are the following: 1) Rational use of energy and energy saving systems, 2) Renewable energy sources, 3) Quality assurance tests on lighting equipment, 4) Feasibility studies and 5) Measurement of atmospheric pollution. The projects of the past ten years are presented below.

1. "Contribution of the discharge lamps to the harmonic distortion of the voltage of distribution networks" (2003-2006), Programme "Heraclites", financed by the 3rd Community Support Framework of EU.
2. "Theoretical and experimental investigation of the energy saving potential in outdoor lighting systems with electronic ignition and dimming of high intensity discharge lamps" (2003-2006), Programme "Archimedes", financed by the 3rd Community Support Framework of EU.
3. "Investigation of the harmonic distortion in electric networks and development of methods for the optimization of the power quality – Pilot application to the electric network of Kythnos island" (2003-2006), Programme "Archimedes", financed by the 3rd Community Support Framework of EU.
4. "Energy audits of passive solar systems, photovoltaic systems, wind farms, small hydro plants, co-generation installations, biomass installations and energy saving systems" (2002-08), financed by the 3rd Community Support Framework of EU.
5. "Quality assurance in the manufacturing of lighting equipment" (2002-07), financed by Greek manufacturers of equipment for lighting installations.
6. "Experimental investigation of the electrical and photometric properties of electronic compact fluorescent lamps and the determination of the

influence of their extensive use on the reduction of energy consumption, as well as on the voltage distortion of electric networks of Greece and Yugoslavia" (2002-04), Programme of bilateral co-operation between Greece and Yugoslavia, financed by General Secretariat for Research and Technology of Greece.

7. "Energy savings in lighting installations using compact fluorescent lamps with electronic gear" (2000-01), Co-operation between Balkan Countries, financed by the Research Committee of National Technical University of Athens.
8. "Reseau de formation continue energie – environnement - EPURE" (1998-2002), TEMPUS PHARE, Joint European Project Grant, Contract No. AC_JEP-13076/98.
9. "Efficiency of compact fluorescent lamps and harmonic distortion in distribution networks" (1998-1999), Co-operation between Balkan Countries, financed by the Research Committee of National Technical University of Athens.
10. "Design of the laboratory of Greek Standardization Organization for the quality assurance of luminaires" (1997), financed by the Greek Standardization Organization.
11. "Development of light transfer model and design of modern laboratory techniques for the measurement of light parameters" (1997), Co-operation between Balkan Countries, financed by the Research Committee of National Technical University of Athens.
12. "Quality assessment procedures and development plan for continuing education at the English Language Department of Engineering at the Technical University of Sofia", TEMPUS-Phare, Complementary Measures Grant 1995-96, Contract No. CME-01033-95.
13. "Technological support of industries producing medium & low voltage equipment" (1996), financed by Greek industries.
14. ERASMUS, Contract STV-95-G-1073/P (1995-1996).
15. "Design, quality assurance and optimisation of lighting equipment" (1995), financed by Greek industries.
16. "Improvement of the infrastructure of N.T.U.A. Photometry Laboratory" (1995), financed by Greek industries.
17. "Feasibility study for the establishment of the technology park of Lavrion" (1994-1995), financed by the General Secretariat for Research and Technology, Ministry for Development.
18. ERASMUS, Programme ICP-93-D-3066/06 (1993), financed by the European Union.

19. "Feasibility study for the establishment of the technology park of Volos" (1993-1994), financed by the Prefecture of Magnesia.
20. "Design and development of a passive solar radiation scanner for the qualitative and quantitative analysis of the components and air pollutants of the atmosphere" (1994), financed by the Operational Programme for Research and Development (EPET I), 1st Community Support Framework of EU.

7. Publications

1. F. Korovesis, G.A. Vokas, I.F. Gonos, F.V. Topalis: "Influence of large scale installation of energy saving lamps on the line voltage distortion of a weak network supplied by photovoltaic station", Approved for publication in IEEE Transactions on Power Delivery.
2. N. Bisketzis, G. Polymeropoulos, F.V. Topalis: "Some remarks on the mesopic vision in comparison with the photopic and scotopic vision", Proceedings of Illuminat 2003, Cluj-Napoca, Romania, 8-9 May 2003.
3. C. Bourousis, M. Athanasopoulou, F.V. Topalis: "Semi-autonomous photovoltaic system for street lighting", Proceedings of Illuminat 2003, Cluj-Napoca, Romania, 8-9 May 2003.
4. I. Kateri, N. Chondrakis, G.A. Vokas, F.V. Topalis: "Energy saving by utilization of daylight in school buildings", Proceedings of Illuminat 2003, Cluj-Napoca, Romania, 8-9 May 2003.
5. F. V. Topalis, I. F. Gonos: "Incandescent or electronic lamps?", Technical magazine "The Electrician", Issue No.137, pp. 52-56, Athens, April 2003.
6. F.V. Topalis, M.B. Kostic, Z.R. Radakovic: "Advantages and disadvantages of the use of compact fluorescent lamps with electronic control gear". International Journal of Lighting Research and Technology, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London, UK, CIBSE Series B, Vol. 34, No. 4, pp. 279-288, 2002.
7. C. Orfanos, I.F. Gonos, F.V. Topalis: "Harmonic power measurements on discharge lamps". Proceedings of the 3rd Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission and Distribution, Med Power 2002, Athens, Greece, 4-6 November 2002.
8. F. Korovesis, G.A. Vokas, I.F. Gonos, F.V. Topalis: "Power supply harmonic distortion in weak low-voltage networks due to large scale installation of energy saving lamps". Proceedings of the 3rd Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission and Distribution, Med Power 2002, Athens, Greece, 4-6 November 2002.
9. N. Bisketzis, G. Polymeropoulos, M.B. Kostic, F.V. Topalis: "Efficiency of road lighting installations from the point of view of mesopic vision". Proceedings of the 3rd Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission and Distribution, Med Power 2002, Athens, Greece, 4-6 November 2002.
10. C. Orfanos, F.V. Topalis: "A virtual instrumentation system for harmonic power measurements on discharge lamps". Proceedings of the International Power Quality Conference 2002, Singapore, 21-25 October 2002.
11. F. V. Topalis, I.F. Gonos, G.A. Vokas: "Arbitrary waveform generator for harmonic distortion tests on compact fluorescent lamps". Measurement, Journal of the International Measurement Confederation, London U.K., Vol 30(4), pp 257-267, December 2001.
12. G.A. Vokas, I. F. Gonos, F. Korovesis, F.V. Topalis: "Influence of compact fluorescent lamps on the power quality of weak low voltage networks supplied by autonomous photovoltaic stations". PowerTech'2001, Vol. 1, Porto, Portugal, 10-13 September, 2001.
13. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis: "Estimation of total ozone column over Athens using ground based beam solar irradiance measurements". Fresenius Environmental Bulletin, CTA Publication, Munich, Germany, Vol. 9, No. 3/4, pp. 201-208, 2000.
14. E.K. Triantafilopoulou, I.F. Gonos, F.V. Topalis: "Development of a low-cost, fully automated goniophotometer". Proceedings of the 10th Scientific Symposium on Metrology and Metrology Assurance, Sozopol, pp. 821-86, September 14-17, 2000.
15. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis: "Spectral analysis of solar radiation for the investigation of the atmosphere optical thickness". Technologies for the renewable energy sources and the environment, Athens, December 2000, pp. 301-309.
16. F. V. Topalis, I. F. Gonos, M.B. Kostic: "Effects of changing line voltage on the harmonic current of compact fluorescent lamps". Proceedings of the International Conference on Power and Energy Systems, Las Vegas, USA, November 8-10, 1999.
17. F.V. Topalis, A.A. Kanellias, E.K. Triantafilopoulou, V.D. Petrova, H.D. Kambezidis: "Spectral analysis of solar radiation for the determination of the air constituents and pollutants". Proceedings of Balkan Light '99, Varna, October 1999.
18. I.F. Gonos, M.B. Kostic, F.V. Topalis: "Harmonic distortion in electric power systems introduced

- by compact fluorescent lamps”. Proceedings of IEEE Budapest Power Tech, Paper BPT99-222-41, Budapest, Aug. 29-Sept. 2, 1999.
19. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis, V. Djepa: “Aerosol optical thickness through modified Langley-plots in the atmosphere of Athens”. Proceedings of 2nd ISES-Europe Solar Congress, Vol. 1, pp. I.1.1-1-7, Portoroz, Slovenia, September 14-17, 1998.
 20. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis, V. Djepa: “Variability of total optical thickness in the atmosphere of Athens”. Proceedings of 2nd ISES-Europe Solar Congress, Vol. 1, pp. I.1.2-1-7, Portoroz, Slovenia, September 14-17, 1998.
 21. H.D. Kambezidis, A.D. Adamopoulos, N.K. Sakellariou, F.V. Topalis, A.A. Kanellias, V.D. Petrova, D. Zevgolis: “Atmospheric chemistry and climate changes monitoring by a simple passive system”. Fresenius Environmental Bulletin, CTA Publication, Munich, Germany, Vol. 7, No. 1a/2a, pp. 20-26, 1998.
 22. M.B. Kostic, F.V. Topalis: “Survey of the theoretical methods for the interior lighting calculations”. International Journal of Lighting Research and Technology, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London, UK, CIBSE Series B, Vol. 30, No. 4, pp.151-157, 1998.
 23. A.D. Adamopoulos, H.D. Kambezidis, D. Zevgolis, F.V. Topalis, V.D. Petrova: “Atmospheric optical spectral properties during summer days in Athens”. Fresenius Environmental Bulletin, CTA Publication, Munich, Germany, Vol. 7, No. 11/12, pp. 717-725, 1998.
 24. E. Fokitis, G. Garipov, B. Khrenov, S. Maltezos, A.G. Kalydas, V. Kytopoulos, K. Manolatu, D. Papadimitriou, E. Papantonopoulos, P. Sommers, F. Topalis, A. Travlos, R. Vlastou, G. Kiriakidis, E. Chatzitheodoridis, K. Moschovis: “Status of optical filter development for AUGER fluorescence detector”. Workshop of Pierre Auger Collaborate Meeting, Itacarusa, Brazil, May 17-28, 1998.
 25. E. Fokitis, A. Kanellias, B. Khrenov, V. Kytopoulos, S. Maltezos, K. Manolatu, R. Vlastou A.G. Kalydas, F. Topalis, A. Travlos, D. Andrakakis: “Optical filter design R&D for AUGER fluorescence detector”. Workshop of Pierre Auger Collaborate Meeting, Utah, USA, June 6, 1997.
 26. E. Zeinakis, C. Dimakis, F.V. Topalis: “ROADLUX: A software for road lighting in Windows environment”. Bulletin of Hellenic Association of Mechanical and Electrical Engineers, Athens, May 1997.
 27. H.D. Kambezidis, N.K. Sakellariou, F.V. Topalis, A.A. Kanellias, V.D. Petrova: “Air pollution monitoring with a passive pyr heliometric scanner”. Fresenius Environmental Bulletin, CTA Publication, Munich, Germany, Vol. 5, No. 11/12, pp. 631-636, November/December 1996.
 28. H.D. Kambezidis, N.K. Sakellariou, F.V. Topalis, A.A. Kanellias, V.D. Petrova: “Passive pyr heliometric scanner space applications”. Earth Observation and Monitoring Systems, Proceedings of the 1st Workshop with the support of European Commission, DG XII, Hellenic Committee for Space Research and Technology, Athens, January 1995.
 29. F.V. Topalis: “Energy saving management on lighting installations of buildings”. Bulletin of Hellenic Association of Mechanical and Electrical Engineers, No. 267-94, pp. 45-54, Athens, October 1994.
 30. F.V. Topalis: “Efficiency of energy saving lamps and harmonic distortion in distribution systems”. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 4, pp. 2038-2042, October 1993.



Frangiskos V. TOPALIS

National Technical University of Athens
 School of Electrical and Computer
 Engineering
 9 Iroon Politechniou Str., 15780 Athens,
 Greece
 Tel: +30-2107723627,
 Fax: +30-2107723628,
 topalis@ieee.org

Frangiskos V. TOPALIS received the B.Eng., M.Eng. and the Ph.D. degrees from the National Technical University of Athens (NTUA). He is currently an Assistant Professor and the head of the Laboratory of Photometry of NTUA. His research interests include photometry, lighting, rational use of energy, power quality and harmonics.

Received 9 February 2004

Învățământ și cercetare în iluminat la Universitatea Tehnică Națională din Atena

1. Introducere

Laboratorul de fotometrie al Universității Tehnice Naționale din Atena (UTNA) a fost înființat în 1995. La început, acesta aparținea Laboratorului de măsurări electrice. Mai târziu a devenit laborator independent cu activități distincte. În prezent este unicul laborator universitar de fotometrie existent în Grecia. Laboratorul aparține Școlii de Inginerie Electrică și Informatică a UTNA.

2. Infrastructura

Laboratorul de fotometrie al UTNA este dotat cu echipamente utile pentru realizarea celor trei activități principale ale laboratorului: a) practica de laborator a studenților, b) cercetarea științifică și c) teste de asigurare a calității produselor de iluminat din industria grecească.

În dotarea laboratorului se găsesc și trei goniofotometre. Primul goniofotometru oferă posibilitatea de rotire a sursei luminoase, CIE tip 3. Sursa de lumină este rotită atât în jur unei axe verticale, cât și a unei axe orizontale (Figura 1). Capul fotometric este fix. Distanța dintre sursa de lumină și capul fotometric nu este limitată, prin urmare nu există restricții în ceea ce privește dimensiunea aparatului de iluminat ce se dorește a fi măsurat. Acest sistem este utilizat pentru măsurarea distribuției luminoase a câtorva tipuri de aparate de iluminat pentru iluminatul interior sau exterior. Implementarea unui detector suplimentar permite măsurarea oricărui tip de aparat de iluminat, indiferent de poziția de funcționare a lămpii.

Măsurările sunt efectuate în planuri C sau pe suprafețe conice. Modificările în sistemul mecanic al goniofotometrului care au fost făcute în laborator permit de asemenea măsurări în planele A și B.

Al doilea sistem reprezintă un vechi goniofotometru spiralat care a fost transformat într-un goniofotometru cu cap fotometric reglabil, CIE tip 1 (Figura 2). Sursa luminoasă este rotită în punctul de intersecție al axelor orizontală și verticală, în jurul axei verticale. Capul fotometric este plimbat pe un cerc, într-un plan vertical, în jurul sursei luminoase. Se pot face măsurări în planele A, B și C. Acest goniofotometru este, de asemenea, utilizat pentru măsurarea fluxului luminos al surselor de lumină, prin integrarea distribuției luminoase pe o suprafață sferică.

Cel de-al treilea goniofotometru a fost realizat în

laborator de către studenți, pentru măsurarea semnalelor luminoase slabe. Acesta este similar cu primul, dar de dimensiuni mai mici și este portabil.

Toate sistemele prezentate mai sus sunt complet automate, fiind echipate cu componente electronice moderne. Mai există un goniofotometru cu operare manuală care a fost construit de către personalul laboratorului și care este utilizat numai pentru practica studenților.

Echipamentul de măsurare include dispozitive fotometrice de cercetare cu ieșiri digitale și/sau analogice. Capetele fotometrului conțin senzori pentru iluminare, lumananță și iradianță. Calibrarea luxmetrului este realizată într-o manieră obișnuită utilizând lămpi standard calibrate în unități de intensitate luminoasă de către laboratoare acreditate. Instrumentele portabile sunt, de asemenea, disponibile pentru măsurări în teren ale iluminării și lumananțelor, de ex. măsurări ale lumananței CRT și ale lumananței pe suprafața stradală.

Laboratorul deține și trei sfere de integrare (Ulbricht). Diametrul primei sfere este de 2,5 m (Figura 3). Această sferă este în principal utilizată pentru măsurarea raportului de ieșire al aparatelor de iluminat. De asemenea, poate fi utilizată și pentru măsurarea fluxului luminos. Practic toate aparatele de iluminat pot fi măsurate, indiferent de dimensiunea acestora. A doua sferă de integrare, cu diametrul de 1 m, este utilizată pentru măsurarea fluxului luminos al lămpii. Sunt disponibile câteva lămpi standard (cu incandescență, fluorescente și cu descărcare la înaltă presiune), calibrate în unități de lumeni pentru măsurări comparative ale fluxului luminos cu aceste sfere de integrare. De asemenea, sunt disponibile balasturi de referință în gama 20 - 250 W.

Cea de-a treia sferă de integrare este de dimensiuni mici, având diametrul de 0,25 m, (Figura 4) destinată pentru măsurarea culorii, precum și pentru măsurarea reflectanței și transitanței câtorva materiale optice (lentile colorate, reflectoare).

Măsurarea culorii este realizată prin intermediul câtorva spectrofotometre. Printre acestea există unul vechi (dar cu o acuratețe destul de ridicată) cu monocromator și senzori interschimbabili pentru măsurări în spectrul ultraviolet (UV-A, B, C), vizibil și infraroșu (IR-A, B). Totuși, două spectrometre moderne cu grilă de difracție sunt utilizate predominant pentru măsurări de culoare (Figura 5). Funcționarea lor este controlată de un computer, iar măsurările sunt analizate de programul furnizat de producător. Unul din ele este

destinat măsurărilor de culoare, iar celălalt este utilizabil atât pentru măsurări în spectrul vizibil, cât și în spectrul ultraviolet (UV-A, B, C), fiind echipat cu două grile de difracție, una pentru spectrul vizibil și cealaltă pentru cel ultraviolet. Calibrarea acestor instrumente este realizată cu ajutorul lămpilor standard, furnizate de către producător. Celelalte lămpi standard, calibrate de laboratoare acreditate după temperatura corpului negru, sunt utilizate pentru cercetare.

În plus, echipamentele de laborator includ câteva instrumente pentru testarea în condiții de siguranță electrică a corpurilor de iluminat, cum ar fi sisteme hidroizolate, camere cu temperatură și umiditate controlată, analizor de putere și energie, voltmere, ampermetre, aparat de măsurare a factorului de putere, frecvențmetre, termometre, instrumente de înregistrare, amplificatoare, generatoare de frecvență, transformatoare, surse de curent și tensiune, stabilizatoare de tensiune, osciloscopae, sisteme de achiziție a datelor, precum și unelte pentru construcții mecanice. Sunt disponibile și alte echipamente, cum ar fi fotomultiplicatoare, bancuri fotometrice, instrumente fotografice.

3. Cursuri de iluminat

Activitatea principală a laboratorului sunt cursurile de iluminat pentru studenții UTNA. Cursul de "Iluminat și fotometrie" este predat studenților din semestrul 6 (anul 3). Studenții frecventează un curs de două ore, și au două ore de practică în fiecare săptămână.

Practica de laborator include măsurarea distribuției luminii pentru diverse tipuri de aparate de iluminat, precum și distribuția luminanței și determinarea diagramei de luminanță. Măsurările sunt efectuate cu ajutorul goniofotometrelor, fie cu cele acționate electronic, fie cu cel acționat manual, destinat în exclusivitate practicii studenților.

Practica de laborator include și măsurarea fluxului luminos al lămpilor și aparatelor de iluminat, fie cu ajutorul goniofotometrelor, fie cu ajutorul celor două sfere integratoare ale laboratorului. Se determină raportul de ieșire al aparatelor de iluminat, precum și codul de flux CIE.

Principiile de bază ale colorimetriei sunt studiate cu spectrometrul cu monocromatori sau cu grile de difracție. Studenții măsoară spectrul luminos al surselor de lumină și componentele tricromatice ale lentilelor colorate sau al specimenelor opace.

Recent, la practica de laborator s-a adăugat măsurarea EMC (atenuarea de inserție) a aparatelor de iluminat fluorescente.

În plus, studenții trebuie să realizeze un proiect independent, respectiv să realizeze un proiect de iluminat (iluminarea fațadelor, bisericilor, spațiilor deschise) sau

să realizeze măsurări de iluminat (măsurarea luminanței la suprafața drumurilor) și uneori să construiască instrumente de iluminat (lasere, detectoare de unghi). Nota finală este suma notelor de la examenul scris, nota de la laborator și nota pe proiect.

Ultimul semestru al programului academic este dedicat pregătirii disertației de diplomă (semestrul 10/anul 5). Pentru disertație, unii studenți aleg teme din iluminat sau fotometrie. Temele pot varia de la proiecte de iluminat la investigarea experimentală sau dezvoltarea de programe de calculator. Uneori disertațiile sunt parte a proiectelor de cercetare ale Laboratorului iar studenții sunt plătiți pentru contribuțiile lor.

4. Cercetare

Cercetarea științifică este desfășurată de studenții doctoranzi ai Laboratorului. Unul din subiectele importante este fotometria mezopică. Doi studenți lucrează la determinarea experimentală a curbelor de vedere mezopică în cazul persoanelor de diverse vârste. Cercetarea în acest domeniu include și măsurarea caracteristicilor mezopice ale surselor de lumină și a performanțelor reale de iluminat la niveluri mezopice. Un student lucrează la determinarea parametrilor de iluminat în diverse condiții ai lămpilor disponibile în comerț. Este în derulare un test de durată de funcționare pentru numeroase lămpi, utilizând aprindere magnetică sau electrică, și la niveluri specifice de reglaj. Sunt măsuțați diverși parametri, cum ar fi spectrul luminos, variația fluxului luminos și distorsiunea armonică.

Un alt subiect de cercetare este investigarea experimentală a proprietăților electrice și fotometrice ale lămpilor fluorescente compacte și determinarea efectului utilizării lor de durată asupra reducerii consumului de energie, precum și asupra distorsiunilor de tensiune induse în rețeaua electrică. Un student lucrează experimental, în timp ce altul lucrează teoretic. În cadrul acestei cercetări a fost conceput un sistem de instrumente virtuale în mediul LabView, pentru măsurarea armonicilor de putere al lămpilor cu descărcare. Sistemul este un analizor de spectru și putere care include și un generator de undă pentru alimentarea lămpilor cu tensiuni de alimentare distorsionate. Celălalt student a simulat diverse tipuri de rețele reale pentru a calcula și analiza amploarea distorsiunilor armonice cauzate de o posibilă instalare pe scară largă a lămpilor fluorescente compacte de mari dimensiuni. Unele simulări sunt ale rețelelor de joasă tensiune din insulele izolate ale Greciei, alimentate de stații fotovoltaice autonome, unde distorsiunile pot depăși cu mult limitele internaționale.

Laboratorul a fost implicat recent în câteva proiecte referitoare la aplicațiile surselor regenerabile, în special panourile fotovoltaice. Una din temele acestor proiecte

este iluminatul stradal cu ajutorul energiei solare. Un doctorand al Laboratorului lucrează la dezvoltarea unui sistem fotovoltaic autonom sau semi-autonom. S-au determinat câțiva parametri care vor optimiza randamentul sistemului: variația anuală a radiației solare, forma și orientarea panoului, încărcătorul și bateria, sistemul electronic, tipul de lămpi și sistemul de aprindere. În viitorul apropiat, prototipul sistemului integrat va fi instalat în exterior, în campusul universitar, pentru a i se măsura randamentul și performanțele în condiții reale.

Doi doctoranzi au dezvoltat un scanner pirheliometric pasiv pentru determinarea calitativă și cantitativă a constituenților și poluanților atmosferici (figura 6). Sistemul urmărește automat Soarele și înregistrează spectrul radiației solare în lungimile de undă UV, vizibil și NIR (180 – 1000 nm cu o precizie de 0,5 nm). Programul de calculator dezvoltat calculează constituenții atmosferici. Relevantă pentru această cercetare este participarea Laboratorului la colaborarea internațională “Pierre Auger”.

În plus față de activitățile de cercetare menționate mai sus, câțiva studenți lucrează în domeniul utilizării raționale a energiei în sistemele de iluminat și utilizarea luminii naturale în instituțiile de învățământ. Un alt grup de studenți a dezvoltat un pachet de programe (Figura 7) pentru iluminat stradal care permite producătorilor din Grecia să efectueze calcule de iluminat pe baza rezultatelor testelor fotometrice ale produselor lor, care au fost realizate în cadrul Laboratorului.

5. Teste fotometrice

Una din activitățile majore ale Laboratorului este efectuarea de teste de asigurare a calității pentru toate echipamentele și aparatele de iluminat, respectând standardele și normele naționale și internaționale. Pentru

fiecare test se emite un raport de test fotometric. Această activitate este inclusă în serviciile oferite de un laborator certificat. În viitorul apropiat, Laboratorul va aplica pentru acreditare în conformitate cu EN17025.

Dintre măsurările obișnuite, sunt de menționat următoarele: 1) distribuția intensității luminoase a oricărui tip de aparat de iluminat (interior sau exterior, fluorescent, descărcare de înaltă presiune, iluminat de trafic, semnale luminoase pentru porturi și aeroporturi), 2) fluxul luminos al oricărui tip de lampă, 3) distribuția luminanței pentru sursele de lumină, 4) luminanța suprafețelor (drumuri, ecrane), 5) culoarea materialelor transparente și opace, 6) culoarea surselor de lumină, 7) reflectanța, absorbanta și transmitanța diverselor materiale, 8) caracteristicile electrice ale balastului utilizând balast standard, 9) teste în camere cu condiții controlate de temperatură și umiditate, 10) teste de durată de funcționare a lămpilor, 11) teste de hidroizolație până la IPx4, 12) calibrarea fotometrelor utilizând lămpi standard.

Rapoartele de testare ale Laboratorului sunt realizate în limba engleză și greacă, permițând producătorilor de echipamente de iluminat din Grecia să promoveze exportul produselor lor. Multe din aparatele de iluminat care vor fi utilizate pentru iluminarea Atenei în perioada Olimpiadei au fost testate în Laborator.

6. Proiecte

Laboratorul a derulat mai multe proiecte care au fost finanțate în principal din surse private, precum și din sectorul public și din fonduri ale UE. Unele din acestea sunt încă în derulare. Câteva teme ale acestor proiecte: 1) utilizarea rațională a energiei și sisteme de economisire a energiei, 2) surse de energie regenerabile, 3) teste de asigurare a calității pentru echipamente de iluminat, 4) studii de fezabilitate și 5) măsurarea poluării atmosferice. Mai jos sunt prezentate proiectele din ultimii zece ani.

DAYLIGHT AVAILABILITY AND DIRECT ILLUMINATION UNDER CLEAR SKY CONDITIONS IN GREECE

TSIKALOUDAKI Katerina, ARAVANTINOS Dimitris

Aristotle University of Thessaloniki, Greece

For centuries, architecture and daylighting were inseparable, since daylight was the only efficient source of light available. After the Industrial Revolution the wide use of artificial light liberated designers from the constraints of the past. Nowadays, in a world newly concerned about carbon emissions, global warming and sustainable design, the use of natural light in buildings has become an important strategy to improve energy efficiency by minimizing lighting, heating, and cooling loads. However, the integration of common or advanced daylight strategies at each phase of the building design requires information regarding the daylight climate of the region, as well as the illumination levels outdoors.

This paper focuses on the study of daylight availability, as well as on the development of a luminous efficacy model for predicting the direct illumination levels under clear sky conditions Greece. The study of these matters was considered necessary, since daylight data are rare to find in Greece. Furthermore, the existing luminous efficacy models failed to represent the real conditions, since their development was based on data of Northern Europe or America, where the climate is much different than that of Greece. The study was based on irradiation and illumination measurements conducted by the National Observatory of Athens during the years 1996-2000. The data was tested according to C.I.E. recommendations and processed with the help of the widely known statistical program S.P.S.S. Daylight availability was derived from the available data on an annual basis, as well as under clear sky conditions. The proposed luminous efficacy models were developed through the analysis, correlation and linear regression of the observed data and were validated both numerically and graphically. Their accuracy in the estimation of direct illuminance was compared with that achieved by other existing luminous efficacy models; the results showed that the former performed better under the specific climatic characteristics.

1. Introduction

A good understanding of the daylight climate typical for a given location is essential for the local architecture, the energy conservation and the environmental policies in general. In fact, the knowledge of daylight availability can be a useful tool for the engineers towards the optimal selection of daylight strategies applied on a building, in order to achieve the maximum utilization of daylight with minimum energy consumption for lighting, cooling and heating. Daylight availability depends on the geographical coordinates of the building site and the climatic characteristics of the region [1]; in combination with the conditions surrounding the building -e.g. its orientation and the presence of obstructions- it determines the operating conditions of the building's façade.

Furthermore, in sunny climates the knowledge of direct illuminance outdoors is key to estimating the indoor daylight levels. Although the direct daylight is rarely

taken into consideration for the calculation of the indoor daylight adequacy, it affects the reflected components of daylight factor indirectly. In particular, under clear sky conditions the internally and externally reflected daylight contributes to the determination of the final illuminance levels on the reference plane. Furthermore, in the Mediterranean countries, where clear sky conditions dominate, the knowledge of direct illuminance plays an important role for the estimation of glare.

Daylight availability is usually derived from measured illuminance data. However, in Greece, as well in the world as a whole, a lack of daylight data is observed. On the contrary, there is a plethora of other meteorological parameters, such as irradiance, air temperature, wet and dry bulb temperature, etc., which are recorded at most of the meteorological stations worldwide. Therefore, it was considered necessary to resort to luminous efficacy models, which enable the estimation of global, diffuse and direct illuminance outdoors from other measured or

calculated parameters.

The luminous efficacy of daylight is expressed as the ratio of illuminance (lx) to irradiance (Wm^{-2}), which can be found through the integration of the whole spectrum [2]:

$$K = \frac{683 \times \int_{380}^{780} V(\lambda) \times E_e(\lambda) d\lambda}{\int E_e(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

where:

λ : the wavelength of the incident radiation,

$V(\lambda)$: the CIE spectral sensitivity of the human eye at wavelength λ ,

$E_e(\lambda)$: the solar spectrum irradiance of radiation

K_m : the constant of luminous efficacy for photopic vision, equal to 683 lm/W.

Consequently, the luminous efficacy of solar radiation can reach theoretically the value of 683 lm/W during the day. However, the solar radiation is not monochromatic, but consists of various wavelengths, resulting to lower luminous efficacy values. Specifically, if all the incident solar radiation were visible, its luminous efficacy would be less than 204 lm/W [3].

As beam radiation passes through the atmosphere, it encounters absorption and scattering processes, which cause attenuation and modifications of energy. Rayleigh scattering by air molecules depends on the wavelength and affects mostly the visible radiation. Furthermore, the dust and particulate matters suspended in the atmosphere reduce the direct radiation (Mie scattering). Both Rayleigh and Mie scattering are more prevalent at low solar altitudes. Attenuation of beam radiation is also affected by water vapour absorption, which is mainly confined to the infrared region of solar radiation. The overall effect of these mechanisms is the reduction of beam radiation reaching the earth and the decrease of its luminous efficacy [4].

Many researchers have utilized the physics of these processes in the development of luminous efficacy models. Navvab et al. developed a semi-empirical formula for a range of turbidities and produced a relationship for the estimation of direct luminous efficacy K_b through the use of an exponential term of solar altitude γ_s [5]:

$$K_b = 104.59 \times (1 - e^{-0.39\gamma_s}) \quad (2)$$

Aydinli and Krochmann developed a polynomial relationship between direct luminous efficacy K_b and solar altitude γ_s [6]:

$$K_b = 17.72 + 4.4585 \times \gamma_s - 8.7563 \times 10^{-2} \times \gamma_s^2 + 7.3948 \times 10^{-4} \times \gamma_s^3 - 2.167 \times 10^{-6} \times \gamma_s^4 - 8.4132 \times 10^{-10} \times \gamma_s^5 \quad (3)$$

For Page the expression of direct luminous efficacy depends on solar altitude [7]:

$$\begin{aligned} K_b &= 62.134 - 0.75885 \times \gamma_s + 0.27749 \times \gamma_s^2 - 0.012108 \times \gamma_s^3 + \\ &\quad 2.052 \times 10^{-4} \times \gamma_s^4 - 1.22785 \times 10^{-6} \times \gamma_s^5 \quad \text{for } \gamma_s < 50^\circ, \\ K_b &= 103 + 0.2 \times (\gamma_s - 50) \quad \text{for } 50^\circ < \gamma_s < 60^\circ \quad (4) \\ K_b &= 105 \text{ lm/W} \quad \text{for } \gamma_s > 60^\circ \end{aligned}$$

Robledo et al. modeled mean hourly values of direct luminous efficacy for clear skies in Madrid using solar elevation as the only independent variable [8]:

$$K_b = 137.27 \times (\sin \gamma_s)^{1.289} \times e^{-0.0045\gamma_s} \quad (5)$$

Furthermore, several authors often adopt a single value of direct luminous efficacy instead of the rather complex mathematical models presented above. An average value between 93 lm/W and 115 lm/W is quoted for direct luminous efficacy in the bibliography [4]. Practically, luminous efficacy can be estimated by calculating the quotient of measured direct illuminance and irradiance on a horizontal plane.

2. Estimation of daylight availability and direct luminous efficacy

2.1 Experimental data-methodology

As has already been mentioned, few meteorological stations worldwide record daylight parameters. The National Observatory of Athens (N.O.A.) is the only research establishment in Greece, which has a long and complete solar illuminance database. It is situated on the Hill of Nymphs within the urban area of Athens (latitude: 37.97°N, longitude: 23.72°E, altitude: 107m above mean sea level). The climate of Athens is Mediterranean, with hot summers and mild winters. The average temperature during the summer is 25.80°C and during the winter is 9.90°C [9]. N.O.A. is equipped with a first class meteorological station and a research class daylight station, which complies with CIE recommendations. The necessary shadow band corrections are made according to Littlefair.

For the study of direct luminous efficacy, N.O.A. has provided climatic data of 5 years (1996-2000). More specifically, 14603 hourly mean values of global and diffuse irradiance, global and diffuse illuminance, relative humidity, air temperature and atmospheric pressure were used for the analysis. All data were subjected to the quality control recommended by CIE (Table 1). After the quality control there were 13.275 "safe" data sets of irradiance and illuminance, 35% of which were observed under clear sky conditions. The frequency of overcast sky was found approximately equal to 18%, while the remaining referred to intermediate sky conditions.

For irradiance:	For illuminance:	For intercomparisons between irradiance and illuminance components:
$0 < I_g < 1.2 \times I_a$	$0 < E_g < 1.2 \times E_a$	$E_g / I_g = a_1 \mp b_1 (c_1)$
$0 < I_d < 0.8 \times I_a$	$0 < E_d < 0.8 \times E_a$	$E_d / I_d = a_2 \mp b_2 (c_2)$
$I_d < 1.1 \times I_g$	$E_d < 1.1 \times E_g$	$E_b / I_b = a_3 \mp b_3 (c_3)$
$I_g \geq 10 \text{ W/m}^2$	$E_g \geq 500 \text{ lx}$	
Test limits:		
<i>If $(90 - \gamma_s) > 30^\circ$:</i>	$\alpha_1 = 120 \text{ lm/W}, b_1 = 30 \text{ lm/W}, c_1 = 60 \text{ lm/W}$	
	$\alpha_2 = 140 \text{ lm/W}, b_2 = 40 \text{ lm/W}, c_2 = 60 \text{ lm/W}$	
	$\alpha_3 = 105 \text{ lm/W}, b_3 = 30 \text{ lm/W}, c_3 = 50 \text{ lm/W}$	
<i>If $(90 - \gamma_s) < 30^\circ$:</i>	$\alpha_3 = 543 \times (90 - \gamma_s)^3 + 1639 \times (90 - \gamma_s)^2 - 1652 \times (90 - \gamma_s) + 661 [\text{lm/W}]$	
	$b_3 = 30 \text{ lm/W}, c_3 = 60 \text{ lm/W}$	
$I_g - I_d$:	Global - diffuse irradiance	
$E_g - E_d$:	Global - diffuse illuminance	
$I_a - E_a$:	Horizontal extraterrestrial irradiance - illuminance	
Table 1 The criteria for the quality control for irradiance and illuminance data according to CIE recommendations [10].		

The availability of global, diffuse and direct illuminance was derived from the cumulative frequency of measured data and was studied on an annual basis, as well as under clear sky conditions.

In order to investigate the relationship between direct luminous efficacy and other parameters, the data was processed with the aid of the widely used computer program for statistical analysis SPSS, which is one of the most advanced tools for statistical analysis and includes all types of statistical techniques. Due to the need for simplicity, the analysis was carried out considering solar altitude γ_s as the only independent variable. The statistical evaluation of the proposed models was based on the calculation of the Correlation Coefficient (R) between the observed and the estimated values of direct luminous efficacy, which displays the level of confidence on the model's results. Furthermore, the accuracy of the proposed models in predicting direct illuminance was tested by means of the Mean Bias Error (M.B.E.) and Root Mean Square Error (R.M.S.E.). M.B.E. provides information whether the model has a tendency to underpredict or overpredict, while R.M.S.E. indicates the level of scatter that the model produces. These useful and commonly used indices are particularly important, as they highlight the reliability and the repeatability of the model [6]. Furthermore, the adequacy of the developed models was evaluated graphically by plotting the estimated values of direct illuminance, as well as the residuals, against the observed values of direct illuminance.

2.2 The availability of daylight in the region

In order to characterize the daylight climate of the region, daylight availability was studied. Figure 1 shows the probability to observe global, diffuse and direct daylight illuminance lower than a datum level on horizontal plane during the year. The x-axis refers to the illumination level intervals, while on y-axis the cumulative frequency of their occurrence is plotted.

According to the diagram, there is a probability of 22% to observe values of global illumination lower than 20 klx during the year. For the same level of illuminance, the probability for direct and diffuse daylight is equal to 46% and 60% respectively. In general, during the year global illuminance is distributed over a greater range and direct illuminance is higher than diffuse.

By comparing daylight availability in Athens with relevant data from other European cities [11] it is derived that there is a higher probability to observe high global illuminance values in Athens than at other northern cities. For example, a global illuminance lower than 20 klx is exceeded for only 50% at Aberporth, UK, compared with 22% at Athens. The higher daylight availability in Athens can be attributed to the limited appearance of overcast sky conditions in Athens compared to northern European regions and to the extended sunshine probability during the year.

Figure 2 indicates the availability of global, diffuse and direct illuminance under clear sky conditions. The curves for global and direct illuminance have narrower inclination than that of Figure 1, demonstrating that they

reach much higher levels under clear sky conditions. On the contrary, the range of diffuse illuminance is limited, since under clear skies the scattering of radiation is confined.

2.3 New models for direct luminous efficacy developed for Greek climatic data

The direct luminous efficacy was estimated from the safe data sets under clear sky conditions as the ratio of direct illuminance and direct irradiance. The histogram of Figure 3 indicates the cumulative frequency, while the descriptive statistics of the parameter are presented in Table 2.

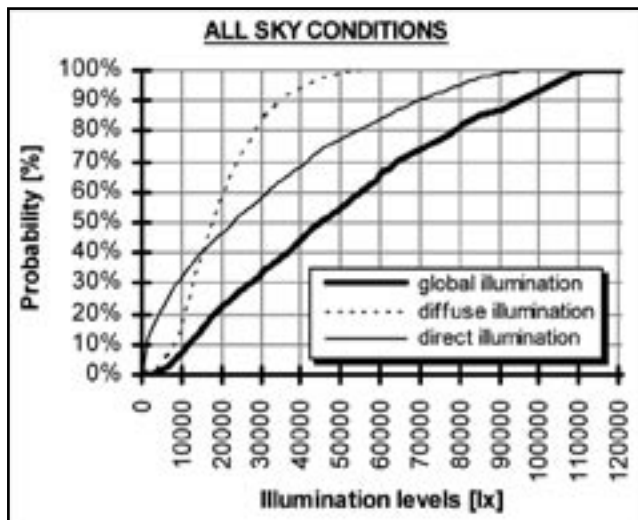


Figure 1
The probability to observe values of global, diffuse and direct illuminance lower than a datum level on a horizontal plane in Athens during the year (all sky conditions).

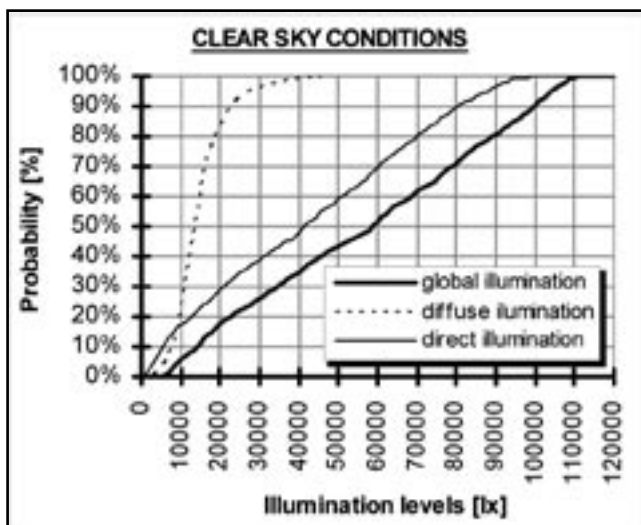


Figure 2
The probability to observe values of global, diffuse and direct illuminance lower than a datum level on a horizontal plane in Athens during the year under clear sky conditions.

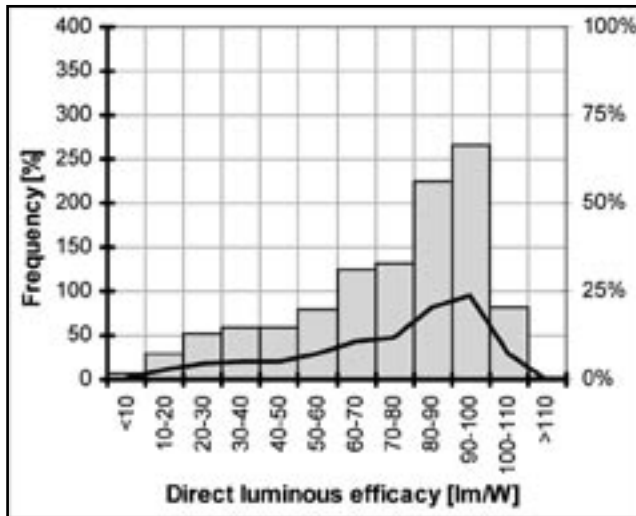


Figure 3 The histogram and the cumulative frequency of observed direct luminous efficacy under clear sky conditions

Parameters	Values
Sample	1120.00
Mean	73.61 lm/W
-standard error	0.72 lm/W
Minimum	2.25 lm/W
Maximum	134.92 lm/W
Mode	81.00 lm/W
Median	36.00 lm/W
Standard deviation	24.21 lm/W
Variance	586.28 lm ² /W
Skewness	-0.85 lm/W
- standard error of skewness	0.073 lm/W
Kurtosis	-0.18 lm/W
- standard error of kurtosis	0.15 lm/W
Range	134.92 lm/W

Table 2 The descriptive statistics of direct luminous efficacy.

The range of direct luminous efficacy is wide and has a mean value equal to 73.6 lm/W. The mode value is higher than the mean, while more than 50% of the derived values range from 80 to 100 lm/W. Skewness and kurtosis are negative, indicating that there is a negative asymmetry.

The correlation of direct luminous efficacy K_b against solar altitude γ_s showed that there is a linear association between the two variables: The Pearson Correlation Coefficient was found equal to 0.837, indicating that the relationship between the two parameters is strong. Besides, the observed significance level of the correlation is equal to 0.000, leading thus to the rejection of the null hypothesis.

Figure 4 shows the variation of direct luminous efficacy with respect to solar altitude γ_s . It is obvious that there is a strong relationship between the two parameters, since luminous efficacy values are scattered very close to their trendline. Direct luminous efficacy seems to increase with solar elevation, till γ_s reaches 50°-60°, where a smooth maximum is obtained. Afterward, there is a slight decrease of K_b with increasing values of γ_s .

The rapid increase of direct luminous efficacy for solar elevation lower than 50° can be explained via Rayleigh scattering of solar radiation by air molecules, which reduces the direct radiation in the visible range. The reduction is more important for low values of γ_s , because the relative optical air mass decreases as γ_s increases. Furthermore, scattering by aerosols (known as Mie scattering) has a similar, although smaller effect; direct luminous efficacy is reduced, as the amount of

aerosols in the atmosphere increases.

It is particularly interesting to study the decreasing tendency of the direct luminous efficacy observed at higher solar altitudes, which are obtained in Greece during summer months. The summer months in Athens are characterized by low wind speeds, high temperatures and high concentrations of ozone and ozone oxides in the atmosphere [12]. According to Mie's theory for the scattering of solar radiation by aerosols, the increase of the amount of particulates in the atmosphere attenuates the direct radiation in the visible spectrum. Therefore, the decrease of direct luminous efficacy at the highest solar elevations can be attributed to the effect of Mie scattering.

Using linear regression techniques the following luminous efficacy models have been derived:

$$K_b = 8.0967 + 3.05035 \times \gamma_s - 0.0261 \times \gamma_s^2 \quad (6)$$

$$K_b = -6.685478 + 4.7926 \times \gamma_s - 0.07942 \times \gamma_s^2 - 4.64 \times 10^{-5} \times \gamma_s^3 \quad (7)$$

Following the common approach for simplicity in calculation, an average value of direct luminous efficacy was also tested:

$$K_b = 73.614 \text{ lm/W} \quad (8)$$

The regression analysis of the models proposed above is presented in table 3. Both polynomials appear to have good performance. The correlation coefficient is slightly higher for the trinomial equation (7) without affecting significantly the overall performance of the model. The

2nd degree polynomial (6) predicts safely the 81.33% of the population, while the 3rd degree model (7) explains 82.4% of the observed values, which practically accounts for only 12 values more than the former.

The statistical evaluation of the above proposed models indicated that model 6 slightly underestimates direct illuminance (MBE=-0.15%). On the contrary, direct

which has an inclination approximately equal to 45° (Figure 5a). The residuals are scattered uniformly around the X-axis of figure 5b, indicating the robustness and the adequacy of model 6.

The respective diagrams for model 7 (figures 6a, 6b) demonstrate that the trinomial model is also adequate, yet not so accurate as the binomial. On the other hand, model

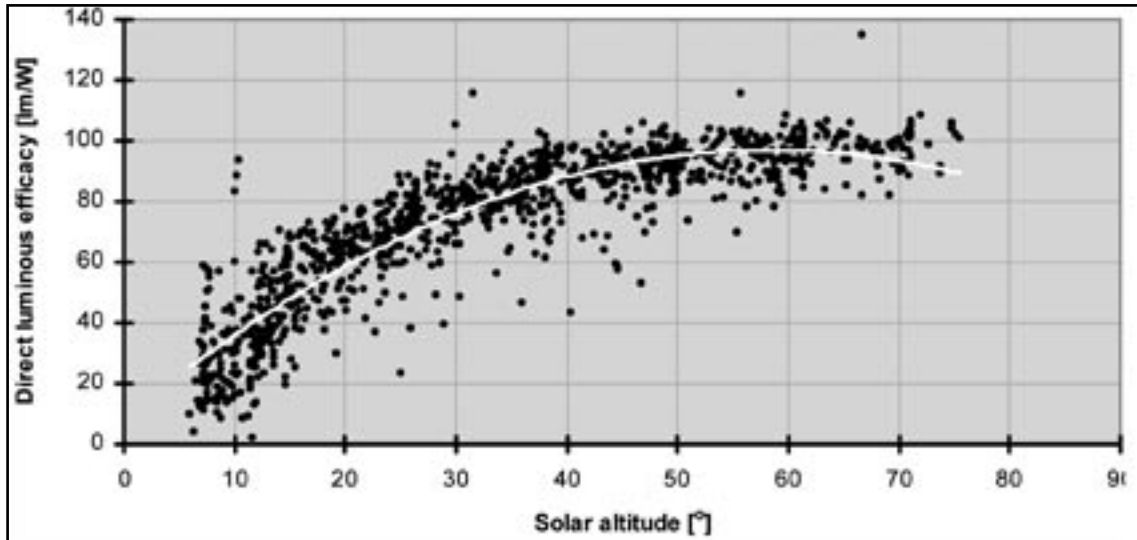


Figure 4 Direct luminous efficacy against solar altitude for clear sky conditions.

illuminance is overestimated by model (7) (MBE=4.55%) and significantly underpredicted by model 8 (MBE=-12.45%). Moreover, the best agreement between the estimated and the observed values of direct daylight illuminance was achieved by the use of model 6. RMSE for model 7 is slightly higher than that for model 6, but much lower than for model 8.

In Figures 5-7 the performance of the models 6, 7, 8 is presented. Specifically, in Figures 5a, 6a and 7a the estimated direct illuminance is plotted against the observed values, while in Figures 5b, 6b and 7b the distribution of the respective residuals is displayed. It is obvious that model 6 has the best performance: the estimated values of direct illumination scatter slightly around the trendline,

8 seems to perform inadequately, since the inclination of the trendline in figure 7a is much lower than 45° and the respective residuals do not fall in a horizontal band. The actual distribution of the residuals indicates the absence of an independent variable in the model [7].

Taking into account the overall statistical analysis, it is concluded that the proposed polynomial models perform reasonably well. Direct horizontal illuminance can be estimated more precisely when model 6 is used for the calculation of direct luminous efficacy. The use of a single, averaged value for direct luminous efficacy can lead to significant errors when user for the estimation of direct daylight illuminance under clear skies.

Model	Variables	R	R ²	MBE	RMSE
6 (binomial)	γ_s	0,90182	0,8133	-0,15 %	10,97 %
7 (trinomial)	γ_s	0,90779	0,8240	4,55 %	13,14 %
8 (constant)	-	-	-	-12,45%	27,22 %

Table 3 The statistical evaluation of the proposed models against observed illuminance data.

2.4 New model's performance compared to other existing models

As mentioned earlier, several models have been developed for the estimation of direct luminous efficacy, which are used widely in the research community, as well as in computer programs. However, these models are based on data of Northern Europe or America, regions with climatic characteristics much different than the

Mediterranean. Therefore, it was considered necessary to examine if these models are site-dependent, as well as to estimate their accuracy when applied in Greek climatic data.

More specifically, the accuracy in the prediction of direct illuminance with the luminous efficacy models

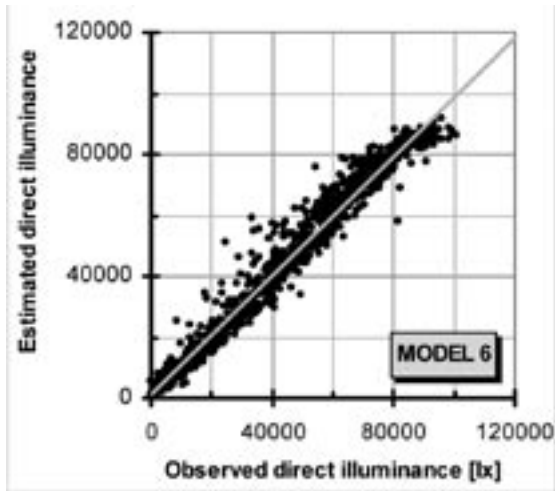


Figure 5a Graphical display of direct illuminance estimated with model 6 plotted against measured direct illuminance

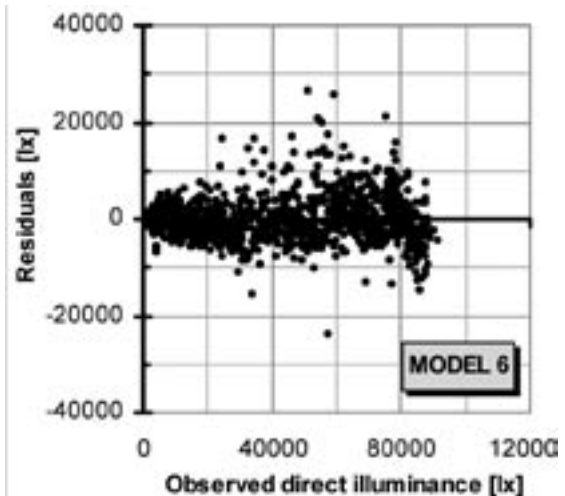


Figure 5b Graphical display of residuals from model 6 plotted against measured direct illuminance.

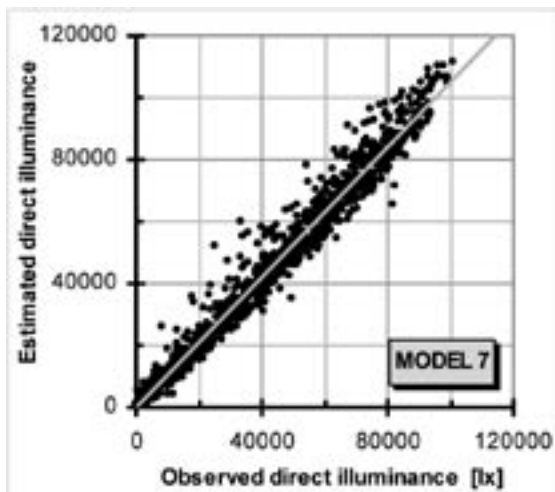


Figure 6a Graphical display of direct illuminance estimated with model 7 plotted against measured direct illuminance.

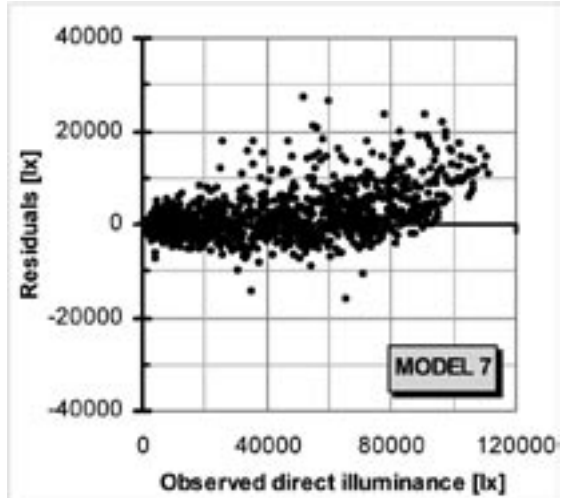


Figure 6b Graphical display of residuals from model 7 plotted against measured direct illuminance.

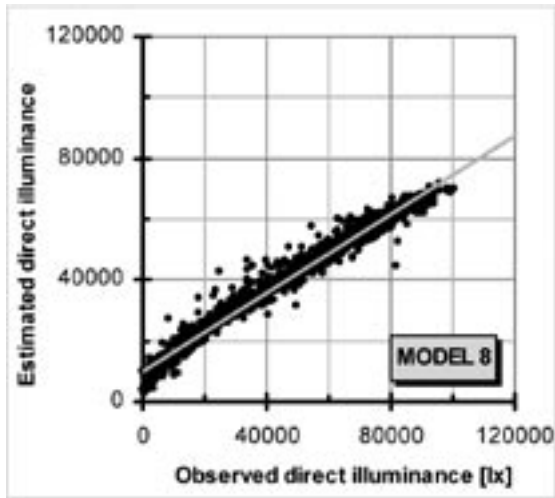


Figure 7a Graphical display of direct illuminance estimated with model 8 plotted against measured direct illuminance.

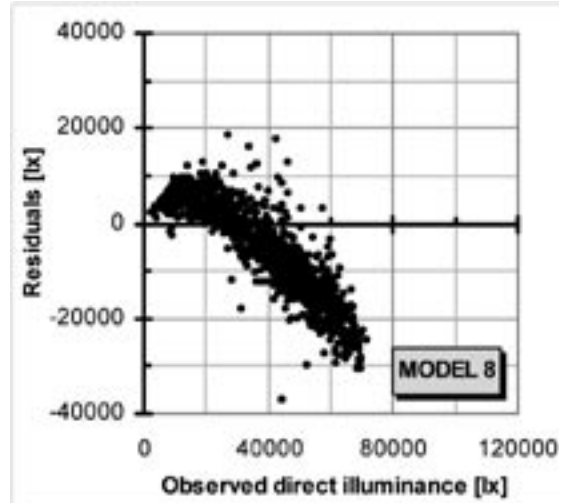


Figure 7b Graphical display of residuals from model 8 plotted against measured direct illuminance.

developed by Navvab, Aydinli & Krochmann, Page, Robledo (presented in the Introduction) is examined and compared with the new luminous efficacy model mentioned earlier. The study was carried out using the data recorded by the National Observatory of Athens for the years 1996-2000 and referred to clear sky conditions. The statistical analysis is based on the estimation of Mean Bias Error (M.B.E.) and Root Mean Square Error (RMSE) (Table 4). The adequacy and the overall performance of the models are also examined by displaying graphically the distribution of the estimated direct illuminance, as well as the relevant residuals, against the measured values

(Figures 8-11).

The minimum values of MBE and RMSE are provided by the model of Aydinli & Krochmann (eq. 3), demonstrating that among the other existing models it fits better to the real conditions. Furthermore, the estimated values have limited dispersion around their trendline (Figure 9a), while the residuals do not follow any particular distribution (Figure 9b). However, the residuals are not uniformly scattered around X-axis, indicating that the use of Aydinli & Krochmann's model results in calculating higher values than the measured one's.

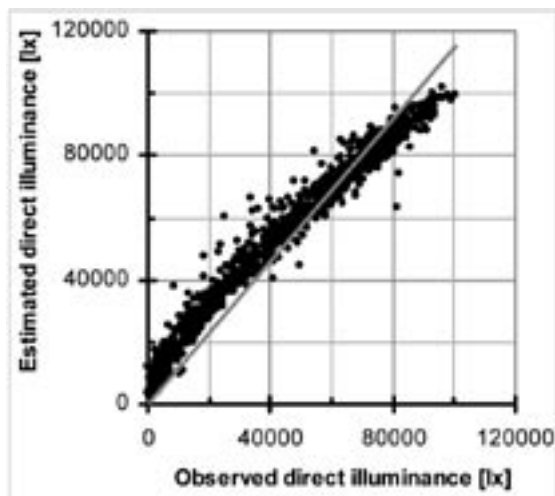


Figure 8a Direct illuminance estimated with Navvab's model plotted against measured direct illuminance under clear sky conditions.

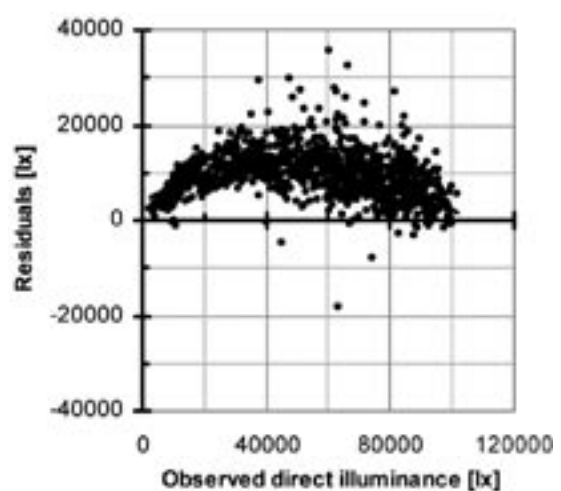


Figure 8b Graphical display of residuals from Navvab's model plotted against measured direct illuminance.

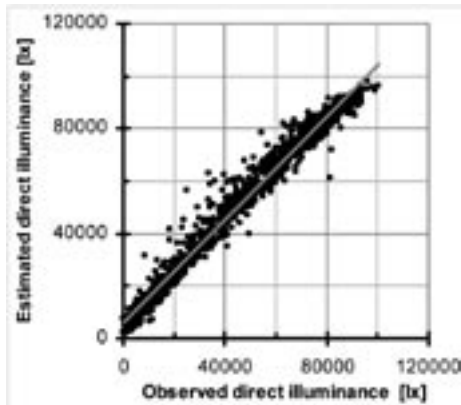


Figure 9a Direct illuminance estimated with Aydinli & Krochmann's model plotted against measured direct illuminance clear sky conditions.

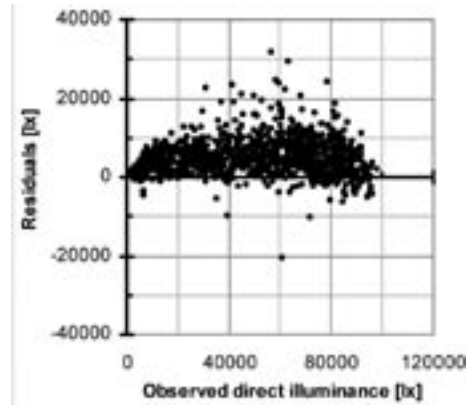


Figure 9b Graphical display of residuals from Aydinli & Krochmann's model plotted against measured direct illuminance.

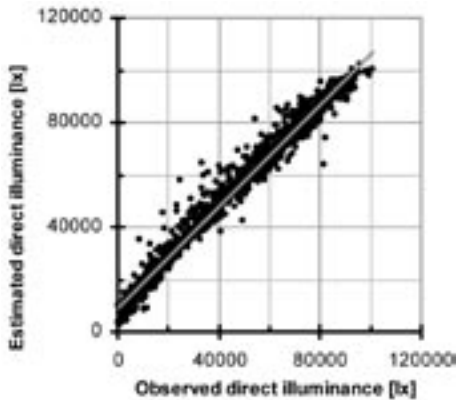


Figure 10a Direct illuminance estimated with Page's model plotted against measured direct illuminance under clear sky conditions.

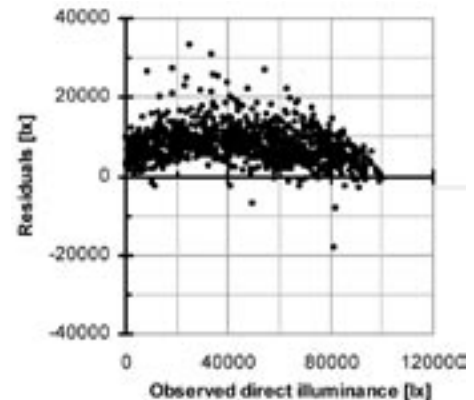


Figure 10b- Graphical display of residuals from Page's model plotted against measured direct illuminance.

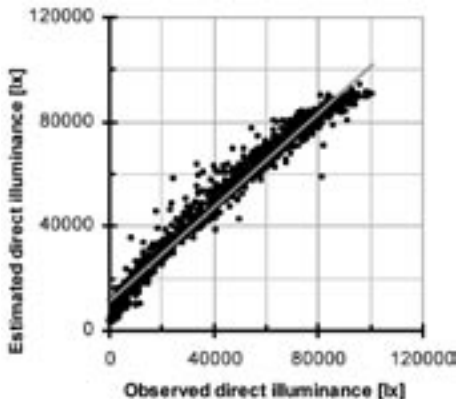


Figure 11a Direct illuminance estimated with Robledo's model plotted against measured direct illuminance under clear sky conditions.

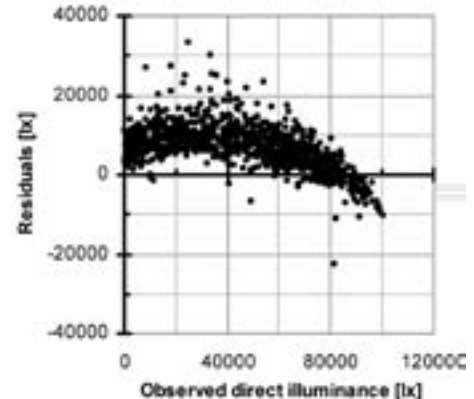


Figure 11b Graphical display of residuals from Robledo model plotted against measured direct illuminance.

The respective diagrams for the other 3 luminous efficacy models show the weakness of their performance; their residuals seem to follow a non-random distribution (Figures 8a, 10a, 11a) and the inclination of the trendline of estimated values is not close to 45° (Figures 8b, 10b, 11b).

The comparison of the statistical performance of the above models with the respective analysis for the proposed luminous efficacy model demonstrates the superiority of the latter under the specific conditions. MBE as well as RMSE values are much lower than the respective values of the other models.

Figure 12 represents the direct luminous efficacy estimated with all models examined above against solar altitude. It is obvious that only the new suggested model, as well as Aydinli & Krochmann's model approach satisfactorily the direct illuminance in Athens under clear sky conditions. Particularly, the model of Aydinli and Krochmann follows the distribution of the observed luminous efficacy values, presenting though a shift of about 20 lm/W upwards. The other models fail to imprint

accurately the examined parameter.

More specifically:

- For solar elevation lower than 45°, luminous efficacy values derived from the models of Navvab, Page and Robledo are relatively higher compared to the observed one's. Also the above models do not imprint the intense growth rate of direct luminous efficacy, which is observed at these solar altitudes.
- The models of Aydinli and Krochmann, Navvab and Page do not follow the slightly decreasing trend of direct luminous efficacy for solar altitude angles greater than 70°. Nevertheless, it worth noticing that these models were based on meteorological data of Poland, USA and England, where solar elevation does not reach so high values.
- The deviation between the luminous efficacy estimated with the existing models and the observed values is reduced at solar altitudes between 45-70 degrees; however the existing models still provide higher values than the observed.

Model	Equation No	Variable	MBE	RMSE
Navvab	2	γ_s	22,55%	25,27%
Aydinli & Krochmann	3	γ_s	11,32 %	15,50%
Page	4	γ_s	18,15 %	20,99 %
Robledo	5	γ_s	16,46 %	20,63 %
proposed model	6	γ_s	-0,15 %	10,97 %

Table 4 The statistical performance of various direct luminous efficacy models for clear sky conditions.

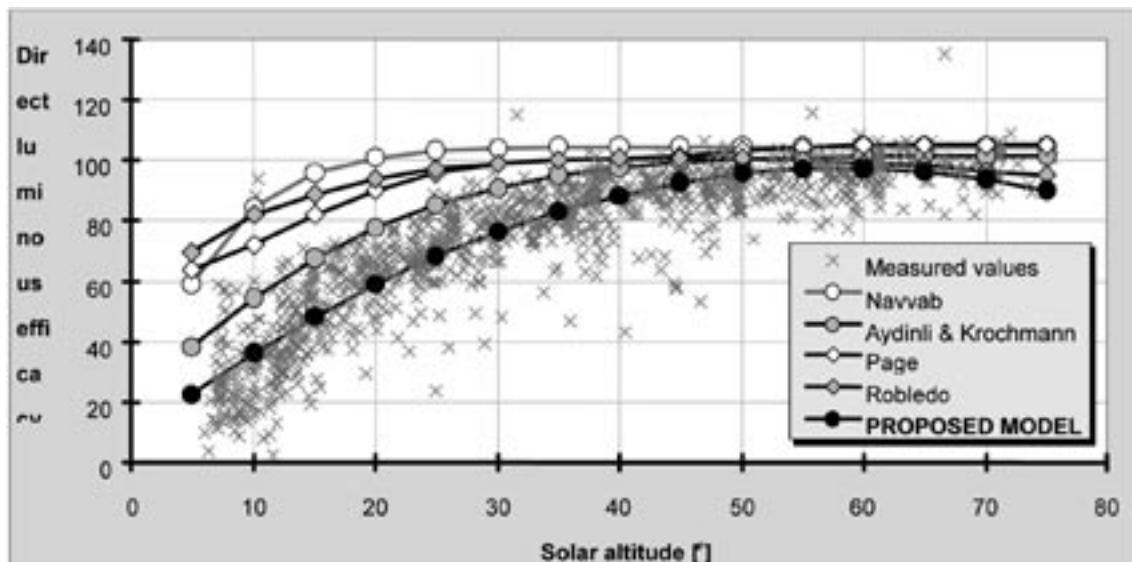


Figure 12 The direct luminous efficacy values, which were observed in Athens during 1996-2000 under clear sky conditions and which were estimated using the existing models of Navvab, Aydinli & Krochmann, Page, Robledo, as well as the new proposed model for direct luminous efficacy developed by the author.

3. Conclusions

From all the above it can be concluded that direct luminous efficacy under clear sky conditions depends on the climate of the region and the position of the sun in the sky vault. With the help of statistical and graphical analysis it has been proved that the existing models cannot describe precisely direct luminous efficacy in Greece. Therefore, a new model suitable for Greek climatic data was developed, which performs reasonably well and provides very good accuracy for the estimation of direct illuminance levels under clear sky conditions.

This model, combined with the analysis of daylight availability, can be an important tool for engineers and designers in order to accomplish wider use of daylight in buildings, leading thus to reduced energy consumption and better indoor conditions.

4. References

- [1]: IEA, "Daylight in buildings: a source book on daylight systems and components", report of IEA SHC Task 21/ ECBCS Annex 29, July 2000.
- [2]: CIE, International Lighting Vocabulary, Paris, 1970.
- [3]: Fraunhofer Institut for Solar Energy Systems, Thermal use of Solar Energy in Buildings, Freiburg, Germany, 1994.
- [4]: Littlefair Paul J., "The luminous efficacy of daylight: a review", Lighting Research and Technology, Vol. 17, issue 4, pp. 162-182, 1985.
- [5]: Navvab M., Karayel M., Ne'eman E., Selkowitz S., "Luminous efficacy of daylight", Proc. CIBSE Natural Lighting Conference, pp. 409-420, 1988.
- [6]: T. Muneer, "Luminous efficacy: Evaluation of models for the United Kingdom", Lighting Research and Technology, Vol. 27, Issue 2, pp. 71-77, 1995.
- [7]: Muneer T., Tregenza P., Kambezidis H., Solar radiation and Daylight Models for the energy efficient design of buildings, 1997.
- [8]: Robledo L., Soler A., "Luminous efficacy of direct solar radiation for clear skies", Energy, Vol. 25, pp. 689-701, 2000.
- [9]: Kambezidis H., Muneer T., Tzortzis M., Arvanitaki S., "Global and diffuse horizontal illuminance: month-hour distribution for Athens, Greece in 1992", Lighting Research and Technology, Vol. 30, issue 2, pp. 69-74, 1998.
- [10]: CIE Technical report, "Guide to recommended practice of daylight measurement", 1994.
- [11]: Commission of the European Communities, DG XII for Science, Research and Development,

"Daylighting in Architecture, a European reference book", James & James, London 1993.

- [12]: Website of the Hellenic Ministry for the Environment, Physical Planning and Public Works: www.minenv.gr.

TSIKALOUDAKI Katerina



Laboratory of Building
Construction and Physics,
Faculty of Civil Engineering,
Aristotle University of
Thessaloniki.
P.O. Box 429, 541 24
Thessaloniki, Greece.

Tel: 0030 2310 832402.

Fax: 0030 2310 995603.

e-mail: katgt@civil.auth.gr

Graduated from the Department of Civil Engineering of the Aristotle University of Thessaloniki in 1997 and obtained PhD from the same institution in 2003. Her research interests focus on the area of bioclimatic architecture and in particular on the indoor comfort, the estimation of daylight levels in the exterior and the interior environment of the buildings as well as the evaluation of daylight strategies.

ARAVANTINOS Dimitris

Laboratory of Building Construction and Physics,
Faculty of Civil Engineering,
Aristotle University of Thessaloniki.
P.O. Box 429, 541 24 Thessaloniki, Greece

Tel: 0030 2310 995794

Fax: 0030 2310 995603

e-mail: katgt@civil.auth.gr

Civil engineer (1982), PhD (1988), Associate professor (2003) with the Faculty of Civil Engineering of the Aristotle University of Thessaloniki. His research interests include energy efficient design, thermal and hydro- insulation of constructions and particularly the confrontation of humidity problems established in historic buildings and monuments. He has participated in 12 National and European research projects.

Received 1 February 2004

Reviewers Dr. David CARTER, Prof. Liisa HALONEN,
Prof. Koichi IKEDA

Disponibilitatea de lumină naturală și iluminare directă în condiții de cer senin în Grecia

Timp de secole, arhitectura și iluminatul natural au fost inseparabile, deoarece lumina naturală era singura sursă eficientă și disponibilă de lumină. După Revoluția industrială, utilizarea pe scară largă a luminii artificiale a eliberat proiectanții de constrângerile din trecut. În prezent, într-o lume preocupată, mai nou, de emisiile de carbon, încălzire globală și proiectare durabilă, utilizarea luminii naturale în interiorul clădirilor a devenit o strategie importantă de îmbunătățire a randamentului energetic prin reducerea sarcinilor de iluminat, încălzire și răcire. Cu toate acestea, integrarea strategiilor comune sau avansate de iluminat natural în fiecare fază a proiectării construcției necesită informații referitoare la regimul de iluminare al regiunii și respectiv la nivelul de iluminare exterioară.

Acest articol se concentrează asupra disponibilității luminii naturale, precum și asupra dezvoltării modelului de eficiență luminoasă pentru prognozarea nivelurilor de iluminare directă în condiții de cer senin în Grecia. Studiul acestor chestiuni a fost considerat necesar datorită faptului că datele referitoare la iluminatul natural sunt greu de găsit în Grecia. În plus, modelele existente de eficiență luminoasă nu au reușit să reproducă condițiile reale, datorită faptului că au fost dezvoltate pe baza unor date provenind din Europa de Nord sau America, regiuni în care clima este mult diferită față de cea a Greciei. Studiul s-a bazat pe măsurările de iradiere și iluminare efectuate de Observatorul Național din Atena între 1996-2000. Datele au fost testate în conformitate cu recomandările C.I.E. și au fost prelucrate cu ajutorul programului de statistică SPSS. Pe baza datelor disponibile, a fost calculată disponibilitatea anuală a luminii naturale, precum și cea în condiții de cer senin. Modelele propuse de eficiență luminoasă au fost dezvoltate prin analiza, corelarea și regresia liniară a datelor colectate și au fost validate numeric și grafic. Precizia acestora în estimarea iluminării directe a fost comparată cu cea obținută de alte modele de eficiență luminoasă existente; rezultatele au arătat faptul că cele dintâi s-au comportat mai bine în caracteristicile specifice de climă.

1. Introducere

Înțelegerea climatului de lumină naturală specific pentru o anumită zonă este esențială pentru arhitectura locală, conservarea energiei și politicile de mediu în general. De fapt, cunoașterea disponibilității de lumină naturală poate fi un instrument util pentru ingineri, la alegerea strategiilor optime de iluminat natural aplicate unei clădiri, pentru a obține utilizarea maximă a luminii naturale cu un consum minim de energie pentru iluminat, răcire și încălzire. Disponibilitatea luminii naturale depinde de coordonatele geografice ale amplasamentului și de caracteristicile climatice ale regiunii [1]; împreună cu condițiile din jurul clădirii, cum ar fi orientarea acesteia și prezența obstacolelor, determină condițiile de operare pentru fațada clădirii.

Mai mult, într-un climat însorit, cunoașterea iluminării exterioare directe este esențială pentru estimarea nivelului de lumină naturală în interior. Cu toate că lumina naturală directă este rareori luată în considerare pentru calculul iluminatului natural interior, ea afectează indirect componentele reflectate ale factorului de lumină naturală. În cazul particular al condițiilor de cer senin, lumina

naturală interioară și exterioară reflectată contribuie la determinarea nivelurilor finale de iluminare pe planul de referință. În plus, în țările mediteraneene, unde condițiile de cer senin sunt dominante, cunoașterea iluminării directe are un rol major în estimarea orbirii.

Disponibilitatea de lumină naturală este obținută în general din datele de măsurare a iluminării. Cu toate acestea, în Grecia, precum și în restul lumii, se remarcă o lipsă a datelor referitoare la lumina naturală. Pe de altă parte, există o multitudine de alți parametri meteorologici, cum ar fi iradierea, temperatura aerului, temperatura uscată și umedă, care sunt înregistrate în majoritatea stațiilor meteorologice din lume. În consecință, s-a considerat necesar să se recurgă la modele de eficiență luminoasă, care permit estimarea iluminării globale, difuze și directe în exterior, pe baza altor parametri măsurați sau calculați.

Eficiența luminoasă a luminii naturale este exprimată ca un raport între iluminare (I_x) și iradiere (Wm^{-2}), care poate fi găsit prin integrarea întregului spectru [2] (rel. 1)

În consecință, eficiența luminoasă a radiației solare poate atinge teoretic valoarea de 683 lm/W pe timpul zilei. Cu toate acestea, radiația solară nu este monocromă,

ci este formată din diverse lungimi de undă, determinând valori mai scăzute pentru eficiența luminoasă. Mai exact, dacă toată radiația solară incidentă ar fi vizibilă, eficiența sa luminoasă ar fi mai mică de 204 lm/W [3].

Fasciculul de radiație, la trecerea sa prin atmosferă, suferă procese de absorbție și disipare, care determină atenuarea și modificarea energiei. Disiparea Rayleigh în moleculele de aer depinde de lungimea de undă și afectează cel mai mult radiația vizibilă. În plus, praful și particulele în suspensie din atmosferă reduc radiația directă (disipare Mie). Atât disiparea Rayleigh cât și Mie sunt mai accentuate la altitudini solare reduse. Atenuarea fasciculului de radiație este, de asemenea, afectată de absorbția vaporilor de apă, care este limitată în principal la regiunea infraroșie a radiației solare. Efectul general al acestor mecanisme este de reducere a radiației care ajunge la sol și de scădere a eficienței luminoase [4].

Mulți cercetători au utilizat mecanismele acestor procese în dezvoltarea modelelor de eficiență luminoasă. Navvab et al. au dezvoltat o formulă semi-empirică pentru o gamă de turbidități și au determinat o relație pentru estimarea eficienței luminoase directe K_b prin utilizarea unui termen exponențial al altitudinii solare γ_s [5] (rel. 2)

Aydinli și Krochmann au dezvoltat o relație polinomială între eficiența luminoasă directă K_b și altitudinea solară γ_s [6] (rel. 3)

Pentru Page, expresia eficienței luminoase directe depinde de altitudinea solară [7] (rel. 4).

Robledo et al. au modelat valorile medii orare ale eficienței luminoase directe pentru cer senin în Madrid utilizând elevația solară ca singura variabilă independentă [8] (rel. 5)

În plus, unii autori adoptă adesea o singură valoare pentru eficiența luminoasă directă, în locul modelelor matematice complexe prezentate mai sus. Valoarea medie menționată în bibliografie pentru eficiența luminoasă directă este între 93 lm/W și 115 lm/W [4]. Din punct de vedere practic, eficiența luminoasă poate fi estimată prin calcularea coeficientului iluminării directe măsurate și al iradierii pe un plan orizontal.

2. Estimarea disponibilității de lumină naturală și a eficienței luminoase directe

2.1 Date experimentale – metodologie

După cum s-a menționat anterior, doar câteva stații meteorologice din lume înregistrează parametri ai luminii naturale. Observatorul Național din Atena (N.O.A.) este

singura instituție de cercetare din Grecia care are o bază de date completă, pentru o perioadă îndelungată, referitoare la iluminarea solară. Observatorul este situat pe Dealul Nimfelor, din zona urbană a Atenei (latitudine: 37,97°N, longitudine: 23,72°E, altitudine: 107 m deasupra nivelului mediu al mării). Clima Atenei este mediteraneană, cu veri calde și ierni blânde. Temperatura medie în timpul verii este de 25,80°C și pe timpul iernii de 9,90°C [9]. N.O.A. este echipat cu o stație meteorologică de primă clasă și cu o stație de cercetare a luminii naturale, conformă cu recomandările CIE Corecțiile necesare ale benzii de umbră sunt realizate după Littlefair.

Pentru studierea eficienței luminoase directe, N.O.A. a furnizat date climaterice pentru cinci ani (1996-2000). Mai exact, pentru analiză au fost utilizate 14.603 valori orare medii pentru radianța globală și difuză, iluminarea globală și difuză, umiditatea relativă, temperatura aerului și presiunea atmosferică. Toate datele au fost supuse controlului calității recomandat de CIE (Tabel 1). După controlul de calitate s-au păstrat 13.275 seturi de date "sigure" pentru iradiere și iluminare, din care 35% au fost măsurate în condiții de cer senin. Frecvența situațiilor de cer acoperit a fost determinată la aproximativ 18%, iar restul datelor se referă la situații intermediare.

Disponibilitatea luminanței globale, difuze și directe a fost calculată din frecvența cumulată a datelor măsurate, și s-a studiat pentru perioade anuale, respectiv pentru condiții de cer senin.

Pentru a investiga relația dintre eficiența luminoasă directă și alți parametri, datele au fost prelucrate cu ajutorul cunoscutului program de statistică SPSS, care este unul din cele mai avansate instrumente de analiză statistică și care include toate tipurile de tehnici statistice. Din nevoia de simplitate, analiza s-a realizat considerând altitudinea solară γ_s ca singura variabilă independentă. Evaluarea statistică a modelelor propuse s-a bazat pe calcularea Coeficientului de corelare (R) între datele măsurate și cele estimate pentru eficiența luminoasă directă, care arată nivelul de confidență pentru rezultatele modelului. În plus, precizia modelelor propuse în prognozarea luminanței directe a fost testată cu ajutorul erorii de abatere medie (MBE) al erorii pătratică medii (RSME). MBE arată dacă modelul are tendința de a subestima sau supraestima, în timp ce RMSE indică nivelul de dispersie pe care îl produce modelul. Acești indici obișnuiți și utili sunt importanți deoarece arată viabilitatea și repetabilitatea modelului [6]. În plus, acuratețea modelelor dezvoltate a fost evaluată grafic prin

reprezentarea valorilor estimate pentru iluminarea directă și respectiv a valorilor reziduale, în comparație cu valorile observate ale iluminării directe. (Tabel 1)

2.2 Disponibilitatea luminii naturale în regiune

Pentru a caracteriza climatul luminii naturale în regiune, s-a studiat disponibilitatea luminii naturale. Figura 1 arată probabilitatea de a măsura o iluminare globală, difuză și directă a luminii naturale mai redusă decât nivelul de date pe un plan orizontal pe parcursul anului. Axa abscisă indică intervalele de iluminare, în timp ce pe axa ordonată sunt reprezentate frecvențele cumulate ale apariției lor.

Conform diagramei, există o probabilitate de 22% de a măsura valori ale iluminării globale sub 20 klx pe parcursul anului. Pentru același nivel de iluminare, probabilitatea pentru lumină naturală directă și difuză este egală cu 46% și respectiv 60%. În general, pe parcursul anului, iluminarea globală este distribuită pe un interval mai larg, iar iluminarea directă este mai mare decât cea difuză.

Prin compararea disponibilității de lumină naturală în Atena cu date relevante din alte orașe europene [11] s-a remarcat că există o mai mare probabilitate de a înregistra valori ridicate ale iluminării globale în Atena decât în alte orașe nordice. De exemplu, o iluminare globală mai scăzută de 20 klx are o probabilitate de 50% în Aberporth, UK, în comparație cu 22% în Atena. Disponibilitatea mai mare a luminii naturale în Atena poate fi explicată prin frecvența redusă a condițiilor de cer acoperit în Atena, în comparație cu regiunile Europei de Nord și, respectiv, prin probabilitatea ridicată de cer senin pe parcursul anului.

Figura 2 arată disponibilitatea iluminării globale, difuze și directe în condiții de cer senin. Curbele pentru iluminarea globală și directă au o înclinație mai mare decât în Figura 1, demonstrând faptul că se ating niveluri mult mai ridicate în condiții de cer senin. Pe de altă parte, domeniul iluminării difuze este limitat, deoarece în condiții de cer senin disparerea radiației este limitată.

2.3 Modele noi pentru eficiența luminoasă directă dezvoltate pentru datele climaterice ale Greciei

Eficiența luminoasă directă a fost estimată pe baza seturilor de date sigure pentru cer senin, ca fiind raportul dintre iluminarea directă și radianța directă. Histograma din Figura 3 arată frecvența cumulată, în timp ce valorile statistice descriptive ale parametrului sunt prezentate în Tabelul 2.

Domeniul eficienței luminoase directe este larg și are o valoare medie egală cu 73,6 lm/W. Valoarea în modul este mai ridicată decât valoarea medie, iar mai mult de 50% din valorile derivate variază între 80 și 100 lm/W. Valorile pentru asimetrie și curbura sunt negative, arătând o asimetrie negativă.

Corelarea eficienței luminoase directe K_b cu altitudinea solară γ_s a arătat existența unei dependențe liniare între cele două variabile: coeficientul de corelație Pearson a fost calculat la 0,837, indicând o relație strânsă între cei doi parametri. Pe de altă parte, nivelul măsurat de semnificație al corelației este 0,000, determinând respingerea ipotezei nule.

Figura 4 arată variația eficienței luminoase directe în funcție de altitudinea solară γ_s . Este evident faptul că există o relație strânsă între cei doi parametri, deoarece valorile pentru eficiența luminoasă sunt grupate foarte strâns în jurul liniei de regresie. Eficiența luminoasă directă pare să crească odată cu elevația solară, până când γ_s atinge 50°-60°, valoare la care se obține un maxim fin. După aceasta, apare o scădere ușoară a K_b cu creșterea valorilor lui γ_s .

Creșterea rapidă a eficienței luminoase directe pentru elevație solară mai mică de 50° poate fi explicată prin dispersia Raleigh a radiației solare în molecule de aer, care reduce radiația directă în spectrul vizibil. Reducerea este mai semnificativă pentru valori scăzute ale γ_s , deoarece masa optică relativă a aerului scade odată cu creșterea lui γ_s . În plus, dispersia în aerosoli (cunoscută ca dispersie Mie) are un efect similar, dar mai redus; eficiența luminoasă directă este redusă odată cu creșterea cantității de aerosoli din atmosferă.

Este în mod special interesant de studiat tendința descrescătoare a eficienței luminoase directe observată la altitudini solare ridicate, care sunt atinse în Grecia în lunile de vară. Lunile de vară în Atena sunt caracterizate prin viteza scăzută a vântului, temperaturi ridicate și concentrații ridicate de ozon și oxizi ai ozonului în atmosferă [12]. Conform teoriei lui Mie referitoare la dispersia radiației solare în aerosoli, creșterea cantității de particule în atmosferă atenuază radiația directă în spectrul vizibil. În consecință, scăderea eficienței luminoase directe la elevații solare maxime poate fi atribuită efectului de dispersie Mie.

Cu ajutorul tehnicilor de regresie liniară s-au obținut următoarele modele de eficiență luminoasă (rel. 6, 7).

Urmând abordarea comună de simplitate a calculelor, s-a testat și o valoare medie a eficienței luminoase directe

(rel. 8).

Analiza de regresie a modelelor propuse mai sus este prezentată în Tabelul 3. Ambele curbe polinomiale au o comportare bună. Coeficientul de corelare este puțin mai ridicat pentru ecuația trinomială (7) fără a afecta semnificativ comportarea generală a modelului. Curba polinomială de gradul 2 (6) prognozează cu siguranță 81,33% din populație, în timp ce modelul de grad 3 (7) explică 82,4% din valorile observate, ceea ce înseamnă, practic, mai mult cu numai 12 valori decât cel anterior.

Evaluarea statistică a modelelor propuse mai sus arată faptul că modelul 6 subestimează ușor iluminarea directă (MBE=-0,15%). Pe de altă parte, iluminarea directă este supraestimată de modelul 7 (MBE=4,55%) și în mod semnificativ subestimată de modelul 8 (MBE=-12,45%). În plus, cea mai bună concordanță între valorile estimate și cele măsurate pentru iluminarea directă a luminii naturale a fost obținută cu ajutorul modelului 6. RMSE pentru modelul 7 este puțin mai mare decât pentru modelul 6, dar mult mai scăzută decât pentru modelul 8.

În Figurile 5-7 este prezentată performanța modelelor 6, 7, 8. În Figurile 5a, 6a și 7a este reprezentată iluminarea directă estimată în comparație cu valorile observate, iar în Figurile 5b, 6b și 7b este prezentată distribuția valorilor reziduale. Este evident faptul că modelul 6 are cea mai bună performanță: valorile estimate ale iluminării directe se distribuie în jurul liniei de regresie, care are o înclinație de aproximativ 45° (Figura 5a). Valorile reziduale sunt distribuite uniform în jurul axei abscisă a Figurii 5b, arătând robustețea și acuratețea modelului 6.

Diagramele pentru modelul 7 (Figurile 6a, 6b) demonstrează faptul că modelul trinomial este de asemenea potrivit, deși nu este atât de exact ca cel binomial. Pe de altă parte, modelul 8 pare să evolueze inadecvat, deoarece înclinarea dreptei de regresie din Figura 7a este mult mai mică de 45° iar valorile reziduale nu se distribuie într-o bandă orizontală. Distribuția valorilor reziduale indică absența unei variabile independente în model [7].

Având în vedere analiza statistică generală, se poate concluziona că modelele polinomiale propuse au performanțe rezonabil de bune. Iluminarea directă orizontală poate fi estimată mai exact atunci când se utilizează modelul 6 pentru calcularea eficienței luminoase directe. Utilizarea unei singure valori medii pentru eficiența luminoasă directă poate conduce la erori majore, dacă se utilizează la estimarea luminanței naturale directe în condiții de cer senin. (Tabel 3)

2.4 Performanțele modelului nou în comparație cu alte modele existente

După cum s-a menționat anterior, au fost dezvoltate mai multe modele pentru estimarea eficienței luminoase directe, care sunt utilizate pe scară largă în comunitatea științifică, precum și în programe de calculator. Totuși, aceste modele se bazează pe date din Europa sau America de Nord, regiuni cu caracteristici climatice mult diferite de cele mediteraneene. De aceea, s-a considerat necesară să se examineze dacă aceste modele depind de locație, precum și să se estimeze precizia lor aplicându-le pe date climatice din Grecia.

Mai exact, precizia de prognozare a luminanței directe cu modelele de eficiență luminoasă dezvoltate de Navvab, Aydinli & Krochmann, Page, Robledo (prezentate în Introducere) este examinată și comparată cu noul model de eficiență luminoasă menționat anterior. Studiul a fost realizat cu ajutorul datelor înregistrate de Observatorul Național din Atena pentru anii 1996-2000 și s-a referit la condiții de cer senin. Analiza statistică se bazează pe estimarea erorii de abatere medie (MBE) și a erorii pătratice medii (RMSE) (Tabel 4). Precizia și performanțele generale ale modelelor sunt, de asemenea, examinate prin reprezentarea grafică a distribuției luminanței directe estimate și, respectiv, a valorilor reziduale relevante, în comparație cu valorile măsurate (Figurile 8-11).

Valorile minime pentru MBE și RMSE sunt furnizate de modelul lui Aydinli & Krochmann (ec. 3), demonstrând că dintre celelalte modele existente se potrivește cel mai bine cu condițiile reale. În plus, valorile estimate au o dispersie limitată în jurul dreptei de regresie (Figura 9a), în timp ce valorile reziduale nu urmează vreo anumită distribuție (Figura 9b). totuși, valorile reziduale nu sunt uniform distribuite în jurul axei abscisă, arătând faptul că prin utilizarea modelului lui Aydinli & Krochmann se obțin valori mai mari decât cele măsurate.

Diagramele pentru celelalte 3 modele de eficiență luminoasă arată punctele lor slabe; valorile lor reziduale par să urmeze o distribuție nealeatoare (Figurile 8a, 10a, 11a) iar înclinația dreptei de regresie a valorilor estimate nu se apropie de 45° (Figurile 8b, 10b, 11b).

Compararea performanțelor statistice ale modelelor de mai sus cu analiza modelului propus pentru eficiența luminoasă demonstrează superioritatea acestuia din urmă în condiții specifice. Valorile MBE și RMSE sunt mult mai scăzute decât valorile obținute de celelalte modele.

Figura 12 reprezintă eficiența luminoasă directă

estimată cu toate modelele examinate, în funcție de altitudinea solară. Este evident faptul că numai modelul propus, precum și modelul Aydınli & Krochmann estimează în mod satisfăcător iluminarea directă în Atena în condiții de cer senin. În special, modelul lui Aydınli și Krochmann urmărește distribuția valorilor măsurate ale eficienței luminoase, având totuși o deplasare de circa 20 lm/W în sus. Celelalte modele nu reușesc să urmărească exact parametrul examinat.

Mai exact:

- Pentru elevație solară sub 45°, valorile eficienței luminoase obținute din modelele lui Navvab, Page și Robledo sunt relativ mai mari decât cele măsurate. De asemenea, aceste modele nu prezintă rata de creștere intensă a eficienței luminoase directe, care este observată la aceste altitudini solare.
- Modelele lui Aydınli și Krochmann, Navvab și Page nu urmăresc tendința ușor descrescătoare a eficienței luminoase directe pentru altitudinea solară mai mare de 70°. Cu toate acestea, trebuie menționat faptul că aceste modele s-au bazat pe date meteorologice din Polonia, SUA și Anglia, unde elevația solară nu atinge valori atât de mari.

- Deviația dintre eficiența luminoasă estimată cu modelele existente și valorile observate este redusă la altitudini solare între 45-70 grade; totuși, modelele existente furnizează valori mai mari decât cele observate.

3. Concluzii

Din cele enumerate mai sus se poate concluziona faptul că eficiența luminoasă directă în condiții de cer senin depinde de clima regiunii și de poziția soarelui pe boltă. Cu ajutorul analizei statistice și grafice s-a dovedit faptul că modelele existente nu pot descrie cu acuratețe eficiența luminoasă directă din Grecia. În consecință, s-a dezvoltat un nou model adaptat datelor climaterice din Grecia, care are performanțe rezonabile și care oferă o precizie foarte bună pentru estimarea nivelurilor de iluminare directă în condiții de cer senin.

Acest model, combinat cu analiza disponibilității de lumină naturală, poate fi un instrument important pentru ingineri și proiectanți, cu scopul de a utiliza mai mult lumina naturală în clădiri, conducând astfel la un consum energetic redus și condiții interioare mai bune.

CIE

**COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
ROMANIAN NATIONAL COMMITTEE ON ILLUMINATION**

CNRI

ORGANIZERS



TECHNICAL UNIVERSITY OF CLUJ-NAPOCA
Lighting Engineering Center



**S.C. TRANSILVANIA NORD ELECTRIC ENERGY
DISTRIBUTION AND SUPPLY BRANCH S.A.**



ENERGOBIT SCHRÉDER LIGHTING S.R.L.



**Conferința
internațională
ILUMINAT
2 0 0 5**
2-3 iunie, Cluj Napoca

**3rd International Conference
ILUMINAT 2005**



**3rd Balkan Conference on Lighting
BALKAN LIGHT 2005**

Romania, Cluj-Napoca, June 2-3, 2005

The main topics of the conference are Energy Efficiency & New Trends in Lighting on subjects encompassing:
Vision and Colour, Lighting Design and Interior Environment, Outdoor Lighting,
Day-Lighting and Integrated Systems, Lighting Supply Installations, Architectural Lighting Design,
Other Applications

CONFERENCE SECRETARIAT

Dr. Dorin BEU, Reader
Lighting Engineering Center
E-mail: dorin_beu@cluj.astral.ro

Dipl. eng. Marilena MĂIEREAN
E-mail: marilena.maierean@energobit.com

CONFERENCE CHAIRMAN

Dr. Florin POP, Professor
Technical University of Cluj-Napoca
Vice-president of CNRI

E-mail: florin.pop@insta.utcluj.ro

The 3rd international conference ILUMINAT & BALKANLIGHT 2005, Cluj-Napoca, Romania will provide a unique regional forum to discuss and debate the latest developments in energy and environmental impact of lighting systems, the policies and programmes adopted and planned, the strategies to be implemented to further progress, as well as the technical and commercial advances in the dissemination and penetration of energy efficiency in lighting.

The target audience represents the community of lighting professionals from Romania, Balkan countries, European Member and Associated states and outside from EU area, including lighting and building science researchers, engineers, system designers and project managers, academia and experts, architects and urban planners, local community and government representatives, policy makers, national and international organizations and agencies, manufacturers and retailers organizations, students. The participation of young researchers will contribute to the success of the conference

and to the improvement of their knowledge.

The two-day conference will include plenary sessions where key representatives and high specialists will present their views, programmes and research to advance energy efficiency in lighting. Parallel sessions on specific themes and topics will allow in-depth discussions among participants. Round tables organized by the official sponsors will present the latest economic and technology achievements of national manufacturers and retailers in electric and lighting fields. The conference will allow the best knowledge of new policies and strategies to increase energy and economic efficiency, to mitigate climate change and to foster sustainable development, to build international partnerships among lighting professionals, to emphasize the regional Balkan cooperation.

The ILUMINAT 2001 and 2003 conferences have established themselves as influential national and recognized international events in the light and lighting field, with a large audience.

HONORARY BOARD

Ir. Wout van BOMMEL, President of CIE
Cornel BIANCHI, President of CNRI
Radu MUNTEANU, Rector of Technical University of Cluj-Napoca
Nicolae COROUIU, General Manager of ELECTRICA S.A.
Ir. Michel De BRUYN, General Manager of Comelec, Schröder Group GIE

SCIENTIFIC BOARD

Wout van BOMMEL,
The Netherlands, President of CIE
Cornel BIANCHI,
Romania, President of CNRI
Sokol ALIKO, Albania
Paolo BERTOLDI, Italy
Dorin BEU, Romania
Nils BORG, Sweden
Huenges Wajer BOUDEWIJN, The Netherlands
David CARTER, UK
Marc FONTOYNONT, France
Luciano DI FRAIA, Italy
Karl GERTIS, Germany
Fumin GUAN, China
Liisa HALONEN, Finland
Jozsef HORVATH, Hungary
Koichi IKEDA, Japan

James JEWELL, USA
Jeong Tai KIM, Korea
Miomir KOSTIC, Serbia and Montenegro
Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU, Turkey
J Owen LEWIS, Ireland
Evan MILLS, USA
Sermin ONAYGIL, Turkey
Andrej ORGULAN, Slovenia
Stoyo PLATIKANOV, Bulgaria
Florin POP, Romania
Ramon SAN MARTIN, Spain
János SCHANDA, Hungary
Axel STOCKMAR, Germany
Rubin TALESKI, Macedonia
Frangiskos V. TOPALIS, Greece
Bosnia-Herzegovina
Croatia

ORGANIZING COMMITTEE

Florin POP
Gabriel RUGA
Dorin COSTEA
Pal PÉTER
Dorin BEU
Marilena MĂIEREAN

SINAIA 2003 NATIONAL SYMPOSIUM ON LIGHTING

Camelia BURLACU

CNRI – Romanian National Committee on Illumination

SINAIA 2003 National Symposium on Lighting took place on Thursday, the 16th of October 2003, at Sinaia Hotel from SINAIA, ROMANIA, within the 36th AIIR (Association of the Engineers on Installations from Romania) Conference. It was organized by CNRI (Romanian National Committee of CIE) and materialized with the support of Associated Members of CNRI.

The necessary financial support was provided by the sponsors (Romanian companies which are also Associated Members of CNRI, mentioned here in decreasing order of their sponsorship): PHILIPS LIGHTING ROMANIA, FLASH GROUP, FLASH LIGHTING SERVICES, LUXTEN LIGHTING COMPANY, SOPREX-IMI, ROMBAL, ENERGOBIT-SCHRÉDER LIGHTING, KGK CONSIMPEX, ICCO ELECTRIC, AB&G PRO, ARCONI. MATRIX-ROM Publishing House, which is also an Associated Member of CNRI, edited the Symposium Proceedings with exquisite professionalism and eagerness.

The theme of the Symposium was: *“Quality of the Interior and Exterior Lighting Systems – Nowadays Necessity in Designing, Implementation and Maintenance”*. The Symposium was held as a workshop, having so in view the bringing about of the dialog among the participants.

The chairman was Prof.Dr.Eng. Cornel BIANCHI – the CNRI President. The presented papers were real interest, being followed by debates on their subjects:

- quality control of designing, implementation and maintenance of interior and exterior lighting systems, in connection with the necessity to introduce the “Certificate of Professional Proficiency on Lighting”, the attestation being made by CNRI following the examples of Canada – USA and professional associations from European Union;
- lighting pollution by color within interior lighting – a nowadays problem;
- rehabilitation of lighting system at Cluj-Napoca Academic College House.

Prof.Dr.Eng Cornel BIANCHI presented the first two above-mentioned papers, and Eng. Dorin BEU – the third one.

Besides them, the Proceedings also includes the other accepted papers for the Symposium, the subjects being the following (according to those specified by the authors):

- Green Light Program in Romania;
- standardization in lighting in Romania – present situation and necessity of harmonization with international norms;
- considerations on indirect lighting systems with reflecting surface;
- improvement of the “assisted design” concept for exterior lighting systems;
- specific solution of lighting systems and lighting control for theatre and opera halls;
- estimation of the details visibility on the projectors lighted up building façades;
- designing of the street lighting systems with the possibility of their sub-voltage; changes of quantitative and qualitative aspects of the street lighting systems;
- “why hire a lighting designer? – the need for a certification for lighting practitioners”;
- controlled utilization of daylight in the integrated interior lighting systems.

Only the too short lasting Symposium within the Conference of Installations did not allowed also the presentation of those papers.

The representations in Romania of the main international renown lighting firms were presented by “top management”: Mr. Paul HANSEN, General Manager of PHILIPS CEO South East Europe, and Mr. Gabriel IOSIF, General Manager of OSRAM ROMANIA.

65 representatives from forty-eight institutions (universities, designing/execution and manufacturing/distribution companies for lighting equipment and adherent electrical installations field attended the Symposium.

At the closing of the Symposium, Mrs. Eng. Manuela DRAGHICESCU, Editor in chief of the ELECTRICIANUL Review, addressed to all the present specialists her request for their more active implication in actions referring to lighting systems rehabilitation for schools. She also reminded them that “Lighting” is the first one mentioned in subtitle of the ELECTRICIANUL Review: Lighting, Electrical Installations, Automations.

In conclusion, **SINAIA 2003 National Symposium on Lighting** was a good opportunity to exchange information among the specialists from light and lighting field.

**Simpozionul Național de Iluminat SINAIA 2003
„Calitatea sistemelor de iluminat interior și
exterior – o necesitate actuală în concepție,
realizare și menținere“**

Joi, 16 octombrie 2003, s-a desfășurat la Hotel Sinaia, în cadrul celei de-a XXXVIII-a Conferințe AIIR (Asociația Inginerilor de Instalații din România), **Simpozionul Național de Iluminat SINAIA 2003**, organizat de CNRI (Comitetul Național Român de Iluminat) și realizat cu sprijinul Membrilor Asociației. Suportul financiar necesar a fost asigurat de sponsorizările primite din partea următoarelor firme, care sunt și Membrii Asociației ai CNRI (în ordinea descrescătoare a valorii sponsorizării): PHILIPS ROMANIA, FLASH GROUP, FLASH LIGHTING SERVICES, LUXTEN LIGHTING COMPANY, SOPREX-IMI, ROMBAL, ENERGOBIT-SCHRÉDER LIGHTING, KGK-CONSIMPEX, ICCO ELECTRIC, AB&G PRO, ARCONI. Volumul cu lucrările simpozionului a fost realizat cu deosebit profesionalism și promptitudine de Editura MATRIX ROM, de asemenea Membru Asociat al CNRI.

Simpozionul, având ca temă *“Calitatea sistemelor de iluminat interior și exterior – o necesitate actuală în concepție, realizare și menținere”*, s-a desfășurat sub formă de “masă rotundă”, urmărind astfel crearea unui dialog între participanții la simpozion. Lucrările manifestării au fost conduse de prof.univ.dr.ing. Cornel BIANCHI, Președintele CNRI.

De un real interes, prin dezbaterile generate, au fost lucrările prezentate care au tratat următoarele teme: - controlul calității concepției, realizării și menținerii sistemelor de iluminat interior și exterior în conexiune cu necesitatea introducerii „Certificatului de Calificare

Profesională în domeniul Iluminatului“, atestat de CNRI după modelul Canada – SUA și al asociațiilor profesionale din Uniunea Europeană; - poluarea luminoasă prin culoare în iluminatul interior – o problemă actuală; - reabilitarea sistemului de iluminat la Filarmonica din Cluj-Napoca, primele două fiind prezentate de prof.univ.dr.ing. Cornel BIANCHI, cea de-a treia – de conf.univ.dr.ing. Dorin BEU. Volumul editat cu această ocazie cuprinde și celelalte lucrări acceptate pentru simpozion, subiectele fiind următoarele:

- programul GreenLight în România; - standardizarea în domeniul iluminatului în România – situația existentă în prezent și necesitatea armonizării cu normele internaționale; - considerente asupra sistemelor de iluminat indirect cu suprafețe reflectante; - perfecționarea conceptului de proiectare asistată a sistemelor de iluminat exterior; - soluții de sisteme de iluminat și de comandă a iluminatului specifice sălilor de teatru/operă; - aprecierea vizibilității detaliilor fațadelor clădirilor iluminate cu proiectoare; - proiectarea sistemelor de iluminat rutier cu posibilitatea subtensionării acestora; modificările aspectelor cantitative și calitative a sistemelor de iluminat rutier; - “why hire a lighting designer? – the need for a certification for lighting practitioners”; - utilizarea controlată a luminii naturale în sistemele de iluminat interior integrate.

Simpozionul Național de Iluminat SINAIA 2003 a fost un bun prilej de realizarea a schimbului de informații în domeniul luminii și iluminatului.

Simpozionul a fost urmat de **Adunarea Generală a CNRI 2003**, componența Biroului de Administrație ales pentru perioada 2003÷2007 fiind prezentată în acest număr al revistei.

NATURAL AND ARTIFICIAL LIGHTING SYSTEMS AND THEIR INTEGRATION FOR VISUAL COMFORT AND ENERGY SAVING

**An Italian national research program
co-funded by the Italian Ministry of University and Research (MIUR)**

Background

Artificial lighting is one of the major energy consumers in non-residential buildings. It can influence the HVAC size and the total peak electrical demand. Electricity consumption could be reduced with daylight conscious architectural solutions and the introduction of innovative systems and efficient lighting controls. An appropriate use of daylighting can introduce the possibility to reach appreciable energy savings and environmental comfort. More, a proper selection and integration of the artificial light control system can provide the appropriate amount of artificial light required to integrate the natural light passing through the windows, thus increasing the performances of the whole system.

The Italian situation is very specific due to its climate, that presents two peculiar aspects that must be taken into account in comfort and energetic studies: a) overheating problems are dominant respect to daylight requirements, b) the most of the available control systems are produced and developed for countries in which natural light is the main problem; c) daylighting is a vary important resource of our country.

Some lacks should be filled up; some of these are:

- The complete absence of yearly outdoor illuminance data;
- Procedures for evaluating the environmental performances with numerical and physical models;
- Knowledge of the performance of new daylighting systems and lighting control strategies;
- Procedures for evaluating the environmental performances with new measurement instruments;
- User-friendly guidelines to guide the designer in the energetic and visual analysis of the indoor environment.

Participants

This is a major research project of the Italian Ministry

of the University and Research (MIUR). The research project involves seven Italian Universities distributed all over the peninsula. These Universities (from North to South) are:

- Polytechnic of Turin, Faculty of Architecture, Department of Energetics (DENER);
- University of Venezia (IUAV), Faculty of Architecture, Department of Architectural Building Construction;
- Polytechnic University of Marche, Faculty of Engineering, Department of Energetics;
- University of Rome "La Sapienza", Faculty of Engineering, Department of Fisica Tecnica;
- University of Naples "Federico II", Department of Energetics (DETEC);
- University of Calabria, Faculty of Engineering, Department of Mechanics;
- University of Palermo, Faculty of Architecture, Department of Energetics (DREAM).

Objectives

The main objectives of this research are to improve the knowledge of lighting technologies and to promote conscious building design, supporting the appropriate integration of daylighting and artificial lighting aspects in building design in an energy efficiency and environmental comfort view.

The research project will be developed by the units following three main steps:

- The "knowledge" step (phase 1);
- The "experimental" step (phase 2);
- The "spreading" step (phase 3).

The first step will be aimed at analyzing the state of the art of traditional and innovative technologies in the field of light and lighting; the second and main part will be based on the development of evaluating procedures and numerical, physical and experimental tests. These will lead in the third step to the definition of research reports,

design tools, case studies reports, user-friendly guidelines and numerical algorithms to guide the designer in the assessment of the environment from energy efficiency and visual comfort viewpoints. More, a first step in the creation of a data bank of outdoor illuminance data will be done.

A series of participations at National and International Congresses and Conferences and publications in National and International Journals will document the work progress of the research project. A web site will also be soon implemented.

Results

The research project will establish testing procedures and provide design guidance and performance documentation on daylighting and artificial lighting control strategies. A specific design guide would be realized on daylighting

and lighting control systems, providing recommendations on systems integration and performance data on energy saving potential. New user-friendly design tools will be developed which will enable designers to focus on daylight integration in building design and to predict the impact on overall energy performance. These tools will improve the designers' ability to predict the performance of daylighting systems and control strategies, and to evaluate the impact of daylight integration in the overall design concept. Through selected case studies (offices, schools, etc) the research project will demonstrate the importance of an efficient design under various climatic conditions emphasizing daylight utilization, electricity savings and user acceptability.

The target users are building design practitioners, architects, lighting engineers and building owners/managers.

Sisteme de iluminat natural și artificial și integrarea lor pentru confort vizual și economisirea energiei

un program italian de cercetare la nivel național cofinanțat de către Ministerul Italian al Universităților și Cercetării

Introducere

Iluminatul artificial este unul din consumatorii majori de energie în clădirile non-rezidențiale. El poate influența dimensiunea HVAC și consumul electric total de vârf. Consumul de electricitate ar putea fi redus prin soluții arhitectonice de iluminat natural și prin introducerea de sisteme inovatoare și de control eficient al iluminatului. Utilizarea corespunzătoare a iluminatului natural oferă posibilitatea de a realiza economii considerabile de energie și un mediu confortabil. Mai mult, alegerea și integrarea corespunzătoare a sistemului de control al iluminatului artificial poate asigura cantitatea necesară de lumină artificială necesară pentru a integra și lumina naturală care intră prin ferestre, sporind astfel performanțele întregului sistem.

Situația Italiei este foarte specifică datorită climei sale, care prezintă câteva caracteristici particulare ce trebuie avute în vedere în studiile energetice și de

confort: a) problemele de supraîncălzire predomină în ceea ce privește necesarul de lumină naturală, b) majoritatea sistemelor de control disponibile sunt produse și dezvoltate pentru țări în care lumina naturală este problema principală; c) lumina naturală este o resursă importantă a țării noastre.

Există unele lipsuri care trebuie completate; acestea sunt:

- Absența completă a datelor de iluminanță anuale de exterior;
- Procedurile de evaluare a performanțelor de mediu cu modele numerice și fizice;
- Cunoașterea performanțelor noilor sisteme de iluminat natural și a strategiilor de control al iluminatului;
- Proceduri pentru evaluarea performanțelor de mediu cu instrumente noi de măsurare;

- Ghiduri accesibile pentru a orienta proiectanții în analiza energetică și vizuală a mediului interior;

Participanți

Acesta este un proiect de cercetare major al Ministerului Italian al Universităților și Cercetării (MIUR). Proiectul de cercetare implică șapte universități italiene distribuite în toată peninsula. Aceste universități sunt (de la nord la sud):

- Politehnica din Torino, Facultatea de Arhitectură, Departamentul de Energetică (DENER);
- Universitatea din Veneția (IUAV), Facultatea de Arhitectură, Departamentul de arhitectură construcții civile;
- Universitatea Politehnică din Marche (Ancona), Facultatea de Inginerie, Departamentul de Energetică;
- Universitatea din Roma "La Sapienza", Facultatea de Inginerie, Departamentul de Fizică Tehnică;
- Universitatea din Napoli "Federico II", Departamentul Energetic (DETEC);
- Universitatea din Calabria, Facultatea de Inginerie, Departamentul de Mecanică;
- Universitatea din Palermo, Facultatea de Arhitectură, Departamentul de Energetică (DREAM).

Obiective

Obiectivele principale ale acestei cercetări sunt îmbunătățirea cunoștințelor despre tehnologiile de iluminat și promovarea proiectării conștiente care să susțină integrarea corespunzătoare a iluminatului natural și artificial în proiectul construcției, din punct de vedere al randamentului energetic și al unui mediu confortabil.

Proiectul de cercetare va fi dezvoltat de către unitățile menționate urmărind trei etape principale:

- Etapa de cunoaștere (faza 1);
- Etapa experimentală (faza 2);
- Etapa de diseminare (faza 3).

Prima etapă va urmări analizarea tehnologiilor tradiționale și inovatoare din domeniul luminii și

iluminatului; a doua și cea mai importantă etapă se va baza pe dezvoltarea procedurilor de evaluare și a testelor numerice, fizice și experimentale. Acestea vor conduce în a treia etapă la definirea rapoartelor de cercetare, instrumentelor de proiectare, studiilor de caz, ghiduri accesibile și algoritmi numerici care să orienteze proiectantul în evaluarea mediului din punct de vedere al randamentului energetic și al confortului vizual. În plus, se va realiza o primă etapă din crearea unei baze de date cu informații despre iluminanța de exterior.

O serie de participări la congrese și conferințe naționale și internaționale și publicarea în reviste naționale și internaționale vor documenta progresul lucrărilor proiectului de cercetare. De asemenea, se va implementa în curând și o pagină de Internet.

Rezultate

Proiectul de cercetare va stabili procedurile de testare și va oferi indicații de proiectare și documentație despre performanțe asupra strategiilor de control al iluminatului natural și artificial. Se va realiza un ghid de proiectare a sistemelor de control al iluminatului natural și artificial, prezentând recomandări asupra integrării sistemelor și datelor de performanță ale potențialului de economisire a energiei. Se vor dezvolta noi instrumente facile de proiectare care vor permite proiectanților să se concentreze asupra integrării iluminatului natural în proiectul clădirii și să previzioneze impactul asupra performanțelor energetice generale. Aceste instrumente vor îmbunătăți capacitatea proiectanților de a previziona performanțele sistemelor de iluminat natural și al strategiilor de control, și de a evalua impactul integrării iluminatului natural în conceptul general de proiectare. Cu ajutorul unor studii de caz (birouri, școli) proiectul de cercetare va demonstra importanța unui proiect eficient în diverse condiții climatice, subliniind importanța utilizării iluminatului natural, a economiei de energie și a acceptabilității de către utilizator.

Utilizatorii vizați sunt proiectanții de construcții civile, arhitecții și proprietarii/administratorii clădirilor.

ISSUES ON MODULAR PV SYSTEMS IMPLEMENTATION: TECHNICAL, ECONOMICAL AND SOCIAL ASPECTS

An Albanian-Greek Scientific and Research Cooperation project

Edmond M. HIDO

EU Energy Efficiency Centre, Tirana, Albania

Background

Main target in European energy/environmental strategy for the next decade is the expansion/increase of renewable energy sources (RES) contribution in energy balance of total European Union. This contribution has to reach 12% until 2010. For this reason the Campaign for the promotion of 12% RES puts the following specific targets:

- Photovoltaic Systems (roofs and facades) 1.000.000 (about 1000 MW),
- Solar Collectors 15.000.000 m²,
- Wind turbines 10.000 MW,
- Biomass (CCHP generation) 10.000 MWth,
- Biogas 1000 MW,
- Biofuels 5.000.000 ton.

According to EU White Paper for RES, solar photovoltaic electricity generation is very much a recent and close-to-state-of-the-art renewable energy technology. Costs have fallen dramatically with a 25% cost decrease over the past 5 years, but are still significantly higher than for electricity generated from conventional fuels. The EU currently accounts for about one third of annual, more than 100 MW, worldwide photovoltaic module production and use. The European industry has built up a leading position in the field of photovoltaic incorporation in buildings. Europe also has the lead in applications of photovoltaics in developing countries.

Project description

The project “Issues on Modular PV Systems Implementation: Technical, Economical and Social Aspects” is a project financed in the framework of

Albanian-Greek Scientific and Research Cooperation. The Albanian representative institution is the Albania-EU Energy Efficiency Centre, while the Greek representative institution is the Aristotle University of Thessaloniki, Energy Sector, Department of Mechanical Engineering.

The main objective of this project is to demonstrate the technical performance, economic competitiveness and operational viability of stand-alone modular PV systems for isolated private and public users. The project will facilitate good commercial prospects with further market assessments for PV applications, with common benefits for both partners. The project will contribute to the enhancement of the living and working conditions of people in isolated areas, to stabilize the rural population in these regions, providing important economical benefits for agriculture and SME development (agricultural, tourist).

Especially for Albania, some of the targets of the project will be the improvements in electricity security of supply, environment protection, poverty reduction, agriculture business promotion and rural areas development. On the other hand, the project will demonstrate the great importance of the utilization of PV systems will help the testing of real possibilities of this technology and will contribute to the dissemination of this environmental friendly technology.

Until now anyone who was interested on using PV systems had to cover an additional cost of the design, construction and installation of the system by an expert engineer and technicians. With the present project all the above problems are surpassed, as every interested person will be provided with instructions and designs

which will specify the technical, operational and quality characteristics of a stand-alone, modular PV system (up to 10 kW).

Project activities and expected results

The project consists of several components with an effort to focus the work around some key issues. The main activities of this Project aims to:

- Demonstrate the Technical Performance, Economic Competitiveness, and Operational Viability of Stand-Alone Modular PV Systems for Isolated Private and Public Users;
- Contribute to the Enhancement of Living and Working Conditions of People in Isolated Areas;
- Stabilize the Rural Population in these Regions;
- Bring Important Economical Benefits for Agriculture and SME-s development in Greece and Albania.

The result of this project will be a “Guide for modular stand-alone PV systems” and databases with technical-economical and climatic data. This will be achieved through a set of inputs that will cover the unique parameters and characteristics - load and climatic conditions - for every facility. This way many of the technical problems that arise during the design and installation of small PV systems will be solved and simultaneously will promote their commercial exploitation. The ultimate goal is the definition of a sum of categories of modular PV systems that will include all the parts of a system, covering by this way every facility with installed capacity up to 10 kW. That means that they will meet peak load up to 15-20 kW.

In the same time the “Guide for modular stand-alone PV systems” will help users to turn to such installations and will give appropriate support to technicians for designing, installing, and operating PV systems. This guide will help to reduce installation costs, to increase information as well as promote confidence on PV systems. The guide will be a useful tool for every potential user, public or private, and will be available in electronic format for anyone interested. The guide will be published if the necessary funds are available.

Final remarks

The project has started in June 2003, and it is expected to be implemented within 24 months. This project is an important step for introducing to Albania activities for the design and installation of small PV systems, and further promoting their commercial exploitation. This project can also be considered as very important in the dissemination of PV technology applications to different towns, communes and villages throughout Albania and consequently this project will bring steady improvements in the long term. The successful implementation of this project is very crucial to the further demonstration of such technology in Albania with a focus to the improvement of energy supply situation in Albania.

Furthermore the collaboration between the Albanian and Greek institutions will contribute in exchange of information, experience and working methodologies between the institutions from both countries, and will give opportunity to gain new experience by carrying out the project. The project will also support the promotion of RES in Albania and Greece, especially in the field of PV systems.



Edmond M. HIDO

Dr. Eng., Director
Albania-EU Energy Efficiency Centre
Blvd. Zhan D'Ark, No. 2, P.O.Box: 2426,
Tirana, Albania
Phone: +355 4 233835; Fax: +355 4 233834
e-mail: info@eec.org.al

Received 10 February 2004

Aspecte tehnice, economice și sociale privind implementarea sistemelor PV modulare, un proiect de cooperare în cercetarea științifică Albania – Grecia

Introducere

Principala țintă în strategia europeană energetică și cea privind mediul pentru următoarea decadă este extinderea/ creșterea contribuției surselor de energie regenerabile (RES) în bilanțul energetic a Uniunii Europene (UE).

Această contribuție trebuie să atingă 12% până în 2010. Din acest considerent, campania de promovare pentru a avea o contribuție RES de 12% trebuie să atingă următoarele ținte specifice:

- Sisteme fotovoltaice (acoperișuri și fațade) 1.000.000 (aprox. 1.000 MW)
- Captatori solari 15.000.000 m²
- Turbine de vânt 10.000 MW
- Biomasă (generare CCHP) 10.000 MWth
- Biogaz 1.000 MW
- Biocombustibil 5.000.000 tone.

În conformitate cu Carta Albă a Uniunii Europene privind sursele de energie moderne, generarea energiei fotovoltaice solare reprezintă o tehnologie energetică regenerabilă de actualitate. Costurile au scăzut dramatic cu 25% în ultimii 5 ani, dar sunt semnificativ mai ridicate decât costurile energiei generate din combustibili convenționali. O treime din producția și utilizarea anuală a modulelor fotovoltaice, mai mult de 100 MW, este realizată în prezent în UE. Industria europeană și-a consolidat poziția de lider în domeniul incorporărilor fotovoltaice în clădiri. Europa deține conducerea în aplicațiile fotovoltaice din țările (în curs de) dezvoltare.

Descrierea proiectului

Proiectul “Aspecte tehnice, economice și sociale privind implementarea sistemelor PV modulare” este un proiect finanțat în cadrul Colaborării științifice și de cercetare greco-albaneze. Instituția albaneză este Centrul de eficiență energetică, iar cea greacă este Universitatea Aristotel din Thessaloniki, Sectorul energetic, Departamentul de inginerie energetică.

Obiectivul principal al acestui proiect este de a demonstra performanțele tehnice, competitivitatea economică și viabilitatea operațională a sistemelor modulare PV individuale pentru utilizatorii publici și privați din zonele izolate. Proiectul va facilita prospecte comerciale bune, incluzând studii de piață pentru aplicațiile PV, cu beneficii comune pentru ambii parteneri. Proiectul va contribui la îmbunătățirea condițiilor de viață și muncă a populației din zonele izolate, la menținerea populației rurale în aceste regiuni, la asigurarea beneficiilor economice importante pentru agricultură și dezvoltare SME (agricultură, turism).

În special în Albania unele ținte ale proiectului vor

viza îmbunătățirea siguranței alimentării cu energie electrică, protecția mediului, reducerea nivelului sărăciei, promovarea afacerilor în agricultură și dezvoltarea zonelor rurale. Pe de altă parte, proiectul va demonstra importanța mare a utilizării sistemelor PV, va susține testarea posibilităților reale a acestei tehnologii și va contribui la diseminarea acestei tehnologii ecologice prietenoase.

Până în prezent, oricine a fost interesat în utilizarea sistemelor PV a trebuit să acopere un cost suplimentar pentru realizarea proiectării, construirii și instalării sistemului de către ingineri și tehnicieni experți. Prin proiectul prezent, toate problemele menționate mai sus sunt depășite, astfel, fiecare persoană interesată va beneficia de instrucțiuni și proiecte care vor specifica caracteristicile tehnice, operaționale și de calitate a sistemului modular PV individual (până la 10 kW).

Activitățile și rezultatele preconizate ale proiectului

Proiectul conține câteva componente orientate pe anumite aspecte cheie. Principalele activități ale acestui proiect au ca scop:

- Demonstrarea performanțelor tehnice, competitivității economice și a viabilității operaționale a sistemelor modulare PV, individuale pentru utilizatorii publici și privați din zonele izolate;
- Contribuirea la îmbunătățirea condițiilor de viață și muncă a populației din zonele izolate;
- Menținerea stabilirii populației rurale în aceste regiuni;
- Aducerea unor beneficii economice importante pentru agricultură și dezvoltare SME în Grecia și Albania.

Rezultatele acestui proiect vor fi un “Ghid pentru sistemele modulare PV, individuale” și baze de date cu date tehnico-economice și date climatice. Acestea vor fi realizate printr-un set de intrări care vor acoperi parametrii și caracteristicile unice – sarcină și condiții climatice – pentru fiecare facilitate. În acest mod, problemele tehnice, care apar pe perioada proiectării și instalării sistemelor mici PV, vor fi rezolvate și, simultan, se va promova exploatarea comercială a acestor sisteme. Ultimul scop este de a defini o serie de categorii de

sisteme modulare PV care să includă toate părțile unui sistem, acoperind astfel fiecare facilități cu o capacitate instalată de până la 10 kW. Aceasta înseamnă că acestea vor atinge vârfuri de până la 15-20 kW.

De asemenea "Ghidul sistemelor modulare PV, individuale" va ajuta utilizatorii să se orienteze spre aceste instalații și va oferi tehnicienilor suportul necesar pentru proiectarea, instalarea și operarea sistemelor PV. Acest ghid oferă lor mici PV, precum și promovarea exploatarea lor comerciale. De asemenea, acest proiect poate fi considerat ca fiind foarte important în diseminarea aplicațiilor tehnologiilor PV în diferite orașe, comune și sate din Albania și, în consecință, acest proiect va aduce

îmbunătățiri semnificative pe termen lung. Implementarea cu succes a acestui proiect este fundamentală pentru o demonstrare viitoare a tehnologiei în Albania, în special cu privire la îmbunătățirea alimentării cu energie în Albania.

Totodată, colaborarea dintre instituțiile din Albania și Grecia va contribui la schimbul de informații, experiență și metodologii de lucru între instituțiile din cele două țări și realizarea proiectului va oferi posibilitatea unui câștig de experiență. Proiectul va sprijini, de asemenea, promovarea RES în Albania și Grecia, în special în domeniul sistemelor PV.

Centrul de Ingineria Iluminatului – UTC-N Lighting Engineering center – LEC

Florin POP

Technical University of Cluj-Napoca

Lighting Engineering Center - LEC – was created following the Tempus-Phare programme CME-03551-97 [December 15, 1998 – March 14, 2000] – see the web site

<http://bavaria.utcluj.ro/~lec>.

The LEC activity was presented in the previous issues of the review (1 – 11), beginning with **April 25, 2000** when its establishment was approved by the University Senate Council until **July 2003**, the printing date of the issue no. 11 (Summer) 2003.

22 – 23 September 2003 *MOELLER solutions in the low voltage electric network field – the most recent equipment*, a Technical Seminar in cooperation with the S.C. MOELLER Romania S.R.L.

9 – 22 October 2003 Dr. Florin POP was invited to participate at the International Seminar **Advanced Daylighting and Architectural Lighting Systems in Architecture**. The Seminar was organized by the Light & Architectural Environment Laboratory – LAEL, Kyung Hee University, Seoul, Korea, director Prof. dr. Jeong Tai KIM. Professor Florin POP presented the conferences “Recent Research Trends on Advanced Daylighting System”, for the Master students in Architecture and “Lighting in Eastern Europe: A Romanian Case Study”, for the LAEL members.

Two agreements for university cooperation were signed: The Memorandum of Understanding between the College of Architecture and Civil Engineering, Kyung Hee University, Korea, and the Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Romania and (signed by Prof. Florin POP on behalf of the Rector of UTC-N) and The Memorandum of Understanding between Light & Architectural

Environment Laboratory, Kyung Hee University and Lighting Engineering Center, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca. The activity of Professor Florin POP was recognised with a diploma - Award of Appreciation.

Dr. Koichi IKEDA, Professor of Illuminating Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Science and Technology hosted a short professional visit at the Tokyo Rika Daigaku, the Tokyo Electric Power Company – TEPCO and the NAIS, a very interesting Show-Room related with the energy efficient systems in buildings.

Mr. Fuam GUMIN hosted a short but very interesting and useful visit at his own company GFL Lighting and at the FUNDAN University of Shanghai.

The new links for cooperation, the reciprocal knowledge of lighting professionals, the visit on its whole were very distinguishing, due to the kindness of our hosts, and, especially, of Professor Jeong Tai KIM. Professional and personal contacts were established, creating a great opportunity for a long and profound cooperation between the university staff and students.





KYUNG HEE University, Korea
College of Architecture and Civil Engineering
Professors Florin POP, Jeong Tai KIM, Byung Ik SOH,
Dean, and Sun Kuk KIM



Signing ceremony of the **Memorandum of Understanding** between The College of Architecture and Civil Engineering, Kyung Hee University, Korea, and The Universitatea Tehnica of Cluj-Napoca, Romania



Signing ceremony of the **Memorandum of Understanding** between The Light & Architectural Environment Laboratory - LAEL and The Lighting Engineering Center - LEC



Professors Inhan KIM (chairman, major in Architecture), Jeong Tai KIM (director of LAEL), Florin POP, Byung Ik SOH, Dean, Hee-Cheul KIM, Sun Kuk KIM (chairman, major in Architecture)



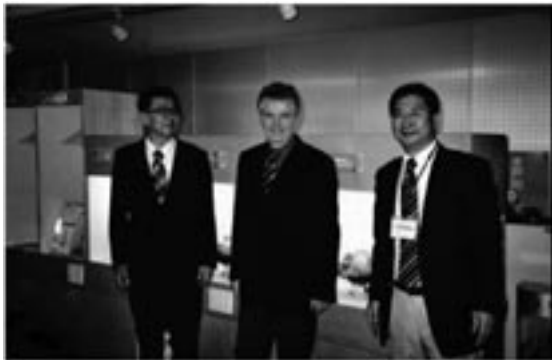
Members of LAEL, Kyung Hee University



Professors Florin POP, Jeong Tai KIM and Liana POP
Kyung Hee University, Central Library



Professors Koichi IKEDA and Florin POP
Tokyo Rika Daigaku, Central Library



Professors Koichi IKEDA, Florin POP and Mr. Yoichi MIYATA, General Manager, Life Style Laboratory Group, Marketing and Customer Relations Department
TEPCO – Tokyo Electric Power Company



Mr. Fuam GUMIN, Professors Florin POP, Liana POP, Ding-Chang ZHU, Da Hua CHEN
FUNDAN University Shanghai, Institute for Electric Light Sources

Dr. Florin POP and Dr. Dorin BEU contributed to the XXXVIII-th National Conference on Installations (Building Services) – National Symposium on Light and Lighting, Sinaia, October 2003, and the Inter-Ing 2003 Conference of the University of Târgu Mureş, October 2003.

INGINERIA ILUMINATULUI – Lighting Engineering review, with a half-yearly appearance, is edited by the consortium of the Technical University, ELECTRICA Local Distribution Branch – Transilvania Nord, and MEDIAMIRA Printing House. Its scientific presentation and content is targeted to the continuing education in the lighting field, without any insertion of the commercial advertisings inside of its pages.

LEC members are involved in working-out of different **lighting systems optimization studies** and **lighting design projects** for local owners.

On the university cooperation field, there is continuity under the frame of the UE institutional university programmes SOCRATES - ERASMUS. There are signed Bilateral Agreements of cooperation between Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (Dr. Florin POP, Professor, Dr. Dorin BEU, Reader) and Helsinki University of Technology (Professor Liisa HALONEN, Lighting Laboratory), Universitat Politècnica de Catalunya (Professor Ramon SAN MARTIN, Estudios Luminotecnicos), and University of Liverpool (Dr. David CARTER, Reader, Lighting Research Unit).

The Lighting Engineering Center LEC is developing its activity on the Lighting and Electrical Installations Laboratory of the Building Services Department of the Technical University of Cluj-Napoca. The rehabilitation and technical modernization of its space was partially financed by the Tempus-Phare programme, the university resources, the funds received on the research grants, and postgraduate courses and sponsorships of lighting and electric installations companies and of former students:

- PHILIPS Romania / FLASH Transilvania**
- OSRAM Romania**
- TOTAL Quality / ACI Constructions and Installations**
- LEGRAND Romania / Electro Daniella**
- PRAGMATIC Comprest**
- ABB Romania**
- ELBA**

LIGHTING IN THE NEW WORLD

Cristian SUVAGAU

BC Hydro, Vancouver

LED's - A BRIGHT NEW WORLD

By now, the little bright silicon chips have found their ways in our daily life. From the alarm clock displays that wake us up, to the microwave display we watch when heating our breakfast, to the traffic lights signals we desperately wait in rush hours, and to the mobile phone we try to call in late for a meeting, the LED's are always there, tiny little bright colour dots.

Almost 100 years after Edison perfected the light bulb, Russell Dean Dupuis perfected an obscure process called "epitaxial growth by metal-organic chemical vapour deposition" to boost the light output of a semiconductor. Dupuis had no idea his glowing achievement would illuminate the world. Moreover, within few decades his discovery could make his predecessor's light bulb obsolete.

Used initially as signal lamps for electronic and electrical hardware, it wasn't until the end of 1990's that LED have gained importance and were promoted as revolutionary lighting sources. In this article I will not insist with the specifications, nor the advantages of LED's (for that you can refer to an excellent LED article by Stelian Matei in "Tehnologia Iluminatului 11/2003) but present the significant impact LEDs have on the North American society.

First, some good news: the White House has recently honoured the creators of Light-Emitting Diodes. In November 2003, President G.W. Bush presented Dupuis (Georgia Tech University), and two other researchers who helped make LEDs household fixtures Nick Holonyak (University of Illinois) and M. George Craford (LumiLeds Lighting) with the National Medal of Technology, the highest honour the U.S. can bestow on its inventors.

Current and Near Term Applications

In order to operate as a lighting system, LED's need an AC/DC power source and a mean of control. The more appropriate term to describe the system would then be Solid State Lighting (SSL). Beside LED's, the quality of the supply source and control will reflect too in the overall efficiency of the SSL.

While still waiting for the super-bright, white LED, the American lighting market is moving fast with what is currently available exploiting the two important advantages: low energy cost and monochromatic

efficiency. When mature, the LED-based lighting market will encompass the residential, commercial, and industrial markets. However, we expect products in the near term (one to four years) will first see application in specific niches in the commercial and industrial:

Traffic Lights. Because they operate at lower voltage and draw much less current, LED signals save 80-90% of the electricity consumed by incandescent-lamp signals, and they last 5-10 times longer. They also provide increased safety for motorists and pedestrians. From Florida to California and from Texas to Alaska, electric utilities, state agencies, and municipalities have been working together for several years to accelerate the installation of energy-saving traffic signal replacements with high-efficiency LED technology.

A 12-inch LED signal uses 11-17 watts, compared with 135-150 watts for a comparable incandescent lamp. If all of the three million traffic signals in the United States and Canada were converted to LEDs, some 3 TWh (1 Terra Watt hour = 10^9 kWh) of electricity would be saved annually. LEDs also offer significant peak demand savings because of their continuous operation; total conversion of all these signals would lower overall peak demand by 340 MW reducing significantly the occurrence of power outages.

Other Industrial Signaling Opportunities. SSL-based industrial/commercial products are making a significant impact in airport, ports, and roadway lighting. Beside traffic intersections, aviation, and shipping facilities require colored light sources as guidance signals, which rely solely on incandescent lamps with a very limited lifetime (from only 2,000 to 4,000 hours for traffic signals, up to 8,000 hours for airport applications). With LED's lifetime of around 100,000 hrs, the maintenance savings are impressive. Not less significant are the load and energy saving impacts, since most of the signal lighting is 100% backed by costly emergency generators. Here are some forecasted LED annually estimated savings for Canada and US: 60TWh for aviation and shipping, and 30 TWh for roadways.

Exit Signs. Not until few years along, most of the exit signs used 15 to 30W incandescent sources but now, the default new products are LED based. Consuming up to 2W/ unit, LED exit signs are becoming the norm, saving North America's energy market some 3 TWh/yr. and leaving building operators with maintenance-free

installations for a period of 10-12 years.

Commercial Signage. Signs are high-profile energy users not only because they are used to attract public attention, but also because many are on 12 to 24 hours per day, consuming about 2% of the total electricity in North America. Fluorescent signs currently account for about 48% of this market, with neon signs holding about 41%, and the remainder of the market dominated mostly by incandescent products. SSL signs are still relatively new to this market. For example, at actual costs, neon and LED signs have similar install prices, but the neon signs consume an average of 12 W/ft (4W/m), more than 5 times than LED ones, and costs 10 times more in maintenance. Over 16GWh/yr (1Giga Watt-hour = 10⁶ kWh) are expected to be saved by LED signage.

Retail Food and Beverage Displays. Another retail area where SSL has the potential to excel is in the grocery market, specifically in coolers and freezers. Currently, this market segment accounts for about 15% of all refrigeration energy use in the US, and is dominated by fluorescent lighting. However, LEDs have inherent characteristics that are much more suitable for this particular application: LEDs are more efficient at directional illumination, less affected by cooler temperatures, and do not require as much space. While improved fluorescent systems may promise incremental energy savings, none have the same promise of savings and versatility as the SSL systems.

Retail Lighting. LED-based lighting in retail applications is a nascent, but potentially enormous market, as LEDs can and will displace incandescent products in a way that CFLs have never been able to do. SSLs offer unprecedented flexibility in colours, dynamic colour changing and configurations to lighting designers in creating displays and particular “moods” in retail lighting. The potential for LEDs in retail and display markets may not be fully realized for some time, as designers and engineers explore and discover its possibilities.

White light LEDs

Presently, there are two approaches to create white light: *mixed-colour* (by mixing the light from red, green and blue LED's) and *phosphor converted* (by using phosphors together with short-wavelength, blue LED's). Once white, high-brightness LED will reach efficiencies comparable with fluorescent and HID sources, and providing a price breakthrough, SSL will start making obsolete their conventional counterparts.

Industry trends show that LEDs are improving as a result of new device geometries and materials, larger semiconducting devices, higher density packaging, increased drive currents, and better heat extraction. The lumen output of commercial white-LED products is now 100 times greater than it was just two years ago. At the International LED Expo 2003 (in Seoul, Korea)

was presented a white LED with a luminous efficacy of 40 lm/W, a remarkable improvement over the presently available devices of 24 lm/W.

As the technology advances, LED's will become better suited to a broader array of applications, light quality will improve, efficacies will increase, and prices will fall. The potential continental energy savings that will result by 2020 depend on how quickly and to what extent these developments occur. For example, in an optimistic price breakthrough scenario where prices drop as low as incandescent lamps, LED lighting will achieve full market penetration in almost all applications by 2020. Nearly 273 TWh end-use electricity would be saved each year.

Higher efficacies would mean even larger savings. Researchers promise that in the coming decade LED's will follow a performance curve that will look like a rocket's trajectory. From about 25 lm/W today to 50 lm/W in 2005, to 75 lm/W in 2007, and on to 150 lm/W by 2012. Finally, they hope to reach 200 lm/W in 2020. Even then there will be room for improvement - the white LED's theoretical maximum is between 300 and 400 lm/W, depending on how much green you like in your white light. At the same time, the wattage per device will continue climbing, from 5 W today to 10 W and 500 lm in 2005 (more than a 40-W incandescent light bulb). By 2012, researchers pledge that the devices will reach 7 W and 1000 lm!

Efforts to Induce Market Transformation

To date, LED technical breakthroughs have emerged primarily from proprietary research efforts. In fact, many of the key patents in the history of LED development have caused intense legal actions, restricting some of the major manufacturers to produce only the colors of LEDs for which they held the critical materials and process patents. Within the past two years, this trend has undergone a reversal. Many of the parties have settled and agreed to cross-licensing or entered in cooperative efforts, R&D partnerships and mergers.

Along with external R&D funding opportunities (from governments and stock markets), utilities, government, and power generation/ distribution alliances focused on advancing LED energy efficiency through market transformation and other incentive programs. While the program targets have been limited to exit signs and traffic lamps, they have helped these products achieve significant market penetration. As more LED products become available, these types of programs will be instrumental getting them more quickly into the market place.

Barriers

- **Technological:** LEDs are currently more difficult to fabricate than their microchip cousins. There still is no

consistent approach to creating an LED system to date. One of the biggest complaints about white LEDs is the perceivable color differences between similar LEDs. How much color variation can there be between similar LEDs is a common question.

- **Conventional Metrics:** Measuring LEDs' performance with conventional lighting metrics, which are based on the incandescent standards could actually hinder the process of using LEDs in applications. For example, the existing incandescent based colour rendering index (CRI) metric applied to LED does not correlate well with people's preference for the colour of an illuminated space. In the past 3-4 years, publications have pointed out the inadequacies of CRI metric with respect to the modern light sources. In the development process of LED's manufacturers have to sacrifice luminous efficacy to gain CRI. Contrary to general belief, recent studies at LRC (Light Research Centre, New York) show that a low CRI, LED source was more preferred as reading and task light than a high CRI halogen or incandescent light (www.lrc.rpi.edu). In addition, until LEDs are marketed in a more convenient assembly, it remains difficult to compare the output of different light sources to LEDs.
- **Educational:** LED-based lighting remains a new technology still not well known in the marketplace. This unfamiliarity applies equally for users at all experience levels: lighting designers, residential and commercial users, installers, building inspectors, and government code officials. Most lighting designers are used to thinking, designing, and working with white light sources instead of colored light sources. They are also not accustomed to taking advantage of the energy-efficiency, long- life and maintenance characteristics of LEDs.
- **Infrastructure:** Because it is a new technology, manufacturers of LED luminaires, systems and controls are few, and some products have reached the market via different routes instead of the traditional distribution channels used by more established lighting products.

Understanding these challenges will allow researchers, manufacturers, designers and end-users to overcome the hurdles and advance LEDs lighting technologies. Research, education, and industry collaboration are key activities to accelerate market acceptance. For example, since its inception in 2002, the Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies (ASSIST) has been active in a number of research projects and other activities to advance and promote LED technology.

Beyond technical research, ASSIST has been active in fostering discussions between traditional luminaire manufacturers and LED manufacturers to draft recommendations for the use of LED light sources and

systems. The first "ASSIST Recommends" document offers a definition for the useful life of LEDs, based upon life tests conducted at the LRC and information found in literature regarding noticeable light level changes. Future recommendations are planned for white LED colour tolerance and requirements for LED-based reflector lamps.

Next steps: Quantum Dots?

Researchers at the Department of Energy's (DOE) Sandia National Laboratories have developed the first solid-state white light-emitting device using *quantum dots*. The approach is based on encapsulating semiconductor quantum dots (nanoparticles approximately of 10^{-9} m) and engineering their surfaces so they efficiently emit visible light when excited by near-ultraviolet (UV at 400 nm) light-emitting diodes (LEDs) - a principle similar to that used in fluorescent lighting. This revolutionary process allows for an increase in efficiency from 10-20 % to an amazing 60%.

This LED device is quite different from an alternative approach based upon growth of blue, green, and red emitting semiconductor materials that requires careful mixing of the those primary colours to produce white illumination.

Nanophosphors based upon quantum dots have two significant advantages over the use of conventional bulk phosphor powders. First, while the optical properties of conventional bulk phosphor powders are determined solely by the phosphor's chemical composition, in quantum dots the optical properties such as light absorbance are determined by the size of the dot. Changing the size produces dramatic changes in colour. The small dot size also means that, typically, over 70% of the atoms are at surface sites so that chemical changes at these sites allow tuning of the light-emitting properties of the dots, permitting the emission of multiple colours from a single-size dot.

Currently, the researchers are increasing the concentration of the quantum dots in the encapsulant to obtain further increases in light output while extending the understanding the physics of luminescence at the nanoscale and applying this knowledge to develop super efficient LED light sources.



Cristian ȘUVĂGĂU
PhD, P.Eng, Lighting Engineer
LC, MIES, MCIE

BC Hydro, Power Smart
Suite 900, 4555 Kingsway
Burnaby, BC, V5H 4T8, Canada

Tel.: + 604 - 453-6478
Fax: + 604 - 453-6286
e-Mail: cristian.suvagau@bchydro.bc.ca

Lighting engineer at BC Hydro, in Vancouver, Canada. Member of CIE and IESNA Board of Directors for BC. Lighting research, technical articles and project designs for institutional, commercial and industrial indoor and outdoor facilities in North America. PhD from the Technical University of Construction, Bucharest in 1995. Assistant Professor at the Lighting and Electrical Installations Chair, Faculty of Installations until 1995.

Received 13 February 2004

Iluminatul în lumea nouă

LED-urile – o lume noua strălucitoare

În prezent, micile chip-uri luminoase de siliciu și-au croit drum în viața noastră cotidiană. De la afișajul ceasului deșteptător care ne trezește, la afișajul cuptorului cu microunde pe care îl privim când încălzim micul dejun, la semafoarele la care așteptăm exasperați în orele de vârf, și la telefonul mobil de pe care sunăm când întârziem la o întâlnire, LED-urile sunt omniprezente, mici puncte colorate luminoase.

La aproape 100 de ani după ce Edison a perfecționat becul, Russell Dean Dupuis a perfecționat un proces obscur denumit “creștere epitaxială prin depunere chimică de vapori metal-organici” pentru a mări puterea luminoasă a unui semiconductor. Dupuis nu bănuia că realizarea sa urma să ilumineze lumea. Mai mult, în câteva decenii descoperirea sa urma să facă din becul predecesorului său un obiect desuet.

Utilizat inițial ca lampă de semnalizare pentru echipamente electrice și electronice, abia la sfârșitul anilor '90 LED-urile au devenit mai importante și au fost promovate ca surse revoluționare de iluminat. În acest articol nu voi insista asupra specificațiilor, nici asupra avantajelor LED-urilor (despre care există un articol excelent al lui Stelian Matei în “Ingineria iluminatului” 11/2003), ci voi prezenta impactul semnificativ pe care LED-urile îl au asupra societății nord-americane.

Întâi, câteva vești bune: Casa Albă a medaliat recent creatorii diodelor electro-luminiscente. În noiembrie 2003, președintele G.W. Bush a decernat Medalia Națională pentru Tehnologie, cea mai înaltă distincție acordată de Statele Unite inventatorilor, lui Dupuis (Univesitatea Georgia Tech) și altor doi cercetători care au contribuit la conceperea corpurilor de iluminat cu LED-uri: Nick Holonyak (Universitatea din Illinois) și M. George Craford (LumiLeds Lighting).

Aplicații curente și în viitorul apropiat

Pentru a funcționa ca un sistem de iluminat, LED-urile necesită o sursă de putere a.c./c.c și un mijloc de control. Cel mai potrivit termen pentru descrierea sistemului ar fi

Solid State Lighting (SSL). Pe lângă LED-uri, calitatea sursei de alimentare și a controlului se vor reflecta în randamentul general al SSL.

În timp ce se așteaptă pentru LED-ul alb, ultraluminos, piața americană a iluminatului se mișcă repede cu ceea ce este disponibil pe moment, profitând de cele două avantaje importante: cost scăzut al energiei și randament monocromatic. La maturitate, piața iluminatului bazat pe LED-uri va cuprinde piața industrială, comercială și casnică. Totuși, se preconizează că produsele din viitorul apropiat (unu până la patru ani) își vor găsi aplicații în primul rând în nișe specifice din iluminatul industrial și comercial:

Semafoare. Deoarece funcționează la tensiune mai mică și consumă mult mai puțin curent, sistemele cu LED-uri economisesc 80-90% din electricitatea consumată de sistemele cu lămpi cu incandescență, și durează de 5-10 ori mai mult. În plus, prezintă o siguranță mai mare pentru șoferi și pietoni. Din Florida în California și din Texas în Alaska, furnizorii de electricitate, agențiile de stat și municipalitățile au concluzat timp de câțiva ani pentru a accelera instalarea semafoarelor cu consum energetic redus cu tehnologie LED de randament ridicat. Un semnal de 12 inch cu LED-uri consumă 11-17 W, în comparație cu cei 135-150 W consumați de o lampă cu incandescență similară. Dacă toate cele trei milioane de semafoare din Statele Unite și Canada ar fi convertite la LED-uri, aproximativ 3 TWh (1 Terra Watt oră = 10⁹ kWh) de energie electrică ar fi economisiți anual. LED-urile oferă, de asemenea, economie semnificativă la consumul de vârf datorită funcționării continue; convertirea completă a tuturor acestor semafoare ar scădea cererea totală de vârf cu 340 MW, reducând semnificativ numărul de întreruperi de alimentare.

Alte posibilități industriale de iluminat. Produsele industriale/comerciale SSL au un impact semnificativ în iluminatul aeroporturilor, porturilor și în cel rutier. Pe lângă intersecțiile de trafic, sistemele aviatice și navale necesită surse de iluminat colorat pentru semnalele de dirijare, care se bazează numai pe lămpi cu incandescență cu o durată de viață foarte limitată (de la numai 2000 la 4000 ore pentru semnale de trafic, până la 8000 ore pentru aplicații aeroportuare). Durata de viață a LED-urilor fiind de aproape 100.000 ore, economiile realizate cu întreținerea sunt impresionante. Nu mai puțin importante sunt economiile de energie și sarcină, deoarece majoritatea iluminatului de semnalizare este 100% susținut de generatoare costisitoare. Iată economiile anuale estimate pentru LED-uri pentru Canada și SUA: 60 TWh pentru aviație și navigație și 30 TWh pentru sistemul rutier.

Indicatoare de ieșire. Până nu demult, majoritatea indicatoarelor de ieșire utilizau surse incandescente de la 15 la 30 W, dar în prezent produsele noi se bazează implicit pe LED-uri. Consumând până la 2 W pe unitate, indicatoarele de ieșire cu LED-uri devin o normă,

economisind pe piața energiei din America de Nord cam 3 TWh/an și dotând clădirile cu instalații care nu necesită întreținere timp de 10-12 ani.

Indicatoare comerciale. Indicatoarele sunt mari consumatoare de energie nu numai pentru că sunt utilizate pentru a atrage atenția publicului, dar și pentru că majoritatea funcționează 12 la 24 ore pe zi, consumând circa 2% din electricitatea totală din America de Nord. Sistemele fluorescente acoperă cam 48% din total, cele cu neon reprezentând cam 41%, iar restul revenind în majoritate sistemelor cu incandescență. Indicatoarele SSL sunt încă relativ noi pe această piață. De exemplu, la costurile actuale, sistemele cu neon și cele cu LED-uri au costuri de instalare similare, dar indicatoarele cu neon consumă în medie 12 W/ft (4 W/m), de cinci ori mai mult decât cele cu LED-uri, și costă de 10 ori mai mult ca întreținere. Aproximativ 16 GWh/an se preconizează să se economisească prin utilizarea indicatoarelor cu LED-uri.

Afișajele din magazine. Un alt domeniu în care SSL are potențialul de a excela este piața alimentelor, mai specific în răcitoare și congelatoare. În prezent, acest segment de piață cuprinde cam 15% din energia consumată pentru răcire în SUA, și este dominată de iluminatul fluorescent. Totuși, LED-urile au caracteristici implicite care sunt mult mai potrivite pentru această aplicație: sunt mult mai eficiente la iluminat direcțional, sunt mai puțin afectate de temperaturile scăzute și nu necesită atât de mult spațiu. Deși sistemele fluorescente îmbunătățite promit o economie de energie în creștere, nici unul nu are aceleași posibilități de economisire și versatilitate ca sistemele SSL.

Retail Lighting. Iluminatul pe bază de LED în aplicații retail reprezintă o piață în curs de formare, dar cu potențial enorm, deoarece LED-urile vor putea înlocui produsele cu incandescență într-un mod în care CFLs nu a reușit niciodată. SSL oferă o flexibilitate fără precedent în culori, schimbare dinamică a culorii și configurații pentru proiectanții iluminatului la crearea afișajelor și “stărilor” speciale în iluminatul de retail. Potențialul LED-urilor pe piața de retail și afișaj ar putea să nu fie perceput exact pentru moment, în timp ce proiectanții și inginerii explorează și descoperă posibilitățile.

LED-uri cu lumină albă

În prezent există două abordări pentru crearea luminii albe: *culoare combinată* (prin combinarea luminii LED-urilor roșii, verzi și albastre) și *conversie de material fosforescent* (prin utilizarea materialelor fosforescente împreună cu LED-uri albastre cu unde scurte). În momentul în care LED-ul alb, cu strălucire puternică va ajunge la un randament comparabil cu sursele fluorescente și HID, și la un preț competitiv, SSL vor face alternativele lor convenționale să pară demodate.

Tendențele industriei arată o îmbunătățire a LED-urilor ca rezultat al noilor geometrii și materiale ale dispozitivelor,

dispozitive semiconductoare mai mari, compactare la o densitate mai mare, curenți mai mari, și o extragere mai bună a căldurii. Ieșirea în lumen a produselor comerciale cu LED-uri albe este în prezent de 100 de ori mai mare decât în urmă cu numai 2 ani. La International LED Expo 2003 (în Seul, Coreea) a fost prezentat un LED alb cu un randament luminos de 40 lm/W, o remarcabilă îmbunătățire față de dispozitivele disponibile în prezent de 24 lm/W. Odată cu progresul tehnologic, LED-urile vor fi mai potrivite pentru un domeniu mai larg de aplicații, calitatea luminii va fi mai bună, randamentul va crește iar prețul va scădea. Economii potențiale de energie pe continent care vor rezulta până în 2020 depind de rapiditatea și amploarea acestor dezvoltări. De exemplu, într-un scenariu optimist de scădere a prețurilor în care prețurile scad la nivelul lămpilor cu incandescență, iluminatul cu LED va avea o prezență completă pe piață în aproape toate aplicațiile până în 2020. Aproximativ 273 TWh consum electric va fi economisit în fiecare an. Randament mai bun va însemna economii mai mari. Cercetătorii promit că în deceniul următor LED-urile vor urma o curbă de performanță similară cu traiectoria unei rachete. De la 25 lm/W în prezent la 50 lm/W în 2005, la 75 lm/W în 2007, și la 150 lm/W în 2012. În final se speră să ajungă la 200 lm/W în 2020. Chiar și atunci va mai exista spațiu pentru îmbunătățire – maximum teoretic al LED-urilor albe este situat între 300 și 400 lm/W, depinde de cantitatea de verde preferată în lumina albă. În același timp, puterea pe dispozitiv va continua să crească, de la 5 W în prezent la 10 W și 500 lm în 2005 (mai mult decât un bec incandescent de 40 W). Până în 2012, cercetătorii consideră că dispozitivele vor ajunge la 7 W și 1000 lm!

Eforturi pentru a transforma piața

În prezent, realizările tehnice în domeniul LED-urilor s-au realizat în primul rând în acțiuni de cercetare ale companiilor. De fapt, multe din patentele esențiale din istoria dezvoltării LED-urilor au determinat acțiuni intense în justiție, restrângând unii din producătorii majori la producerea culorii de LED-uri pentru care dețin materialele și patentele de proces. În ultimii doi ani, această tendință prezintă o inversare. Mulți producători au convenit asupra licențierii reciproce sau au constituit acțiuni în comun, parteneriate de cercetare și dezvoltare și fuziuni.

Împreună cu oportunitățile de finanțare externe pentru cercetare și dezvoltare (guvernamentale și din piața de capital), utilitățile, autoritățile guvernamentale și alianțele de producere/distribuție a energiei s-au concentrat asupra creșterii eficienței energetice a LED-urilor prin transformarea pieței și prin alte programe de stimulare. Deși obiectivele programelor s-au limitat la indicatoare de ieșire și semafoare, au ajutat aceste produse în realizarea unei penetrări semnificative a pieței. Tot mai multe produse cu LED-uri fiind disponibile, aceste tipuri

de programe vor avea rolul de a le introduce mai repede pe piață.

Bariere

- **Tehnologică:** LED-urile sunt în prezent mai dificil de fabricat decât microcipurile. Încă nu există o abordare consistentă pentru a crea un sistem pentru LED-uri. Una din cele mai mari probleme a LED-urilor albe este diferența perceptibilă de culoare între LED-uri similare. Cât de mare poate fi variația de culoare între LED-uri similare este o problemă comună.
 - **Sistemul convențional de măsurare:** Măsurarea performanțelor LED-urilor cu sistemul de măsurare a iluminatului convențional, care se bazează pe standardele pentru iluminatul cu incandescență, ar putea împiedica utilizarea LED-urilor în aplicații. De exemplu, indexul de redare a culorii (CRI) existent, bazat pe iluminatul incandescent nu se corelează bine cu preferința oamenilor pentru culoarea unui spațiu iluminat. În ultimii 3-4 ani, publicațiile au subliniat neadekvarea măsurării CRI în ceea ce privește sursele moderne de iluminat. În procesul de dezvoltare a LED-urilor producătorii trebuie să sacrifice randamentul luminos pentru a câștiga CRI. Contrar părerii generale, studii recente ale LRC (Light Research Centre, New York) arată că o sursă cu CRI scăzut cu LED-uri a fost preferată mai mult ca lumină pentru citit și lucru decât o sursă cu CRI ridicat cu halogen sau incandescentă (www.lrc.rpi.edu). În plus, până când LED-urile nu vor fi comercializate într-o asamblare mai convenabilă, este încă dificilă compararea între diverse surse de iluminat și cele cu LED-uri.
 - **Educaționale:** iluminatul pe bază de LED este încă o tehnologie nouă care nu este bine cunoscută pe piață. Această lipsă de familiarizare se aplică tuturor utilizatorilor de toate nivelurile de experiență: proiectanți în iluminat, utilizatori casnici și comerciali, instalatori, inspectori de construcții și oficiali guvernamentali. Majoritatea proiectanților de iluminat sunt obișnuiți să gândească, proiecteze și să lucreze cu surse de lumină albă, mai degrabă decât cu surse de iluminat colorate. De asemenea, nu sunt obișnuiți să profite de randamentul energetic, durata mare de viață și caracteristicile de întreținere ale LED-urilor.
 - **Infrastructura:** deoarece este o tehnologie nouă, producătorii de corpuri de iluminat, sisteme și controale pentru LED-uri sunt puțini, iar unele produse au ajuns pe piață prin alte căi decât cele tradiționale de distribuție utilizate de produsele consacrate de iluminat.
- Înțelegerea acestor obstacole va permite cercetătorilor, producătorilor, proiectanților și utilizatorilor finali să le depășească și să facă să progreseze tehnologiile LED-urilor. Colaborarea cercetării, educației și industriei sunt

activități esențiale pentru a grăbi acceptarea pe piață. De exemplu, de la înființarea sa în 2002, Alianța pentru Sisteme și Tehnologii SSL (ASSIST) a fost activă într-un număr de proiecte de cercetare și alte activități pentru a promova tehnologia LED.

Pe lângă cercetarea tehnică, ASSIST a fost activă în organizarea discuțiilor între producătorii de corpuri tradiționale de iluminat și producătorii de LED-uri pentru a concepe recomandări de utilizare a surselor și sistemelor cu LED-uri. Primul document "ASSIST Recomandă" oferă o definiție pentru durata de utilizare a LED-urilor, bazată pe teste de durată de viață efectuate la LRC și pe informații din literatură referitoare la modificările observabile de nivelurile de iluminat. Recomandările viitoare sunt planificate pentru toleranța la culoare a LED-urilor albe și cerințele pentru lămpile cu reflector bazate pe LED-uri.

Următoarele etape: Particule cuantice?

Cercetătorii de la Departamentul de energie (DOE) al Sandia National Laboratories au dezvoltat primul dispozitiv solid-state emițător de lumină albă utilizând *particule cuantice* (*quantum dots*). Abordarea se bazează pe încapsularea de particule cuantice semiconductoare (nanoparticule de 10^{-9} m) și proiectarea suprafețelor lor astfel încât să emită eficient lumină vizibilă când sunt excitate de LED-uri care emit aproape de ultraviolet (UV la 400 nm) – un principiu similar cu cel utilizat în iluminatul fluorescent. Randamentul crește de la 10-20% la un remarcabil 60%. Acest dispozitiv cu LED este destul de diferit de abordarea alternativă bazată pe creșterea de materiale semiconductoare emițătoare de lumină roșie, verde și albastră care necesită combinarea atentă a acestor culori primare pentru a produce lumină albă. Nanofosforii bazați pe quantum dots au două avantaje semnificative față de utilizarea prafurilor convenționale de fosfor. În primul rând, în timp ce proprietățile optice ale prafului convențional de fosfor sunt determinate numai de compoziția lor chimică, proprietățile optice pentru quantum dots, cum ar fi absorbanta luminii sunt determinate de dimensiunea lor. Modificarea dimensiunii produce schimbări semnificative ale culorii. Dimensiunea redusă înseamnă, de asemenea, că în mod obișnuit 70% din atomi sunt la suprafață, astfel încât modificările chimice permit reglarea proprietăților luminoase ale particulelor dots, permițând emiterea de mai multe culori de către un dot de aceeași mărime. În prezent, cercetătorii măresc concentrația de quantum dots în capsulă pentru a obține creșteri ale luminii rezultate, în paralel cu înțelegerea legilor fizice ale luminiscentei la scară nanometrică și cu aplicarea acestor cunoștințe la dezvoltarea surselor de iluminat ultraeficiente cu LED-uri.

COMITETUL NAȚIONAL ROMÂN DE ILUMINAT (CNRI)

Biroul de Administrație (2003 - 2007)

PREȘEDINTE: *PROF.UNIV.DR.ING.CORNEL BIANCHI*

Vicepreședinte 1 (Colaborare permanentă la acțiunile CNRI): *prof.univ.dr.ing. Nicolae MIRA*

Vicepreședinte 2 (Publicații noi, Dezvoltarea activității locale a CNRI): *prof.univ.dr.ing. Florin POP*

Vicepreședinte 3 (Conexiuni interne ale CNRI): *prof.univ.dr.ing. Dan MOROLDO*

Vicepreședinte 4 (Partea electrică a sistemelor de iluminat): *dipl.ing. Mariana AUGUSTIN*

Director executiv și Secretar științific: *dipl.ing. Camelia BURLACU*

Director economic: *dipl.ec. Mircea ȘUVAGĂU*

Director al Diviziei Speciale DS1 (Calificare profesională în domeniul iluminatului): *dipl.dr.ing. Mihai HUSCH*

Director al Diviziei Speciale DS2 (Lumină – Arhitectură): *dipl.arh. Adrian BĂLĂȘOIU*

Director al Diviziei Speciale DS3 (Iluminat decorativ și festiv): *conf.univ.dr.ing. Hrisia Elena MOROLDO*

Director al Diviziei 1 (Vedere și culoare): *prof.univ.dr.ing. Florin POP*

Director al Diviziei 2 (Măsurări fizice ale luminii și radiațiilor): *dipl.ing. Mihai SIMIONESCU*

Director al Diviziei 3 (Mediul interior și proiectarea iluminatului): *prof.univ.dr.ing. Nicolae MIRA*

Director al Diviziei D3.1 (Iluminatul locurilor de muncă intelectuală): *conf.univ.dr.ing. Dorin BEU*

Director al Diviziei D3.2 (Iluminatul locurilor de muncă industrială): *dipl.ing. Mariana AUGUSTIN*

Director al Diviziei D3.3 (Iluminatul pentru interiorul clădirilor destinate culturii, învățământului, agrementului, sportului și locuințelor): *dipl.ing. Daniel MUȘAT*

Director al Diviziei 4 (Iluminat și semnalizare pentru transporturi): *prof.univ.dr.ing. Dan MOROLDO*

Director al Diviziei D4.1 (Iluminatul căilor de circulație auto, pietonilor, cicliștilor ș.a.): *dipl.ing. Dan VĂTĂJELU*

Director al Diviziei D4.2 (Iluminatul de semnalizare pentru căi de circulație și vehicule): *dipl.ing. Alexandru SERE*

Director al Diviziei D4.3 (Iluminatul și semnalizările pentru alte mijloace de circulație – aero, navală, fluvială): *dipl.ing. Romeo Gabriel STĂNESCU*

Director al Diviziei 5 (Iluminat exterior și alte aplicații): *prof.univ.dr.ing. Dan MOROLDO*

Director al Diviziei 6 (Fotobiologie și fotochimie): *dipl.ing. Georgeta RĂȘINĂ*

Director al Diviziei 7 (Aspecte generale ale iluminatului): *prof.univ.dr.ing. Radu PĂRLOG-CRISTIAN*

Director al Diviziei 8 (Tehnologia imaginii): *dr.ing. Virgil PETROVICI*

Director adjunct: *prof.univ.dr.ing. Cătălin-Daniel GĂLĂȚEANU*

Director al Diviziei 9 (Partea electrică a sistemelor de iluminat: rețeaua de distribuție și aparatajul conex pentru protecție, control, comandă manuală/automată): *prof.univ.dr.ing. Virgil MAIER*

Director adjunct: *dr.ing. Ernest NICA*