

INGINERIA ILUMINATULUI

6

EDITURA MEDIAMIRA
Cluj-Napoca
2001



Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N



ELECTRICA S.A.

Sucursala de Distribuție Cluj

Colegiul de Redacție

Dr. Florin POP, Profesor

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N

Gabriel RUGA, ing., Director

ELECTRICA S.A.
Sucursala de Distribuție Cluj

Dr. Dorin BEU, Șef lucrări

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N

Comisia de Referenți

Cornel BIANCHI, Profesor Dr.

Universitatea Tehnică de Construcții București

David CARTER, Profesor Dr.

University of Liverpool

Luciano DI FRAIA, Profesor Dr.

Universita degli Studi "Federico II" Napoli

Liisa HALONEN, Profesor Dr.

Helsinki University of Technology

Florin POP, Profesor Dr.

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Ramon SAN MARTIN, Profesor Dr.

Universitat Politecnica de Catalunya

Tehnoredactare și traducere

Mihaela POP, ing.

Pentru manuscrise, informații
suplimentare și abonamente, cititorii se
pot adresa redacției la adresa:

Dr. Florin POP, Profesor

UTC-N – Universitatea Tehnică

Str. C. Daicoviciu Nr. 15

RO-3400 - Cluj-Napoca, România

Fax: (064)192055

(international +00.40.64.192055)

e-Mail: Florin.Pop@insta.utcluj.ro

Revista **INGINERIA ILUMINATULUI** este o publicație semestrială, editată de Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca prin Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N – Lighting Engineering Center LEC, ELECTRICA S.A. prin Sucursala de Distribuție Cluj și Editura MEDIAMIRA S.R.L. Cluj-Napoca.

INGINERIA ILUMINATULUI este o revistă de informație tehnică, dedicată educației continue în domeniul iluminatului.

Obiectivele revistei constau în prezentarea rezultatelor activității de cercetare științifică, popularizarea unor realizări profesionale, încurajarea și educarea specialiștilor din construcții, administrație publică, proiectare, învățământ, studenților și a altor utilizatori.

Revista nu inserează anunțuri publicitare sau comerciale.

Opiniile exprimate de autori, referenți și colaboratori sunt personale și nu sunt în mod necesar acelea ale redacției.

Autorii sunt responsabili de calitatea materialelor grafice din cuprinsul articolelor proprii – diagrame, desene, fotografii, reproduceri.

Costul unui număr este de 5 Euro, la care se adaugă taxa poștală (0,12 Euro – România, 0,95 Euro – Europa). Se utilizează cursul BNR în prima zi a lunii în care se efectuează plata.



Editura **MEDIAMIRA** Cluj-Napoca

C.P. 117, O.P. 1, Cluj

ISSN 1454-5837

Copyright

În conformitate cu dispozițiile legale în vigoare, această publicație nu poate fi reprodusă sau transmisă în nici o formă, electronică sau mecanică, incluzând fotocopiere, înregistrare, memorare pe un sistem informatic sau traducere, în întregime sau parțial, fără acordul scris al Universității Tehnice din Cluj-Napoca, Centrul de Ingineria Iluminatului și al Editurii MEDIAMIRA S.R.L. Cluj-Napoca, România.

INGINERIA ILUMINATULUI

Numărul 6 - 2000

- 3 EDITORIAL *Florin POP*
-
- 5 PASSIVE LIGHT PIPES *David J CARTER*
-
- 15 INTEGRAREA SISTEMULUI DE ILUMINAT
în sistemul tehnic complex al clădirii inteligente *Cătălin Daniel GĂLĂȚANU*
Horațiu Ștefan GRIF, Adrian GLIGOR
-
- 21 INSTRUMENTAȚIE VIRTUALĂ PENTRU UN SISTEM
de supraveghere și control al iluminatului *Florin POP*
-
- 25 A NEW DIGITAL ERA FOR THE DIMMING OF LUMINAIRES
with digital ballasts and components *Necdet KINALI*
-
- 31 REDUCING OBTRUSIVE LIGHT *Duco A SCHREUDER*

Teze de doctorat

- 51 *SISTEME DE ILUMINAT ÎN SPAȚII OBSTRUȚIONATE* *Dorin BEU*
-
- 53 *CONTRIBUTIONS TO THE CALCULATION METHODS* *Cristian Viorel ȘUVĂGĂU*
for indoor lighting systems

Conferințe și Simpozioane

- 57 *ENERGY EFFICIENCY LABELLING OF THE LIGHTING EQUIPMENT* *Vesselina TZVETANOVA*
- not used opportunity for increasing the energy efficiency

Informații

- 59 *CENTRUL DE INGINERIA ILUMINATULUI – UTC-N* *Florin POP*
Lighting Engineering Center – LEC
-
- 63 *REGLEMENTAREA PROPUȘĂ DE EUROPA* *Nils BORG*
cu privire la randamentul balasturilor
-
- 65 *STANDARDUL AMERICAN PENTRU BALASTURI* *Isaac TURIEL*
va intensifica economiile
-
- 67 *Conferința internațională ILUMINAT 2001, 28-30 Iunie 2001, Cluj-Napoca*
-
- 68 *Recommendations for the printing form of your papers*
-

Se poate defini calitatea luminii? La Primul Simpozion CIE asupra Calității Iluminatului, Ottawa, Canada, 9-10 mai 1998. Peter Boyce afirma: "...calitatea luminii nu are o definiție precisă: când o vedem o recunoaștem, dar definirea a ce reprezintă ea variază de la un individ la altul, de la o cultură la alta". Calitatea iluminatului s-ar putea defini, în termeni generali, în legătură cu gradul în care instalația reușește să respecte obiectivele propuse și limitele impuse de client și de proiectant. Limite în general determinate de bugetul de cheltuieli, de consumul de energie și de scadența termenului de punere în funcțiune. [Ceregioli Piergovanni, Si può definire la qualità della luce?, LUCCE, iunie 1999]

Funcția primară a unei instalații electrice de iluminat este de a permite oamenilor să vadă, pentru a-și putea îndeplini sarcinile în mod confortabil și în siguranță. Pentru a evita realizarea și funcționarea unei instalații de iluminat care să fie eficientă sub aspectul energiei și al costurilor, dar care să producă utilizatorilor disconfort și să le afecteze siguranța, este necesar să fie luate în considerare atât calitatea iluminatului cât și eficiența energetică la proiectarea și evaluarea iluminatului, să fie estimați simultan parametrii fotometrici și economici (cost și energie), programul de întreținere și evaluarea subiectivă a confortului vizual al utilizatorilor. Multe studii sunt orientate spre evaluarea numerică a parametrilor calitativi și cantitativi ai instalațiilor de iluminat. Dezvoltarea unei metode de cuantificare a calității instalațiilor de iluminat este un răspuns la unul dintre obiectivele de cercetare ale Comitetului de Calitate a Ambientului Vizual al Societății de Inginerie a Iluminatului din America de Nord (IESNA Quality of the Visual Environment Committee): "de identificare a diferențelor semnificative în aprecierea calitativă a unor aplicații luminotehnice și de determinare a parametrilor unui sistem de iluminat care influențează o astfel de apreciere a calității". Unul din cele mai importante obiective ale CIE - Divizia 3 Iluminat Interior, prezentat la cel de-al 23-lea Congres CIE - 1995 se referă la "măsuri pentru calitatea iluminatului în spațiile interioare".

Sarcina vizuală este foarte diferită în raport cu tipul activității, de la citirea unei cărți la asamblarea unor componente electronice. Caracteristicile sarcinii vizuale determină condițiile cerute unui sistem de

iluminat. O proiectare și o execuție îngrijite sunt cerințe apriorice pentru un iluminat artificial de bună calitate. Criteriile principale în proiectarea unei aplicații date sunt vizibilitatea, satisfacția vizuală, costurile de instalare și funcționare, integrarea în arhitectura clădirii/spațiului interior, întreținerea instalației, eficiența energetică.

Performanța unei anumite persoane față de o sarcină dată este determinată în mod esențial atât de abilitatea cât și de atitudinea sa față de îndeplinirea sarcinii respective. Iluminatul, alături de alți factori fizici ai ambientului, poate potența această performanță. Performanța vizuală este termenul ce evaluează informația procesată de sistemul vizual, măsurată prin viteza și acuratețea cu care o sarcină vizuală (parte componentă a unei sarcini complexe) este îndeplinită. Vizibilitatea unei sarcini vizuale este în general determinată prin vizibilitatea celui mai dificil element care trebuie detectat sau recunoscut, numit *detaliu critic*. Vizibilitatea unui detaliu depinde de mai mulți factori, printre care: dimensiunea unghiulară a detaliului (unghiul sub care este văzut detaliul de către ochi, dependent de dimensiunea detaliului și distanța până la ochi), luminanța și culoarea detaliului, contrastul între luminanțele și culorile detaliului și fondului, timpul disponibil pentru observare, forma detaliului, similitudinea în formă și textură între detaliu și alte elemente din imediata vecinătate, poziția detaliului în câmpul vizual.

Calitatea unei instalații de iluminat poate și trebuie să fie analizată sub trei aspecte: fotometric, electric și economic. Calitatea iluminatului - aspectul fotometric - este descrisă prin: - nivelul de iluminare și uniformitatea iluminării; - evitarea sau limitarea orbirii (distribuția luminanței); - culoarea aparentă și redarea culorilor; - modelarea (reliefarea dimensiunii spațiale). Calitatea instalației electrice de iluminat - aspectul electric - este descrisă de simetria sarcinii rețelei trifazate, poluarea armonică a rețelei, nivelul de tensiune la receptoarele de iluminat. Managementul energiei și costurilor unei instalații de iluminat - aspectul economic - vizează cunoașterea consumurilor energetice, a costurilor inițiale și de exploatare, a posibilităților și soluțiilor folosite pentru minimizarea acestora.

Factorii calitativi ai iluminatului au ponderi diferențiate în funcție de destinația și arhitectura unei încăperi. Accentul poate să cadă pe - *performanța vizuală*, prin alegerea corespunzătoare a nivelului de iluminare și limitarea orbirii; - *confortul vizual*, prin redarea culorilor și distribuția luminanței; - *ambianța vizuală*, prin selectarea culorii luminii, direcției luminii și modelare.

O instalație de iluminat de bună calitate este eficientă din punct de vedere energetic dacă permite un nivel înalt de performanță vizuală fără disconfort. *Calitatea iluminatului nu este direct măsurabilă, dar este o stare creată prin relația dintre mediu și persoane.* Un iluminat de bună calitate există atunci când - sunt create condiții vizuale bune, - susține realizarea sarcinii sau determină comportamente concordante mediului și stări psihice corespunzătoare situațiilor, - determină interacțiunile și comunicarea dorită și - contribuie la estetica spațiului.

Stabilirea calității iluminatului trebuie făcută prin măsurarea efectului asupra persoanelor, luând în considerare toate caracteristicile încăperii și ale persoanelor ce utilizează spațiul. Este necesar și util să se discute calitatea iluminatului și în contextul productivității umane și al energiei consumate. Stabilirea corelației între îmbunătățirea calității iluminatului și îmbunătățirea productivității umane - încă nedovedită (există unele cercetări în acest sens, de ex. Clear & Berman) - ar putea oferi un puternic element de decizie economică pentru a acționa în direcția unei noi calități în iluminat, spre recunoașterea finală a necesității de a modela complexitatea calității iluminatului și de a distila rezultatele obținute într-o formă accesibilă proiectanților. Sunt numeroase metode de măsurare a vizibilității și performanței vizuale propuse sau folosite, fiecare cu anumite avantaje și dezavantaje, limitări sau dificultăți determinate de domeniile lor de măsurare/aplicare.

Cele mai timpurii încercări de evaluare a efectelor produse de condițiile de iluminat asupra performanței sarcinii au fost efectuate în anii 1920, detașându-se experimentele lui Hawtorne care a stabilit o corelație între iluminatul într-o fabrică și producția realizată. Beutell (1934) a sugerat că dificultatea vizuală a fiecărei sarcini ar trebui să fie caracterizată de dimensiunea și contrastul de luminanță al detaliului de observat, mișcarea relativă între observator și sarcină și gradul de complexitate al activității desfășurate. Weston (1945) a dezvoltat o sarcină standard - inelele

Landolt - în care observatorul examinează un aranjament oarecare al unor inele Landolt și identifică pe acelea cu o anumită orientare a deschizăturii. Aranjamentul format de inele poate fi variat cu ușurință în dimensiuni și contraste de luminanță. Efectul condițiilor de iluminat asupra performanței de identificare a sarcinii reprezentate de inelele Landolt oferă o estimare a aceluiași efecte produse asupra unei sarcini concrete. Modelul descris demonstrează caracterul nelinier al efectului iluminării și importanța relativă a dimensiunii sarcinii, vizuale, contrastului de luminanță și nivelului de iluminare. Blackwell (1972) a propus cuantificarea vizibilității unui stimul, prin definirea nivelului de vizibilitate ca raport între contrastul de luminanță al stimulului și contrastul de luminanță de prag (de observabilitate, de distingere) al aceluiași stimul. Cu cât mai mare este nivelul de vizibilitate, cu atât mai vizibil este stimulul respectiv. Ideea acestui model este interesantă prin introducerea subiectivității omului în măsurarea efectelor iluminatului; contrastul de luminanță al stimulului se determină printr-o măsurare fizică, dar contrastul de luminanță de prag este dat doar de percepția subiectului. Nivelul de vizibilitate cuprinde într-o singură variabilă efectele parametrilor de vizibilitate - nivelul de iluminare, dimensiunea detaliului și contrastul de luminanță asupra utilizatorilor. Limita modelului este dată de existența a mai multor factori ce trebuie introduși în experimente, fiecare sarcină vizuală având o structură diferită. Smith și Rea (1979) au dezvoltat modelul Weston și au introdus o sarcină numerică de verificare, în care subiectul compară două coloane de numere cu cinci cifre pentru a găsi deosebiri între acestea. Au propus un model al performanței vizuale - "Performanța Vizuală Relativă" - pentru o gamă a luminanțelor de adaptare și contrastele de luminanță, bazat pe viteza cu care subiecții își îndeplinesc sarcina. Clear și Berman (1990) au propus modelul *nivelului de vizibilitate* ca o alternativă la modelul Rea. El îmbină atât viteza cât și corectitudinea rezultatelor obținute într-o sarcină de verificare numerică a unor date.



Dr. Florin POP, Profesor

PASSIVE LIGHT PIPES

David J CARTER

School of Architecture, University of Liverpool

Summary

Passive hollow tubes consist of a light pipe transport section with, at the upper end, some device for capturing natural light and, at the lower end, a means of distribution of light within the interior. The wider use of the systems is currently limited by the lack of quantitative design methods other than those based on empirical data. This paper presents preliminary results of flux output and luminous intensity distribution for various configurations of passive solar light pipes, based on laboratory and field measurement. As well as indicating quantitative performance of passive light pipes, analysis of the results points the way toward prediction of performance of a wide range of system configurations.

1 Introduction

Over the past few years considerable research has been undertaken on the use of light pipes as transport devices or light emitters in buildings. The majority of systems in use employ electric lamps or sun tracking devices as light sources and thus rely on expensive equipment to capture, transport and distribute light. Recent interest has focused on passive light pipes as a means of lighting interiors. These devices operate according to the same physical principles as electric or solar systems to transport and distribute light but, due to their simplicity, are cheaper to construct and maintain.

Passive hollow pipes consist essentially of a vertical light pipe transport section with, at the upper end, some device for capturing natural light whilst preventing ingress of wind and rain and, at the lower end, a means of distribution of light within the interior. The upper end of the tube may be horizontal or inclined at some

angle to the tube axis. The tube may be lined with highly reflective silvered material but contains no lenses or other devices to redirect the light. The hollow tube wall uses multiple specular reflection at the inner wall to transmit light. In general overall light transmission is a function of surface reflectance, input angles of the incident light, and the proportions of the tube in terms of the ratio of length to cross section area. If the light paths are long compared with the axial length the number of reflections are necessarily large, and thus light loss depends to a great extent on reflectance of the wall material. To minimise the number of reflections light should enter the tube as a near collimated axial beam.

A number of passive pipe systems are commercially available. They consist of a clear polycarbonate dome, rigid or flexible tubes coated with a reflective material, and a light diffuser made of opal or prismatic material. Rigid tubes may include bends or elbows. A modification to the basic systems cuts the upper end of the tube at an oblique angle and inclines the cut toward the equator. This 'light scoop' has the effect of increasing the flux output of the tube by a factor of up to two under clear sky plus sun but has a negative effect on output under overcast conditions.

A number of studies of passive pipe systems have produced empirical performance data for particular cases of system configuration and local daylight conditions, and this data may be applied to design of similar systems. All of the studies indicate that passive pipe systems have considerable potential as a primary light source for some types of building interior.

This paper presents preliminary results of flux output and luminous intensity distribution for

various configurations of passive solar light pipes, based on laboratory and field measurements. As well as indicating quantitative performance of passive light pipes, analysis of the results point the way toward prediction of performance of a wide range of system configurations

2 Passive light tubes as a lighting solution

A number of investigations into performance of passive light pipes have been made. Love et al (1) compared the transport sections of a number of commercially available mirror light pipes. The work involved mounting pipes above an integrating chamber and measuring the illuminance within the integrator and the simultaneous external illuminance thus enabling the transmittance of various combinations of bends and straight pipe to be determined. Harrison et al (2) measured nadir illuminance and simultaneous external illuminance from a single pipe under laboratory conditions. The results indicated that nadir daylight factor (inside/outside illuminance ratio) ranges from 0.5% for overcast skies to 0.2% for clear skies. Data for working plane and/or nadir illuminance and simultaneous

external illuminance for actual installations has been measured (3). A further study suggested that daylight factors of up to 1.0% could be obtained for pipes not exceeding aspect ratios of six (4).

It is clear from the literature that basic information on light transmission properties of some configurations of pipe and on quantities of planar illuminance delivered under certain circumstances has been established. Pipe transmission information makes possible estimation of flux output for given sky conditions and this may, together with the various measured nadir and working plane illuminance values, serve as 'rule of thumb' design guidance. This does not however address the problem of prediction of performance of installations which do not resemble those measured.

3 Experimental investigation

The work investigated flux output, luminous intensity distribution and illuminance distributions from a number of configurations of passive solar light pipes by a combination of laboratory and field measurement.

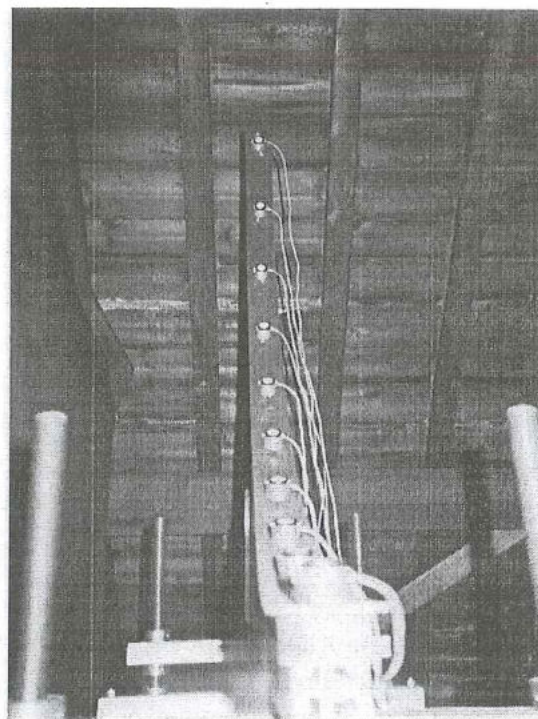
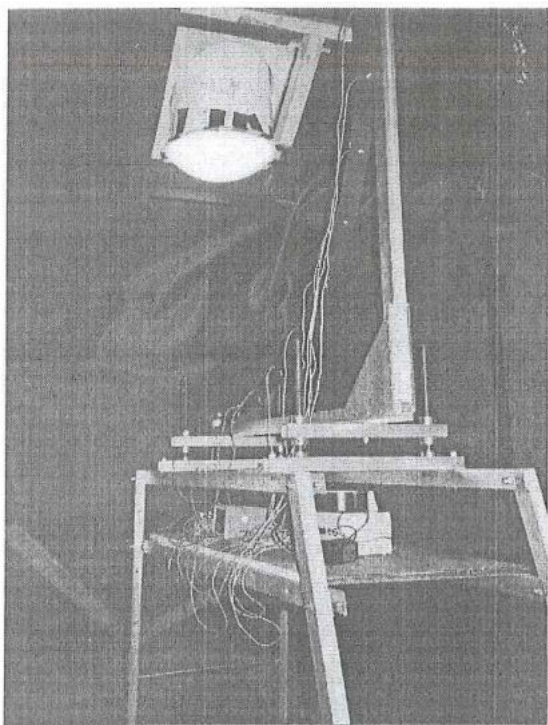
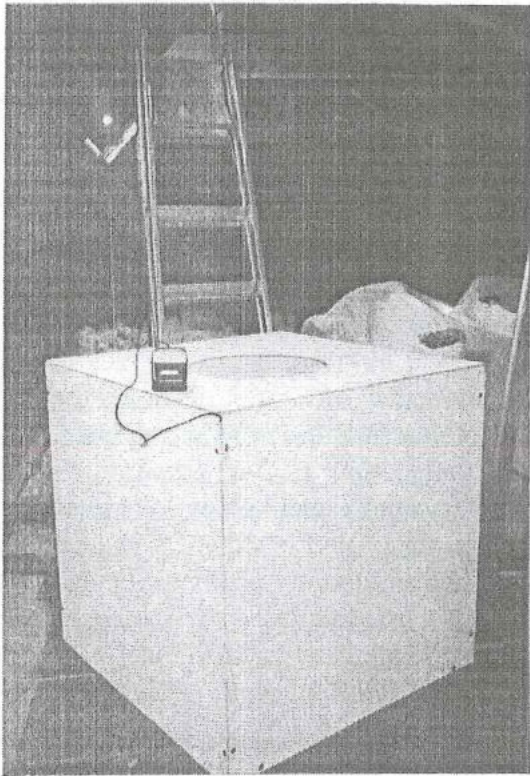


Figure 1 Apparatus to measure luminous intensity distribution from pipe emitter

3.1 Equipment

An apparatus was designed, based on an optical length of one metre, to measure luminous intensity in the γ plane for the quadrant 0° to 90° . The apparatus was installed beneath a 330 mm diameter pipe in the roof space of the Mulberry Building (a general purpose teaching building) at Liverpool University (see Figure 1). Due to space restrictions the apparatus could be used only for pipe lengths 610 and 1220 mm and for two C-planes, namely, 0° and 30° . Light was measured using a recently calibrated photocells connected to a datalogger which also recorded simultaneous external illuminance. The measurement area was blacked-out so as to prevent stray light affecting the cell readings.



Data on nadir illuminance and flux output was collected from eleven pipe configurations mounted in a 2 m x 1.5 m garden shed, which was lined with hardboard to prevent light penetration to the test area, and painted matt black (see Figure 3). The pipes were installed at roof level 1600 mm above the floor on which measurements were made. Matt black curtains were hung to separate each of the pipes to prevent them contributing to the measurements taken from adjacent areas, thus allowing the measurement of the direct component of illuminance at nadir. There was also a facility to black out any area in order to record data from combinations of pipes. The pipes were all 610 mm long of the following diameters: 200 mm, 330 mm, 450 mm and 530 mm.

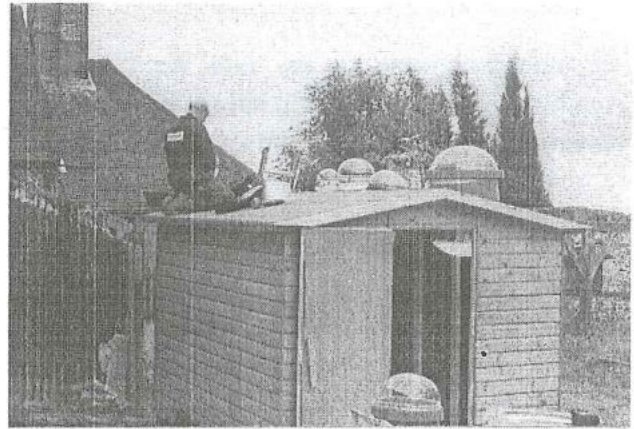


Figure 2 Photometric integrator for flux measurement

3.2 Results

The apparatus described above was used to measure luminous intensity from two 330 mm diameter pipes of 610 and 1220 mm length each equipped with opal diffusers. Readings were taken (not continuously) through the period September 1999 to November 1999 with the apparatus aligned South ($C=0^\circ$). For a period in December 1999 the apparatus was

Figure 3 Test rig used for measurement of nadir illuminance and flux output

positioned for $C=30^\circ$ (approximately SSE). Sky conditions for the period were predominately overcast or cloudy with external horizontal illuminance only exceeding 25,000 lux for about 10% of the readings. Using spreadsheet software the readings for the γ plane for the overcast and cloudy conditions were averaged and plotted on the same scale. The resulting polar curve, shown in Figure 4, applies to pipes of both lengths. Application of

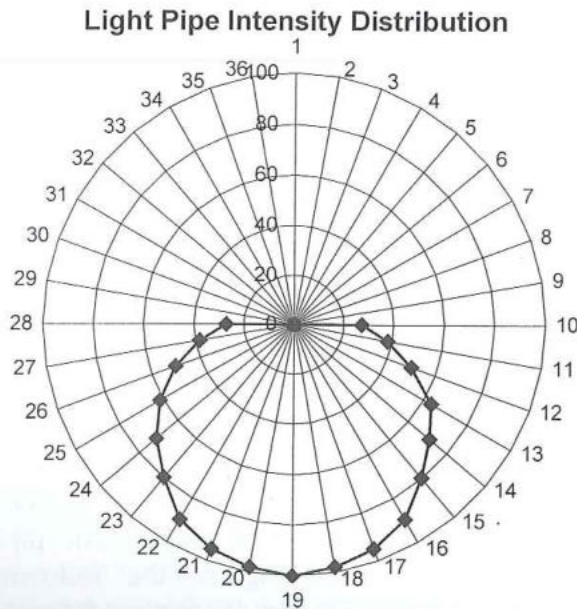


Figure 4 Polar curve of average luminous intensity distribution from overcast sky

the same technique to the data for the 30° orientation gave similar results. Preliminary analysis of the small amount of data for clear sky/sun indicated that a very similar polar curve resulted but collection of this data continues. The integrator apparatus was used to measure pipe output flux from two pipe installations: the Mulberry Building and Pleasant Street School, Liverpool. The nadir illuminance at a vertical distance greater than five times the diameter of the emitter was also measured. The latter was used to calculate nadir luminous intensity. The total flux output was calculated using the method based on zone factors for a symmetric luminaire set out in CIBSE TM5. The results, shown in Table 1, indicate differences between the data sets not exceeding 10%. This may be considered within the acceptable accuracy of the essentially field measurement methods used in this work.

Installation	Measured flux	Calculated flux
Mulberry Building 1	585	578
Mulberry Building 2	371	414
Pleasant Street School 1	569	523
Pleasant Street School 2	540	500

Table 1 Comparison of measured and calculated flux output

The techniques of flux measurement and calculation were used to investigate the relationship

of pipe efficiency and aspect ratio. The techniques of flux measurement and calculation were used to investigate the relationship of pipe efficiency and aspect ratio.

Pipe input was calculated as a function of external horizontal illuminance and pipe cross-section area. Pipe output was either measured (Mulberry and Pleasant Street) or calculated as described above. Note that data for three cases was taken from Reference 3. Figure 5 shows the relationship for pipes under overcast skies.

4 Discussion

Measurements of luminous intensity over a period of some 10 weeks produced a consistent pattern of distribution from a 330mm diameter pipe, under overcast and cloudy skies. The indications are that a similar distribution applies for clear sky/sun and measurement to confirm this continue. No measurements of luminous intensity have been made to date for pipes of other diameters, but since the geometry of pipe and diffuser are proportionate for other sizes produced by this manufacturer it has been assumed for subsequent work in this paper that the same distribution applies.

On the evidence of comparison of the two methods of determination of flux output from a pipe, the calculation method based on a value of nadir illuminance can be employed as a tool to give estimates within 10%. It can thus be used for determination of flux output for in locations where the use of the calibrated integrator apparatus is inconvenient.

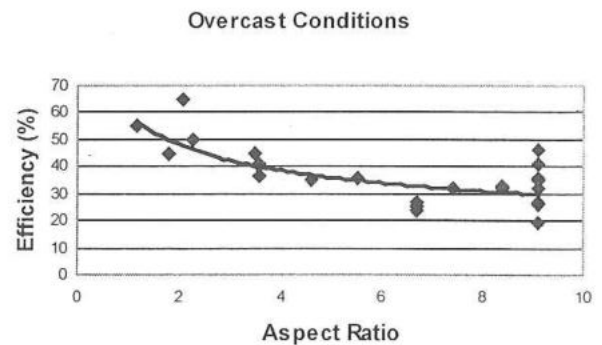


Figure 5 Graph of pipe efficiency against aspect ratio.

Figure 5 shows attenuation of light output with aspect ratio based on the results of 25 cases of 330, 450 and 530 mm diameter all lined with material with specular reflectance of 95%. The graph can be used to estimate flux output for a known pipe configuration and given sky conditions. Furthermore a combination of flux output from the pipe and its luminous intensity distribution can be used to predict illuminance values from pipe installations. Table 2 illustrates measured and calculated values of illuminance using a known flux output and the overcast sky

polar curve for a section of internal corridor at Pleasant Street School, Liverpool. The 450 mm diameter pipes are located 2.4 m above the floor and spaced centrally 7.7 m apart. The values in Table 2 are for points on the floor. The calculated values are for direct light only and hence are slightly lower than measured. Despite this the general agreement between the sets is below 10% until the distance of 2 m, and only exceeded where illuminance magnitudes are very small and difficult to quantify using field measurement techniques.

Location	Measured 1	Measured 2	Calculated 1	Calculated 2	% Error 1	% Error 2
Nadir	31.5	22.5	30.7	21.7	2.5	4.4
1 m from nadir	22.5	17.3	22.0	17.3	2.2	0.0
2 m from nadir	11.5	7.5	10.5	7.3	8.6	2.6
3 m from nadir	6.0	5.0	5.5	4.3	8.3	14.0
4 m from nadir	5.0	4.0	4.4	3.4	12.0	15.0

Table 2 Comparison of measured and calculated planar illuminance.

Note : Case 1 External illuminance = 14,000 lux. Case 2 External illuminance = 9,700 lux

The above calculation methods can form the basis of a method to predict quantitative performance in a wide range of system configurations using the main design criterion - daylight factor. For a given external illuminance and flux attenuation from Figure 5 the flux output can be estimated. This information, together with the known intensity distribution means that a pipe can be considered for calculation purposes to be a conventional luminaire.

5 Conclusions

This paper is an interim report on work in progress. Results to date suggest that passive pipe systems using existing technology have great potential as an electric light source substitute for a number of applications. The imminent arrival on the market of materials with a specular reflectance of the order of 98% offers even greater possibilities in the use of longer length passive light pipes. The work points the way toward the development of a system that will enable quantitative evaluation of proposed systems and enable answer to questions such as 'How many pipes are required to give a particular daylight factor distribution in a space? To this end the

techniques advanced in this paper will, when fully developed, be incorporated into, or used alongside, existing calculation methods for daylight factor.

6 References

1. Love J A. and Dratnal P, Photometric comparison of mirror light pipes, Unpublished report, University of Calgary, 1995
2. Harrison S J, McCurdy G G, Cooke R, Preliminary evaluation of the daylight and thermal performance of cylindrical skylights, Proc. of International Daylight Conference, Ottawa, Canada, 1998
3. Oakley G, Riffat S B, and Shao L, Daylight performance of lightpipes, Proceedings of the CIBSE National Conference, Harrogate, 159-174, 1999
4. Shao L, Elmualim A A and Yohannes I, Mirror light pipes: daylighting performance in real buildings, Lighting Research and Technology, 30 (1) 37-44, 1998

Acknowledgement

The financial and technical support of Monodraught Ltd., High Wycombe, Bucks HP12 3SE is gratefully acknowledged. The passive light pipe systems used in this work are SunPipes. The assistance of Craig Bajda in taking the measurements is acknowledged.

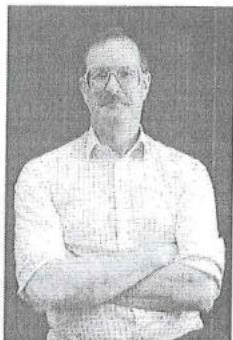
David J CARTER

MSc, PhD, CEng, FCIBSE, FILE

School of Architecture, University of Liverpool
Liverpool L69 3BX, UK

Tf.: + (44) 0151 794 2622; Fax: +(44) 0151 794 2605

E-mail: eb09@liv.ac.uk



Reader in the School of Architecture and Building Engineering at the University of Liverpool in England. He graduated from University of Manchester in Building Technology in 1970 and got his Masters degree from the same University in 1971. After working for a number of consulting engineering and

contracting companies he acquired his Doctorate from the University of Liverpool and took up a post at Liverpool. Dr. CARTER has researched a number of aspects of lighting including daylight systems, interior lighting design methods, interior lighting quality, control systems and remote source systems. He is author of over 90 technical papers. Dr. CARTER is Deputy Chairman of the CIBSE Lighting Division Technical Committee and is Chairman of CIE Technical Committee 3-31.

Intrat în redacție – 3.01.2001

TUBURI DE LUMINĂ PASIVE

Rezumat

Tuburile de lumină pasive constau din secțiunea de transport a unui tub de lumină care are la capătul superior un dispozitiv de captare a luminii naturale, iar la capătul inferior un dispozitiv de distribuție a luminii spre interior. Utilizarea mai largă a sistemelor este limitată în prezent de lipsa metodelor cantitative de proiectare, altele decât cele bazate pe date empirice. Această lucrare prezintă rezultatele preliminare privind fluxul luminos și distribuția intensității luminoase pentru diferite configurații ale tuburilor pasive de lumină solară, bazate pe măsurători efectuate în laborator și pe teren. Pe lângă indicarea performanțelor cantitative ale tuburilor pasive de lumină, analiza rezultatelor propune calea de urmat pentru predicția performanțelor unei game largi de configurații ale sistemului.

1 Introducere

În ultimii ani s-au întreprins cercetări considerabile asupra tuburilor de lumină, ca dispozitive de transport sau emițătoare de lumină în spații interioare. Majoritatea sistemelor în uz utilizează lămpi electrice sau dispozitive de captare a lumii solare ca surse luminoase și, deci, se bazează pe un echipament costisitor pentru a capta, transporta și distribui lumina. Cercetările recente s-au focalizat pe tuburile pasive de lumină, ca mijloace de iluminat interior. Pentru a transporta și distribui lumina, aceste dispozitive funcționează conform principiilor sistemelor solare sau electrice, dar, datorită simplității lor, sunt mai ieftin de construit și întreținut.

Tuburile pasive constau, în principal, dintr-o parte verticală de tub de transport a luminii și sunt prevăzute la capătul superior cu un dispozitiv de captare a luminii naturale care previne infiltrarea vântului și ploii, iar la capătul inferior cu un dispozitiv de distribuție a luminii în interior. Capătul superior al tubului poate fi orizontal sau înclinat la un anumit unghi față de axa tubului. Tubul poate fi căptușit cu un material argintat puternic reflectant, dar nu conține lentile sau alte mijloace de redirecționare a luminii. Pentru a transmite lumina, peretele interior al tubului asigură o reflexie multiplă a acesteia. În general, transmiterea luminii este funcție de reflectanța suprafeței, unghiurile de intrare a luminii incidente și de proporțiile tubului în sensul raportului dintre lungime și suprafața secțiunii transversale. Dacă calea luminii este lungă în comparație cu lungimea axială, numărul reflexiilor este mai mare și deci pierderile de lumină depind într-o mare măsură de reflectanța materialului peretelui. Pentru a minimaliza numărul reflexiilor, lumina trebuie să pătrundă în tub cât mai aproape de fluxul axial.

Pe piață sunt disponibile câteva sisteme de tuburi pasive. Acestea conțin o boltă (calotă) policarbonată transparentă, tuburi rigide sau flexibile căptușite cu material reflector și un dispozitiv reflector de lumină confecționat din material opal sau prismatic. Tuburile rigide pot fi prevăzute cu curburi. Se pot modifica sistemele de bază prin îndoirea capătului

superior al tubului cu un unghi oblic și înclinarea acestuia spre ecuator. Această "lingură de lumină (light scoop)" are ca efect creșterea fluxului luminos al tubului cu un factor de până la doi în cazul unui cer senin cu soare și un efect negativ în condiții de cer acoperit.

Studiile privind sistemele de tuburi pasive au oferit date empirice de performanță pentru cazuri particulare de configurare a sistemului și în condiții locale de lumină naturală, aceste date putând fi aplicate pentru proiectarea unor sisteme similare. Toate studiile indică că sistemele de tuburi pasive au un potențial considerabil ca sursă primară de lumină pentru unele tipuri de spații interioare.

Această lucrare prezintă rezultatele preliminare ale fluxului luminos și distribuției intensității luminoase pentru diferite configurații ale tuburilor pasive de lumină solară, bazate pe măsurători efectuate în laborator și pe teren. Pe lângă indicarea performanțelor cantitative ale tuburilor pasive de lumină, analiza rezultatelor propune calea de urmat pentru predicția performanțelor unei game largi de configurații ale sistemului.

2 Tuburi pasive de lumină ca alternativă a iluminatului

S-au întreprins o serie de investigații privind performanțele tuburilor pasive de lumină. Love și alții [1] a comparat secțiunile de transport ale unui număr de tuburi de lumină cu oglindă disponibile pe piață. S-au utilizat tuburi de fixare deasupra unei camere cu integrare și s-a măsurat simultan iluminarea în integrator și iluminarea exterioară, permițând astfel determinarea funcției de transfer a diferitelor combinații de tuburi curbe și drepte. Harrison și alții [2] a măsurat simultan iluminarea nadir și iluminarea exterioară de la un singur tub în condiții de laborator. Rezultatele au indicat că factorul de lumină naturală nadir (raportul iluminare interioară/exterioară) se încadrează între 0,5% în condiții de cer acoperit și 0,2% pentru cer senin. S-au măsurat date privind planul de lucru și/sau simultan iluminarea nadir și cea exterioară pentru instalații existente [3]. Un studiu suplimentar a sugerat că factorii lumină naturală până la 1,0% pot fi obținuți pentru

tuburi cu formatul imaginii (raportul între lățimea și înălțimea imaginii) mai mic de șase [4].

Din literatură este evident că s-au stabilit informațiile de bază privind proprietățile de transmitere a luminii ale tuburilor cu diferite configurații și date privind valorile iluminării plane în diferite circumstanțe. Informațiile de transmitere a tuburilor fac posibilă estimarea fluxului luminos în condiții meteorologice date și aceasta, împreună cu diferite valori măsurate ale iluminării pe planul de lucru și nadir, poate servi ca regulă de bază în proiectare. Aceasta nu rezolvă însă problema predicției performanțelor instalațiilor care nu seamănă cu cele măsurate.

3 Investigații experimentale

Lucrarea a studiat fluxului luminos emis, distribuția intensității luminoase și distribuția iluminării pentru un număr de configurații ale tuburilor pasive de lumină solară, pe baza măsurătorilor combinate efectuate în laborator și pe teren.

3.1 Echipament

S-a proiectat un aparat caracterizat de lungimea optică de un metru pentru a măsura intensitatea luminoasă în planul γ pentru cadranul $0^\circ - 90^\circ$. Aparatul a fost instalat sub o tub cu diametrul de 330 mm pe acoperișul clădirii Mulberry a Universității din Liverpool (vezi figura 1). Datorită restricțiilor impuse de spațiu, aparatul poate fi utilizat doar pentru tuburi cu lungimi de 610 și 1220 mm și pentru măsurători în două planuri $C - 0^\circ$ și 30° . Lumina a fost măsurată utilizând fotocelule calibrate conectate la o datalogger care înregistrează simultan și iluminarea exterioară. Suprafața de măsură a fost camuflată ca o cutie neagră, astfel încât să prevină penetrarea luminii difuze care ar afecta citirile celulei.

Fluxul luminos emis de tuburi a fost măsurat utilizând o cutie cubică care a aproximat caracteristicile unui fotometru integrator. Cutia este formată dintr-o epruvetă cubică din placă dură din fibră cu lungimea de 0,8 m, cu îmbinări interioare etanșate și acoperită în interior cu vopsea albă mată. S-au construit trei calote separate pentru cutie, cu găuri de diferite mărimi în centru pentru a

realiza trei dimensiuni diferite ale tubului. S-a utilizat o fotocelulă montată central pe o buclă de 20 cm cu fața spre baza cutiei pentru a măsura iluminarea în timp ce funcționează ca propriul deflector pentru lumina direct de la sursă. Cutia a fost calibrată în laboratoarele unui fabricant important de lămpi, utilizând lămpi cu flux luminos cunoscut pentru fiecare dintre calote. Integratorul este prezentat în figura 2.

Datele privind iluminarea nadir și fluxul luminos au fost colectate de la 11 configurații de tuburi montate pe o baracă de 2 m x 1,5 m, care a fost căptușită cu placă pentru a preveni penetrarea luminii în suprafața testată și vopsită negru mat (vezi figura 3). Tuburile au fost instalate la nivelul acoperișului, la 1600 m distanță de sol, nivel la care au fost efectuate măsurătorile. Au fost atârinate draperii negre mate pentru a separa fiecare tub și pentru a preveni contribuția acestora la măsurările din suprafețe adiacente, permițând astfel măsurarea componentei directe a iluminării nadir. S-a mai utilizat și camuflarea oricărei suprafețe pentru a înregistra date din combinații de tuburi. Toate tuburile aveau lungimea de 610 mm cu următoarele diametre: 200 mm, 330 mm, 450 mm și 530 mm.

3.2 Rezultate

Aparatul descris mai sus a fost utilizat pentru a măsura intensitatea luminoasă pentru două tuburi cu diametru de 330 mm și lungimi 610 și 1220 mm, echipate fiecare cu reflector opal. Citirile au fost efectuate (discontinuu) în perioada Septembrie 1999 - Noiembrie 1999 cu aparatul aliniat la sud ($C = 0^\circ$). Pe perioada lunii Decembrie 1999 aparatul a fost poziționat pentru $C = 30^\circ$ (aproximativ SSE). În această perioadă vremea a fost predominant cu cer acoperit sau noros, iluminarea orizontală exterioară depășind 25.000 lux pentru numai 10% din citiri. Utilizând software pentru analizarea informațiilor cuprinse în tabele, s-a făcut media valorilor citirilor pentru planul γ în condiții de cer acoperit și noros și au fost reprezentate grafic pe aceeași scară. Curba polară rezultată, prezentată în figura 4 se aplică tuburilor cu cele două lungimi. Se obțin rezultate similare aplicând aceeași metodă pentru

datele din cazul orientării la 30° . Analiza preliminară a câtorva determinări pentru cer senin și cu soare au indicat că a rezultat o curbă polară foarte asemănătoare, dar colectarea acestor date continuă.

Aparatul integrator a fost utilizat pentru a măsura fluxul luminos la ieșirea din tub pentru două instalații: Mulberry Building și Pleasant Street School din Liverpool. De asemenea, s-a măsurat iluminarea nadir pe o distanță verticală mai mare de 5 ori diametrul emițătorului. Aceasta s-a utilizat pentru calculul intensității luminoase nadir. Fluxul luminos total a fost calculat utilizând metoda bazată pe factorii zonali pentru un corp de iluminat simetric stabilit în CIBSE TM5. Rezultatele prezentate în Tabelul 1 arată că diferențele dintre date nu depășesc 10%. Aceasta poate fi considerată în limitele acceptabile de acuratețe a metodelor esențiale de măsurare ale câmpului utilizate în această lucrare.

Metodele de calcul și de măsurare a fluxului au fost utilizate pentru a defini relația dintre eficiența tubului și formatul imaginii. Intrarea (input) a fost calculată ca o funcție de iluminarea orizontală exterioară și suprafața secțiunii transversale a tuburii. Ieșirea (output) a fost fie măsurată (Mulberry and Pleasant Street), fie sau calculată așa cum s-a descris mai sus. Datele pentru trei cazuri au fost luate din Referința 3. Figura 5 prezintă corelațiile pentru tuburi în condiții de cer acoperit.

4 Discuții

Măsurările intensității luminoase pe o perioadă de 10 săptămâni au alcătuit un model consistent de distribuție pentru o tub cu diametru de 330 mm în condiții de cer acoperit și noros. Se arată că o distribuție similară se aplică și în condiții de cer senin și însorit, măsurarea pentru a confirma aceasta continuând. Nu s-a efectuat nici o măsurare a intensității luminoase pentru tuburi cu alte diametre, dar dacă geometria tubului și a reflectorului sunt proporționale pentru alte dimensiuni produse de același producător, în această lucrare s-a presupus că se aplică aceeași distribuție.

În vederea comparației celor două metode de determinare a fluxului luminos emis de tub, metoda de calcul bazată pe valoarea iluminării nadir poate fi utilizată ca instrument pentru a oferi estimări de 10%. Astfel, aceasta se poate utiliza pentru determinarea fluxului luminos în spațiile unde utilizarea integratorului calibrat este incomodă.

Figura 5 prezintă atenuarea fluxului luminos funcție de formatul imaginii pe baza rezultatelor obținute de la 25 de tuburi cu diametre de 330, 450 și 530 mm, toate căptușite cu material cu un grad de reflexie regulată de 95%. Graficul poate fi utilizat pentru a estima fluxul luminos pentru o configurație cunoscută a tubului în condiții meteo date. Mai mult, o combinație între fluxul luminos al tubului și distribuția intensității luminoase poate fi utilizată pentru a prezice valorile iluminării de la o rețea de tuburi. Tabelul 2 ilustrează valorile iluminării măsurate și calculate utilizând un flux luminos cunoscut și o curbă polară în condiții de cer acoperit pentru o secțiune a coridorului interior de la Pleasant Street School din Liverpool. Tuburile cu diametrul de 450 mm sunt amplasate la o distanță de 2,4 m de la sol și spațiate central la distanța de 7,7 m una de alta. Valorile din tabelul 2 sunt punctele de pe sol. Valorile calculate sunt numai pentru lumina directă și sunt cu ceva mai mici decât cele măsurate. În ciuda acestui fapt, concordanța generală între seturi este sub 10% până la distanța de 2 m și depășită acolo unde mărimea iluminării este foarte mică și dificil de măsurat folosind tehnici de măsurare de câmp.

Metoda de calcul de mai sus poate forma baza unei metode de prezicere a performanței cantitative pentru o gamă mare de configurații ale sistemului, utilizând criteriul principal de proiectare – factorul de lumină naturală. Pentru o iluminare exterioară și o atenuare de flux date din figura 5 se poate estima fluxul luminos. Această informație împreună cu distribuția cunoscută a intensității conduce la ideea că, pentru calcule, un tub poate fi considerat ca fiind un corp de iluminat convențional.

5 Concluzii

Această lucrare este un raport interimar al unei cercetări în derulare. Rezultatele sugerează că sistemele de tuburi pasive utilizând tehnologia existentă prezintă un potențial ridicat ca un substitut al surselor electrice de lumină pentru un număr de aplicații. Intrarea pe piață a materialelor cu grad de reflexie regulată de 98% oferă posibilități mai mari de utilizare a tuburilor de lumină pasive cu lungimi mai mari. Lucrarea arată calea spre dezvoltarea unui sistem care va permite evaluarea cantitativă a sistemelor propuse și va oferi răspunsul la întrebare cum ar fi "Câte tuburi sunt necesare pentru a obține o distribuție particulară a factorului de lumină naturală într-un spațiu?" Metodele relatate în această lucrare, atunci când vor fi complet dezvoltate, vor fi încorporate sau utilizate alături de metodele existente de calcul a factorului de lumină naturală.

INTEGRAREA SISTEMULUI DE ILUMINAT IN SISTEMUL TEHNIC COMPLEX AL CLADIRII INTELIGENTE

Cătălin Daniel GĂLĂȚANU
Universitatea Tehnică „Gh.Asachi” Iasi

Rezumat

Clădirea inteligentă se impune din ce în ce mai mult ca un standard de sine stătător, impus dispozitivelor și sistemelor automate care conlucrează pentru obținerea acestui atribut. Elementul caracteristic pentru noile generații de echipamente constă în automatul programabil. Pentru a putea fi integrat în mod real în structuri de management energetic care înglobează și sistemele de iluminat, aceste automate programabile trebuie să ajungă la performanțe care trebuie să le facă disponibile pe scară largă. Aceste performanțe se referă în primul rând la gabarit și preț de cost. După depășirea acestor bariere, integrarea acestor dispozitive poate schimba efectiv configurația schemelor electrice ale clădirilor.

1 Conceptul de clădire inteligentă

Atribuirea unei clădiri a calității de *inteligentă* încă nu este acceptată fără comentarii. Însă, în prezent, conceptul este din ce în ce mai utilizat, chiar dacă este descris prin definiții diverse. Una dintre cele mai cuprinzătoare definiții este cea a Institutului pentru Clădiri Inteligente (IBI) din Washington DC, SUA :

O clădire inteligentă este aceea care optimizează costurile de construire simultan cu impact minim asupra mediului, prin optimizarea celor patru elemente constitutive

- structură,
- sisteme,
- servicii,
- administrare,

precum și a interacțiunii dintre ele.

O clădire inteligentă ajută proprietarii, administratorii și ocupanții să-și realizeze obiectivele în privința costurilor, coabitării, siguranței, flexibilității pe termen lung, vandabilității.

Pentru a căpăta aceste valențe, pe lângă alte transformări de concepție, clădirea va fi echipată și cu instalații noi, în special din categoria sistemelor de comunicație. Aceste sisteme vor integra o familie nouă de dispozitive, care se bucură și ele de atributul de "INTELIGENTE". Aceste dispozitive fac parte din familia automatelor programabile. Costul acestora este în continuă și spectaculoasă scădere, astfel încât ele tind să devină, așa cum se încearcă să se demonstreze și în această lucrare, un nou ocupant al clădirii: DOMOTICA.

2 Arhitectura sistemelor automate pentru comanda iluminatului

Consecința principală a introducerii managementului energetic este integrarea sistemului de iluminat în sistemul complex al tuturor instalațiilor clădirilor. Implicațiile sunt atât de natură tehnică - în privința sistemului de automatizare - cât și informațională, complexitatea întregului sistem crescând spectaculos.

Arhitecturile utilizate pentru controlul iluminării includ:

- comenzi manuale;
- sisteme de control după program;
- sisteme de control centralizat;
- sisteme distribuite.

Comenzile manuale nu pot fi înlocuite de nici un sistem de automatizare, oricât de sofisticat ar fi. Ele trebuie menținute pentru a menține caracteristica "prietenosă" a ambientului, pentru că alfel apare sentimentul că omul este prizonierul mediului în care se află. Comanda manuală se realizează cu comutatoare și întreruptoare locale, de perete sau telecomenzi cu raze infraroșii.

Sistemele de control după program permit comanda simultan a mai multor

circuite de iluminat. Se pot folosi în spații multifuncționale (săli de conferință, amfiteatre).

Sistemele de control centralizat sunt mai performante, dispunând de un panou central de reglaj. Stațiile de control pot include procesoare și mai multe sisteme de control prestabilit sau manual. Aceste sisteme pot integra senzori de mișcare sau/și celule fotoelectrice putând fi conectate la un computer central. Unele sisteme permit controlul de la distanță (cu telecomandă) și pot fi conectate la sisteme audiovizuale.

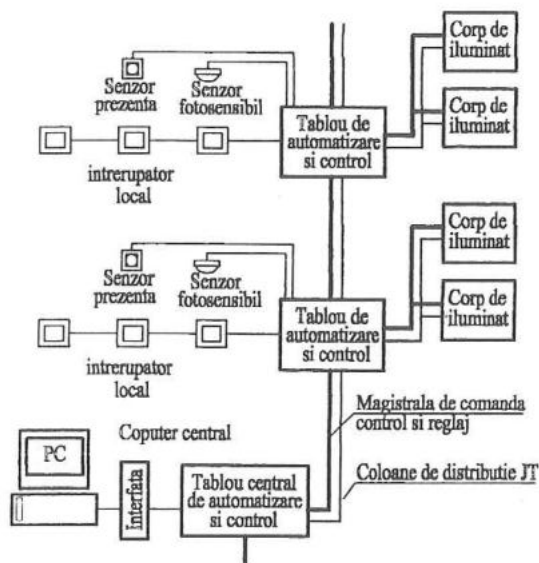


Figura 1 Schema unui sistem automat centralizat

În cazul spațiilor cu funcțiuni multiple (săli de conferință), pupitrul central permite corelarea controlului asupra unor multiple sisteme de iluminat.

Elementele componente ale unui sistem de control centralizat al luminii este prezentat în figura 1. Elementul principal este computerul central, conectat la un tablou central de distribuție și control prin intermediul unui modul de interfață. Computerul central procesează datele de intrare, determinând modificările cerute și inițiază acțiunea de executare a modificărilor. Computerul răspunde la un număr de condiții complexe de iluminat în spațiu, colectează date cu privire la putere și folosirea energiei, realizează rapoarte de administrare a energiei pe întreaga clădire, permite în orice moment monitorizarea stării sistemelor de iluminat ale tuturor încăperilor din clădire. Computerul primește date de la celulele fotoelectrice și senzorii de prezență conectați în sistem, procesează datele primite pe baza unui program

prestabilit și inițializează modificările necesare în sistem. Comenzile de comutare sau reglaj elaborate de computer sunt transmise la tablourile de automatizare și control secundare prin magistrala de date. Aceste tablouri comandă efectiv corpurile de iluminat din încăperi în funcție de posibilitățile lor reale de a răspunde. Astfel, corpurile de iluminat trebuie echipate cu lămpi cu descarcări care trebuie să dispună de balasturi electronice pentru a permite reglajul fin al fluxului luminos în funcție de comenzile primite.

Dezavantajele acestui sistem sunt generate de complexitatea lui deosebită, dată de tabloul de automatizare și control, care concentrează elementele de execuție (în sens general). Sistemul de automatizare rezultat are o topologie radială, cu circuite și conexiuni concentrate într-un singur punct. Rezultă că se ajunge la o rapidă saturare a computerului central în privința controlului în timp real al sistemului automatizat. Acest sistem nu mai este dezvoltat în prezent, implicațiile în privința fiabilității și mentenabilității determinând înlocuirea lui cu un alt tip de sistem, diferit conceptual, și anume sistemul distribuit.

Sistemele distribuite reprezintă cea mai evoluată concepție, permițând o reală implementare a principiilor managementului energetic. Elementul definitor este dispozitivul de automatizare inteligent, bazat pe microprocesor. Chiar dacă aceste tipuri de circuite electronice sunt cunoscute de multă vreme, evoluția lor este în continuare exponențială. Evoluează atât nivelul de integrare și deci al funcțiilor preluate pe un singur cip, dar și prețul lor scade în continuare. Acest aspect a permis utilizarea microcontrolerelor într-o proporție pe care o putem deja denumi "de masă". Datorită microcontrolerelor în jurul cărora se pot construi micro sisteme autonome la prețuri foarte coborâte, cu mare imunitate la zgomote, configurația sistemelor automate se modifică (fig. 2). Elementul principal devine dispozitivul inteligent, integrat în construcția oricărui element al instalațiilor supuse managementului energetic. Pe lângă funcția de automat programabil (funcționând după strategii mai mult sau mai puțin complexe) orientat către obiectul automatizat, microcontrolerul preia și rolul informațional, el integrându-se prin intermediul unei magistrale de câmp într-un sistem complex,

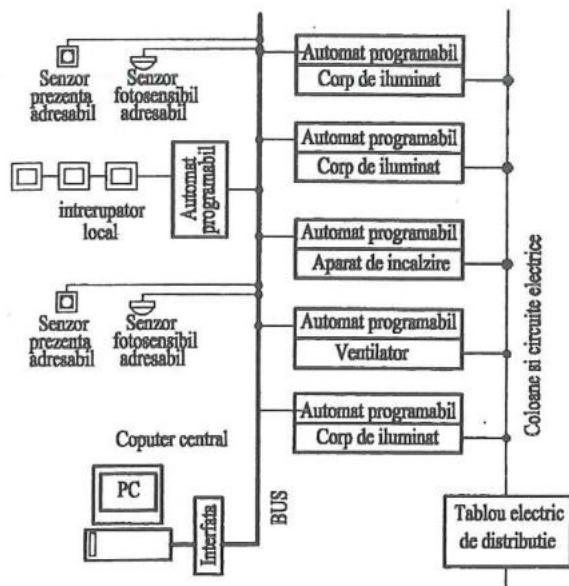


Figura 2 Schema unui sistem automat distribuit

În care computerul central este astfel degrevat de problemele de comandă și reglare locală.

O astfel de configurație a sistemului de automatizare integrează nu numai sistemul de iluminat, ci și celelalte sisteme ale clădirii: sistemul de control al accesului în clădire, sistemul de pază împotriva efracției, semnalizarea incendiilor, sistemele de încălzire, condiționare etc.

Creșterea complexității sistemului de automatizare atât din punct de vedere calitativ dar și cantitativ (prin interconectarea sistemului de iluminat cu celelalte sisteme) determină manifestarea unor proprietăți specifice sistemelor mari. Implicațiile sunt importante, deoarece proprietăți esențiale, cum sunt *controlabilitatea sau observabilitatea* nu sunt garantate constructiv în aceste situații, rezultatul obținut pe ansamblu fiind incert.

3 Dispozitive automate inteligente

Domotizarea este un domeniu care se individualizează prin contradicția următoare: deși are un profil de specializare înaltă, rezervat pe partea de concepție automatiștilor și electroniștilor, implementarea se realizează prin intermediul inginerilor de instalații, al căror profil profesional este orientat însă predominant spre clădire. Această contradicție se rezolvă dacă se va îmbogăți specializarea inginerilor de instalații, transformându-i în posibili utilizatori ai tehnologiei specifice

domoticii. Prin activitatea didactică - universitară, autorul urmărește pregătirea viitorilor specialiști în instalații, aplicând metoda "cutiei negre" în lucrul cu dispozitivele domotice. Acest lucru se realizează numai dacă se pune la punct un sistem complet, bazat pe "butoane" și comenzi clare, care să poată face un specialist cu pregătire largă să poată stăpâni aceste dispozitive.

Atributul inteligenței îl aduce automatul programabil, care poate deservi cele mai diverse utilități, cu cele mai flexibile strategii de conducere. Baza automatului programabil este microprocesorul, cu subclasa orientată pe aplicații industriale - microcontrolerul.

Există disponibile în prezent automate programabile industriale, dar prețul lor, precum și faptul că nici un furnizor nu manifestă transparență totală pentru produsul său, a determinat autorul să procedeze la dezvoltarea unor astfel de automate programabile. Realizate în jurul unor microcontrolere al căror preț a ajuns comparabil cu cel al circuitelor integrate uzuale și având acces la toate resursele fizice, cu suportul software minim obligatoriu, aceste automate programabile constituie un instrument de lucru elegant, putând prelua sarcini specifice oricărei probleme de domotizare.

Pentru aplicații dedicate sistemelor de iluminat, dar cu mari resurse și pentru alte categorii de instalații, a fost utilizat microcontrolerul 80C32.

4 Microcontrolerul 80C32

80C32 este un microcontroler pe 8 biți ce face parte din familia MCS51. El conține:

- o unitate centrală de procesare pe 8 biți optimizată pentru controlul aplicațiilor;
- spațiu de adresare pentru memoria program de 64Ko;
- spațiu de adresare pentru memoria de date de 64Ko;
- 256 octeți de RAM;
- 32 de linii I/O adresabile bidirecțional și individual;
- trei timere / numărătoare pe 16 biți;
- UART full duplex;
- 8 surse/6 vectori de întrerupere cu două nivele de priorități
- oscilator încorporat.

Structura de bază pentru 80C32 este arătată în figura 3.

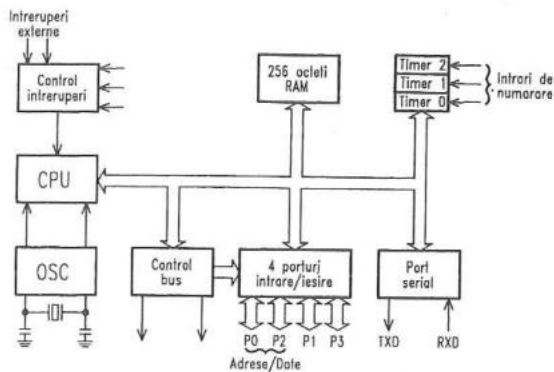


Figura 3 Schema bloc a microcontrolerului 80C32

Memoria program poate fi numai citită, CPU accesând-o cu ajutorul semnalului /PSEN. Aceasta conține codul binar al instrucțiunilor ce vor fi executate de către CPU. După resetarea microcontrolerului CPU începe execuția de la locația 0000H. Fiecare întrerupere are asignată o locație fixă în memoria program. Întreruperile determină CPU să execute un salt la locația care este asignată pentru execuția rutinii de tratare a întreruperii. Pentru execuția programului, portul P0 este utilizat ca bus de adrese și de date. Cu ajutorul semnalului ALE se reține partea low a adreselor emisă de P0 într-un latch. În același timp, portul P2 emite partea high a adreselor. Semnalul /PSEN strobează memoria program externă iar codul astfel obținut este citit și executat de către microcontroler.

Memoria de date poate fi internă sau externă. Memoria de date internă este mapată ca în figura 4. Acest spațiu de memorie este divizat în trei blocuri, care sunt referite ca partea low de 128, partea high de 128 și spațiul SFR. Partea low de 128 cuprinde 4 bancuri de câte 8 registre selectabile prin program, 16 octeți ce formează spațiul de memorie adresabil pe bit. Spațiul de memorie adresabil pe bit mai cuprinde încă 16 octeți aflați în zona SFR. Partea low de 128 poate fi accesată direct sau indirect. Partea high de 128 poate fi accesată numai indirect. Zona SFR este adresabilă numai direct și cuprinde porturile I/O, timerele, diverse registre de control a perifericelor etc. Memoria de date externă poate fi de maxim 64Ko. CPU generează semnalele /RD și /WR pentru a accesa memoria de date externă în citire sau scriere. Memoria de date externă poate fi accesată și ca memorie program dacă citirea memoriei se realizează cu ajutorul unui

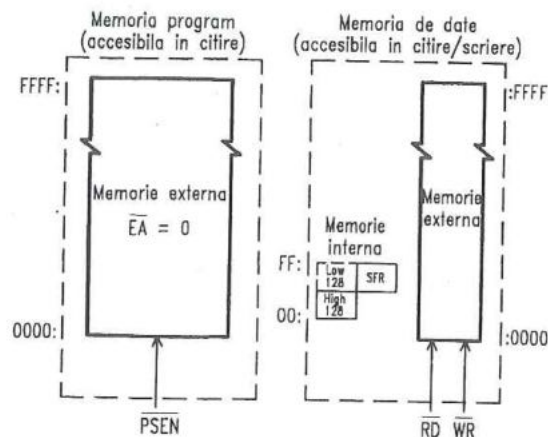


Figura 4 Schema accesării memoriei la 80C32

semnal obținut prin sumarea logică a semnalelor /PSEN și /RD.

Setul de instrucțiuni este optimizat pentru aplicații pe 8 biți. Este prevăzut cu diverse moduri de accesare a RAM-ului intern pentru a facilita operațiile cu zone de date mici. Setul de instrucțiuni mai cuprinde posibilitatea de a prelua variabile pe un bit ca tip de date separat, permițând manipularea direct pe bit a sistemelor de logică și control ce necesită procesare booleană. Toate aceste resurse nu limitează dezvoltarea de aplicații orientate spre comanda sistemelor de iluminat, costurile menținându-se acceptabile.

5 Integrarea sistemului de comandă a iluminatului cu celelalte sisteme ale clădirii inteligente

Pentru ilustrarea implicațiilor care se manifestă datorită interacțiunii sistemului de iluminat cu celelalte sisteme ale clădirii inteligente, se prezintă în figura 5 situația tipică corespunzătoare domoticii hoteliere. În această situație se remarcă faptul că sistemul de iluminat este strâns dependent de celelalte funcțiuni automate, prioritate maximă fiind acordată sistemului de control al accesului și celelalte funcțiuni.

Se poate observa rolul de concentrator local pe care îl preia automatul programabil, el trebuind să preia toate sarcinile tehnice corespunzătoare unui management energetic optim al încăperii.

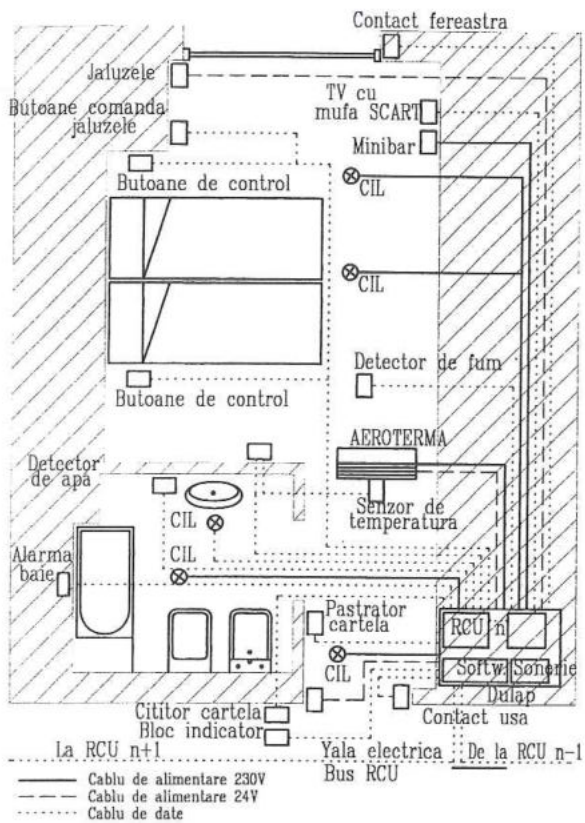


Figura 5 Schema tipică de domotică hotelieră

În funcție de sistemul de control al accesului, realizat prin intermediul cartelelor magnetice individualizate (personal de întreținere, administrație, client) se vor valida toate celelalte funcțiuni: încălzire și iluminat, consum apă, ventilație.

Schema care se impune în această situație este cea indicată în figura 2, în care automatul programabil este un nod al sistemului, toate ieșirile și intrările fiind ordonate în mod radial. Cerințele de ordin tehnic care decurg din această configurație se răsfrâng asupra automatului programabil în ceea ce privește ieșirile, care trebuie să poată comanda în mod individual un număr relativ mare de receptoare.

Intrările sunt digitale, fiind preluate de la butoane, traductori sau regulatoare de tip bipozițional

În figura 6 se prezintă schema electrică a automatului programabil dezvoltat de autor, cu detalierea blocului de ieșire tipic, care utilizează ca element de execuție triace de putere corespunzătoare, decuplate galvanic prin intermediul unor optocuplatoare.

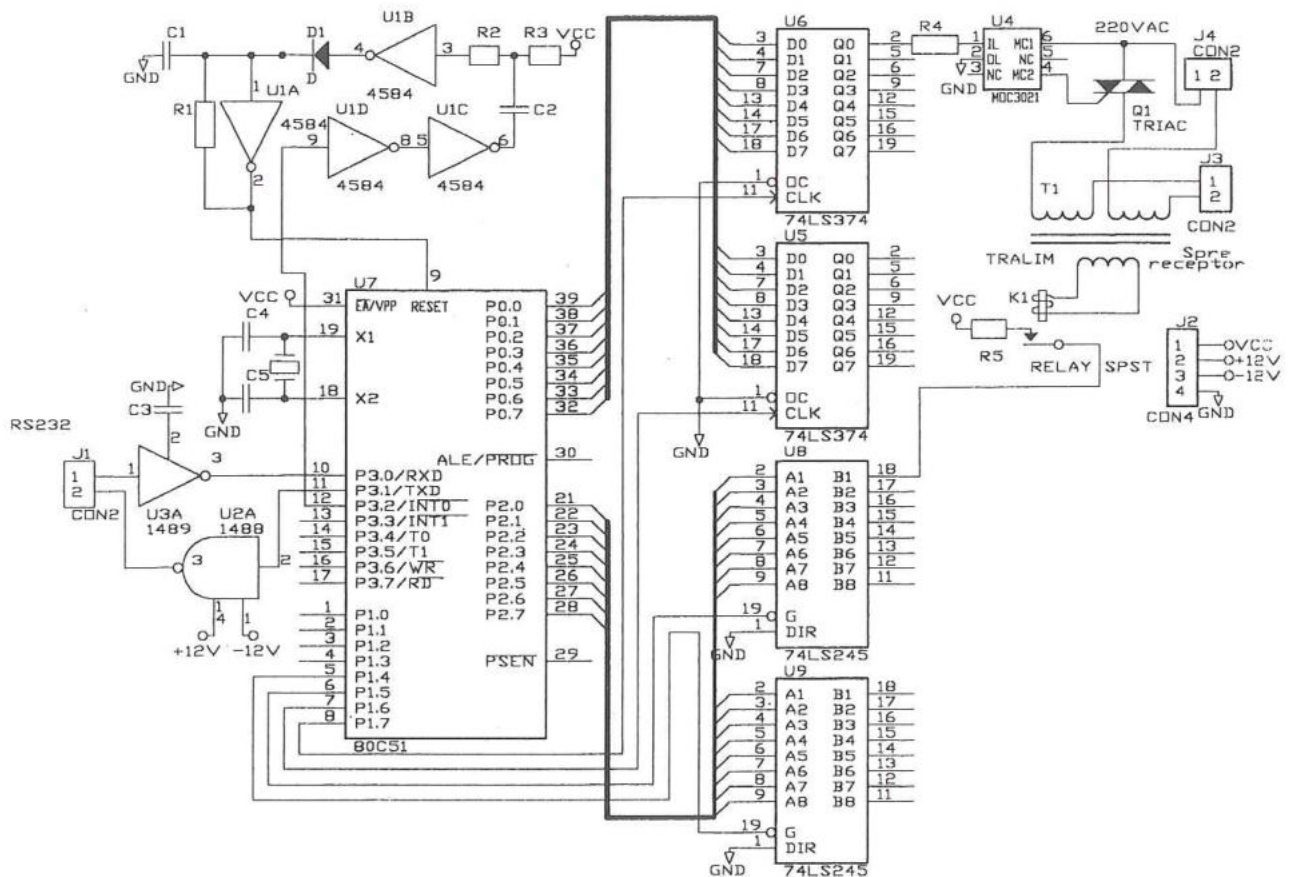


Figura 6 Schema automatului programabil

6 Probleme ale implementării automatului programabil

Schema adoptată se remarcă prin compactitate și simplitate, datorită faptului că microcontrolerul necesită puține circuite auxiliare. Se utilizează sistemul de watch-dog, obținut cu porțile circuitului U1. Acest sistem, este obligatoriu pentru astfel de aplicații, mai ales că măsurile de protecție și ecranare electrică sunt minime.

Pentru comunicația serială se utilizează standardul RS232, însă pentru utilizarea efectivă, și la distanțele reale din clădiri, este obligatoriu standardul industrial pentru comunicație serială RS485.

Pentru memoria program se utilizează EEPROM-ul intern de 4k octeți, suficient pentru aplicațiile de acest nivel de complexitate.

Circuitele de ieșire sunt realizate cu triace comandate prin optocuploare (MC3021, care conțin la rândul lor triace). S-a optat pentru această soluție datorită compactității ei, însă performanțele obținute sunt modeste, comutația introducând armonici peste nivelul acceptabil.

În schemă se indică utilizarea protecției diferențiale la curenți de defect, înglobarea acestei protecții completând utilitatea dispozitivului. Construcția transformatorului diferențial aferent este rezervată însă unui număr redus de furnizori.

6 Concluzii

Lucrarea prezintă realizarea unui automat programabil minimal, orientat pe domotica hotelieră, dar care permite demonstrarea modului în care comanda sistemului de iluminat se integrează în automatizarea clădirilor inteligente. Soluția propusă se supune unor exigențe economice deosebite, obiectivul final fiind automatul programabil al cărui preț să coboare sub 100 USD, pentru a putea asista apoi la implementarea pe scara largă a acestora.

8 Bibliografie

1. Marinescu B., Managementul sistemelor de iluminat integrate, Revista Ingineria Iluminatului 5-2000. p. 57-62
2. Bianchi C., Mira N. ș.a., Sisteme de iluminat interior și exterior, Editura MATRIX, București
3. *** DL137/D, Thyristor Device Data, Rev 7, Aug. 2000
4. *** Motorola, FAST and LS TTL Data, 1992
5. *** ATMEL – 8 bit Microcontroller with 4K Bytes Flash, Rev. 0265G-02/00

LIGHTING SYSTEMS INTEGRATION FOR INTELIGENT BUILDINGS

Abstract

This paper present a programmable controller, developed with 80C32 and oriented for lighting systems. Connections and implication of this type of controller implementation are presented, in connection with the hotel domotics. The practical acceptable solution are finally analyzed from the economical point of view.

Cătălin Daniel GĂLĂȚANU

Dr. Conferențiar
Universitatea Tehnică "Gh. Asachi"
Str. Lascăr Catargi Nr.38, 6600-Iași
Fax: 032 214872
e-Mail: cgalatan@ce.tuiasi.ro



Absolvent (1987) al Facultatii de Electrotehnica. Titular al disciplinelor Automatizări în instalații, Măsurări în instalații și Proiectare asistată de calculator în cadrul Catedrei de Instalații pentru Construcții. A îmbunătățit formalismul reflexiei multiple, propunând renunțarea la factorii de formă. Este autorul a trei monografii și manuale, trei brevete de invenție, peste 50 lucrări științifice. Direcții de cercetare: Proiectare asistată de calculator, prin modelarea și simularea proceselor în MATLAB. Membru CNRI, Co-Director al CT8, Tehnologia Imaginii.

Intrat în redacție – 5.02.2001

INSTRUMENTAȚIE VIRTUALĂ PENTRU UN SISTEM DE SUPRAVEGHERE ȘI CONTROL AL ILUMINATULUI

Horățiu Ștefan GRIF^{*}, Adrian GLIGOR^{*}, Florin POP^{**}

^{*} Universitatea "Petru Maior" din Tg. Mureș

^{**} Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Rezumat

Lucrarea de față prezintă un sistem hibrid: de securitate și de control al iluminatului conceput să asigure atât paza împotriva efracției a unui obiectiv (birouri, spații comerciale, depozite etc.) cât și controlul automat al instalațiilor de iluminat, pentru realizarea unei ambianțe cât mai confortabile cu consumuri energetice minime.

Introducere

Pentru implementarea unui sistem mixt antiefracție/control iluminat se utilizează un

microcontroler (Philips 80C552) având funcția de centrală de antiefracție; utilizând elementele sistemului de antiefracție se obține și controlul iluminatului. Dispozitivele distribuite în teren pot fi supervizate de un PC pe care rulează o aplicație de instrumentație virtuală, în cazul prezentei lucrării, o aplicație LabWindows/CVI pentru sistemul de operare Windows. De la calculatorul supervisor se pot controla toate spațiile avute în vedere, activând iluminatul fie global - pe întreaga clădire sau zonă - fie doar pe anumite spații.

Schema bloc a sistemului este prezentată în figura 1.

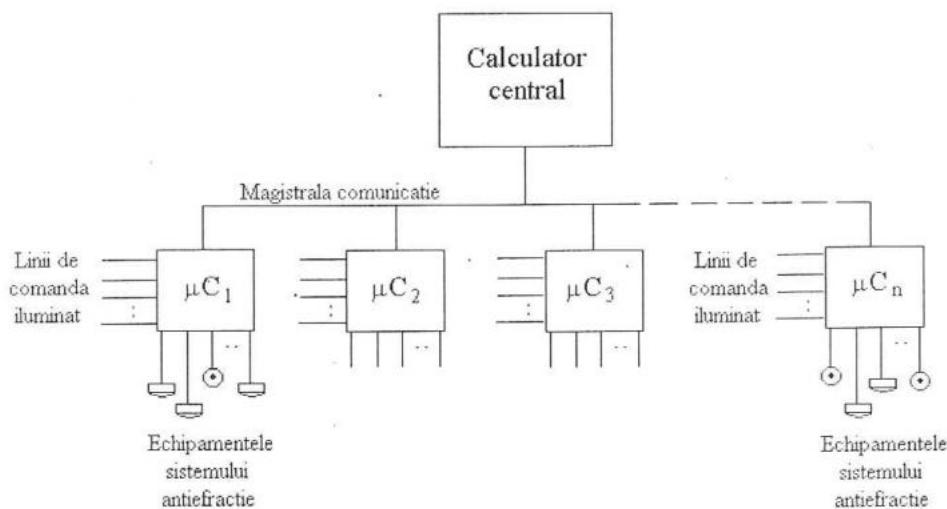


Figura 1 Schema bloc a sistemului mixt antiefracție/control iluminat
 $\mu C_1 \dots \mu C_n$ - microcontrolere (Philips 80C552)

Dispozitivele sistemului de comanda distribuit (microcontrolere Philips 80C552), în funcție de condițiile de iluminat naturale, sesizate de celule fotoelectrice și de prezența umană, sesizată de senzorii de prezență ai sistemului de securitate, comandă diferitele elemente de execuție ale sistemului (întreruptoare, diminuatoare de flux luminos).

Calculatorul central cu rol de coordonator al întregului sistem este un calculator PC pe care rulează o aplicație Windows, a cărei posibilă interfață bazată pe control vizual (fig. 2) permite operatorului să controleze diferite funcțiuni ale sistemului într-un mod simplu, intuitiv și eficient.

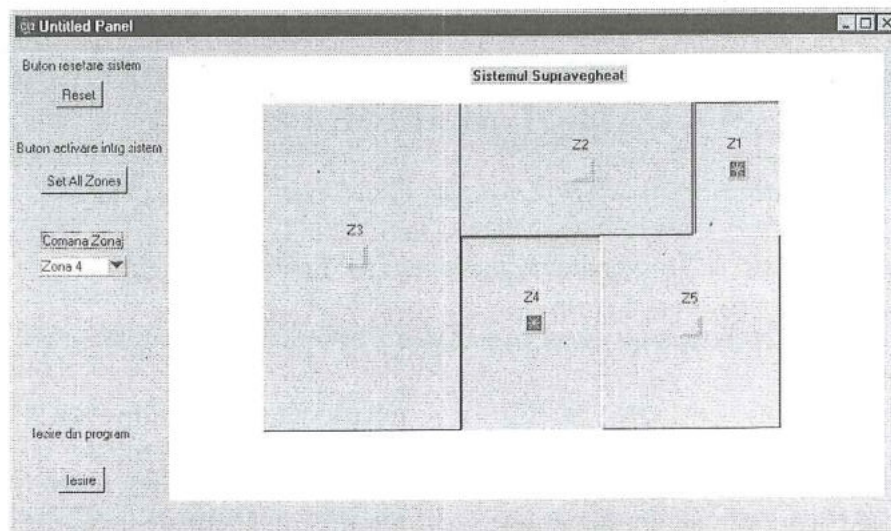


Figura 2 Interfața bazată pe control vizual

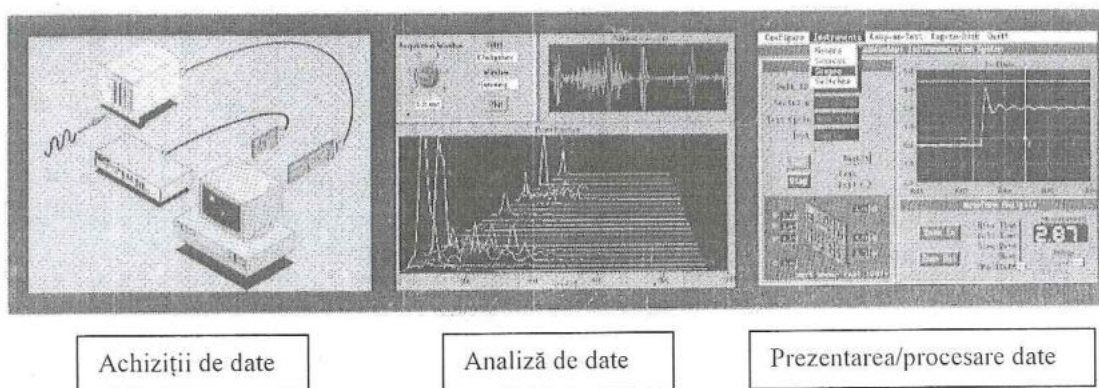


Figura 3 Mediul de programare LabWindows/CVI

LabWindows/CVI și sistemul de supraveghere și control al iluminatului

LabWindows/CVI este un mediu de programare pentru dezvoltarea de aplicații în ANSI C pentru instrumente de control, testare automată, achiziții și procesare de date (fig. 3). El este constituit din următoarele componente:

- Librării standard
 - controlul interfeței RS232
 - GPIB
 - VISA
 - Achiziții de date
 - Analiză de date
 - TCP
 - DDE (doar pentru Windows)
 - pentru comunicație interproces, X Property (doar pentru UNIX)
 - VXI
 - ANSIC și altele

- Editor pentru interfețe grafice, generator de cod, librării pentru dezvoltarea, afișarea și controlul interfețelor grafice (fig. 4, 5)
- Un set de drivere pentru instrumente, conținând funcții de nivel înalt și panouri de funcții interactive

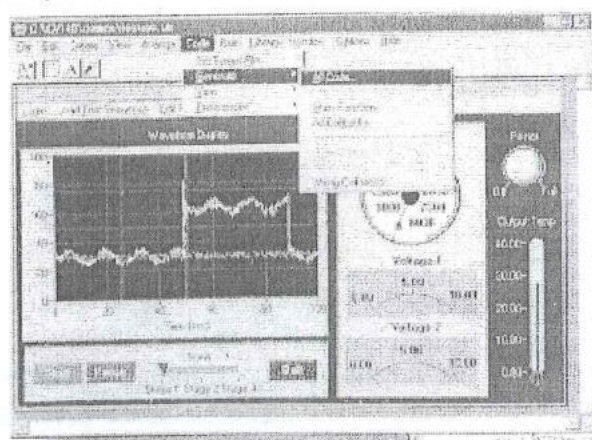


Figura 4 Interfață grafică

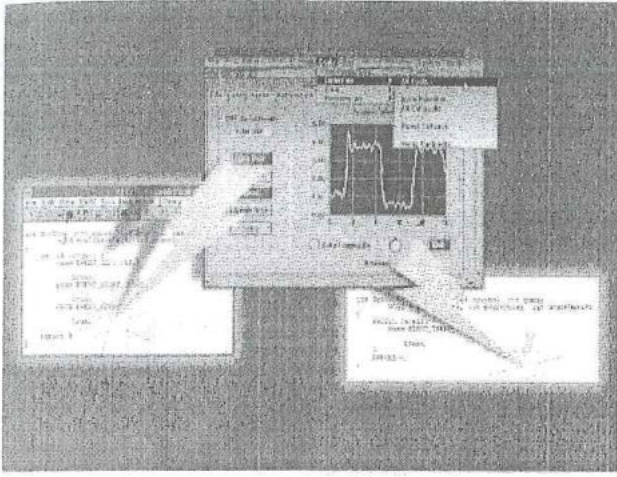


Figura 5 Interfață grafică

- Mediu de dezvoltare constituit din ferestre pentru gestionarea proiectelor și codurilor surse, depanare și alte facilități utilizator.

În editorul pentru interfețe se pot crea bare de comandă, meniuri, ferestre de dialog, reprezentări grafice cu ale căror funcții se pot obține diferite rezultate.

În sistemul prezentat în această lucrare, mediul de programare LabWindows este folosit pentru crearea unei aplicații grafice ce poate procesa informațiile primite și coordona echipamentele din teren de exemplu prin interfața RS232.

Sistemul mixt antiefracție/control local al iluminatului - implementare

Sistemul de antiefracție și control al iluminatului este implementat cu un sistem bazat pe microcontrolerul 80C552.

Cipul microcontrolerului pe 8 biți 80C552/83C552 este fabricat în tehnologii avansate CMOS și este derivat din familia de microcontrolere 80C51. 80C552 are același set de instrucțiuni ca și 80C51. Există următoarele versiuni:

- 83C552 - 8K biți, mască programabilă cu ROM
- 80C552 - față de 83C552 nu are ROM
- 87C552 - 8K biți, pe EPROM

8XC552 conține o memorie ROM de program nevolatilă 8Kx8, memorie volatilă citibilă și inscripționabilă de 256x8, 5 porți I/O pe 8 biți, un port de intrare pe 8 biți, două numărătoare de impulsuri/evenimente (identice cu timerele din 80C51), un timer adițional pe 16 biți montat astfel încât să captureze (recepționeze) și să compare latch-urile, 15

surse, 8 intrări ADC, 2 interfețe seriale (UART și magistrala I²C), un timer "watchdog" și oscilator integrat și circuite de cronometrare.

În plus, 8xC552 are 2 moduri de selectare prin soft a reducății de putere: în gol și la putere scăzută. Modul în gol eliberează CPU admițând în acest timp RAM-ul, timerele, porturile seriale și întreruperile de sistem să funcționeze în continuare. Modul power-down salvează conținutul RAM-ului, dar eliberarea oscilatorului cauzează inoperativitatea celorlalte funcțiuni ale cipului.

Dispozitivul funcționează de asemenea ca și procesor aritmetic, având facilități pentru ambele moduri aritmetice (binare și BCD). Setul de instrucțiuni conține peste 100 de instrucțiuni: 49 pe un octet, 45 pe 2 octeți și 17 pe 3 octeți. Cu cristalul ce oferă 16 MHz (sau 24 MHz), 58 % din instrucțiuni sunt executate în 0,75 μs (0,5 μs) și 40% în 1,5 μs (1 μs).

Caracteristici tehnice:

- microcalculator tip PCB80C552-5 16 MHz
- frecvența de ceas 11,059 MHz
- linie serială RS232 full-duplex
- bus serial I²C (bus multimaster cu arbitrare de priorități și viteză mare de transmisie frecvență de ceas max. 100 KHz. Destinația principală este comunicația cu circuite integrate sau controlere, prevăzute cu interfața I²C, aflate în aceeași carcasă)
- 8Kx8 RAM CMOS expandabil la 32Kx8
- 8Kx8 EPROM expandabil la 32Kx8
- 512x8 EEPROM expandabil la 1Kx8 (I²C)
- 4 porturi paralele de ieșire de 8 biți
- 3 porturi paralele de intrare de 8 biți
- 8 intrări multiplexate la un convertor A/D de 10 biți
- 8 ieșiri decodificate de porturi
- 2 ieșiri analogice de 8 biți modulate în durată (PWM). Prin integrarea lor se pot obține două convertoare D/A de 8 biți
- 3 numărătoare de tip TIMER/COUNTER
- 1 Watchdog programabil (mijloc de autoblocare în cazul execuției eronate a programelor datorată perturbațiilor sau interfețelor)
- 15 întreruperi dintre care 6 externe
- reset la punerea sub tensiune
- conectarea directă a unui afișor cu cristale lichide
- alimentarea: 5V/100 mA; 5V/35 mA în cazul echipării cu circuite din seria 74HC/HCT
- dimensiuni : 220x100x15 mm
- domeniul de temperatură în funcționare 0...55 °C

Concluzii

Sistemul prezentat este constituit din două subsisteme - de securitate și de control al iluminatului - care, în aparență, operează independent unul față de celălalt. Sunt folosite aceleași resurse hardware și software, ceea ce determină o utilizare eficientă a dispozitivelor și, totodată, posibilități de actualizare a funcțiilor existente conform unor necesități noi sau de implementare a unor funcții noi (de ex. sistemele de încălzire, ventilație, automatizări și climatizare).

Bibliografie

1. *** LabWindows/CVI Basics Course Manual, National Instruments, 1995
2. *** LabWindows CVI Programmer Reference Manual, National Instruments, 1996
3. Haller, Piroška Implementarea aplicațiilor în timp real, Universitatea "Petru Maior" Tg-Mureș 1998
4. Pop, F. Note de curs, Școala Postuniversitară de Luminotehnică, Facultatea de Instalații pentru Construcții, București, 1999
5. Pop, F. ș.a. Managementul instalațiilor de iluminat, Ed. Mediamira, Cluj-Napoca, 1998

VIRTUAL EQUIPMENT FOR A SECURITY AND LIGHTING CONTROL SYSTEM

This paper presents a hybrid system for security and lighting control. It is conceived to assure both protection against housebreaking of a unit (office, commercial space, warehouse, house etc.) and automatic lighting control to obtain the most comfortable ambiance with the minimum energetic consumption.

Horățiu Ștefan GRIF

Adrian GLIGOR

Universitatea "Petru Maior" din Tg. Mureș
Str. Nicolae Iorga Nr. 1, Târgu Mureș
Tel./fax: (065) 133212
e-Mail: hgrif@uttgm.ro; agligor@uttgm.ro

Florin POP

Dr., Profesor

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Str. C. Daicoviciu Nr. 15, 3400 Cluj-Napoca
Tel.: 095.516276; Fax: (064) 192055
e-Mail: florin.pop@insta.utcluj.ro



ing. Horățiu Ștefan GRIF, preparator. Absolvent al Universității "Petru Maior" din Târgu Mureș, secția Automatică și informatică industrială (1997), Studii aprofundate specializarea Sisteme automate avansate de conducere a proceselor industriale și energetice (1999). Doctorand la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (1999). Domenii

de interes: controlul iluminatului, automatizări energetice, inteligența artificială, informatică și electronică. Autor al unor lucrări la conferințe naționale și internaționale.



ing. Adrian GLIGOR, preparator. Absolvent al Universității "Petru Maior" din Târgu Mureș, secția Automatică și informatică industrială (1997), Studii aprofundate specializarea Sisteme automate avansate de conducere a proceselor industriale și energetice (1999). Doctorand la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (1999). Domenii

de interes: controlul iluminatului, automatizări energetice, inteligența artificială, informatică și electronică. Autor al unor lucrări la conferințe naționale și internaționale.

Intrat în redacție - 4.01.2001

A NEW DIGITAL ERA FOR THE DIMMING OF LUMINAIRES WITH DIGITAL BALLASTS AND COMPONENTS

Necdet KINALI

TRIDONIC Bauelemente, Austria

The ability to control light has existed as long as light itself. Even before light bulbs were invented, kerosene lamps had been controlled to achieve a certain light level. Light is a basic need of man, we take approximately 80% of our daily information via sight. Light gives us the ability to work!

There are various reasons for light control. In the past lamps were controlled to adapt the light level to a certain situation whereas in our modern times a growing energy saving consciousness is the reason for a increasing demand in controls for lighting applications. To cope with the energy saving demands of all customers we need to focus on light management. The task of light management is to supply certain applications, such as theatre, cinema, conference rooms and work area with a suitable light level. We understand light management as the complete control of a lighting application according to all the requirements of the customer and it should be as energy efficient as possible.

The key tasks of a lighting application are to:

- support the human eye;
- use daylight to save energy;
- create comfort at all times throughout the day;
- introduce artificial light as sensitively as possible;
- achieve the required end user light levels without interrupting work processes.

All the requirements of light management have to be supported with the best technical possibilities.

1 Lighting control systems

With previous lighting control systems changes to lamp wattage was achieved via the use of

tapped ballasts, relays, cathode heating transformers or a central power control with thyristor dimmer to enable all reductions in dimming level and energy saving.

Through the development of high frequency electronic ballasts in the early 1980s we had an increase in the possibilities for "intelligent" lighting systems and in particular those for fluorescent lamps. Later in the decade and to further increase the comfort levels and economy of lighting applications, dimmable high frequency electronic ballasts appeared.

The early dimmable ballasts had a one wire control cable to control the dimming level. With these ballasts it was possible to realise controlled and dimmed lighting applications. Such applications maintained a sophisticated light comfort and lower energy and maintenance costs.

Newer types soon followed using a two wire control cable. Control was achieved via analogue voltages of 0-230V and 1-10 V.

In a system controlled by an analogue input, signals sent by switches, photocells, presence detector etc. are transferred to the interface unit. This analogue signal (1-10V) is transmitted to the ballast via a pair of cables.

The bus is permanently charged with this analogue signal and electromagnetic disturbances and voltage decrease have a direct effect on light output, particularly noticeable at lower dimmed levels.

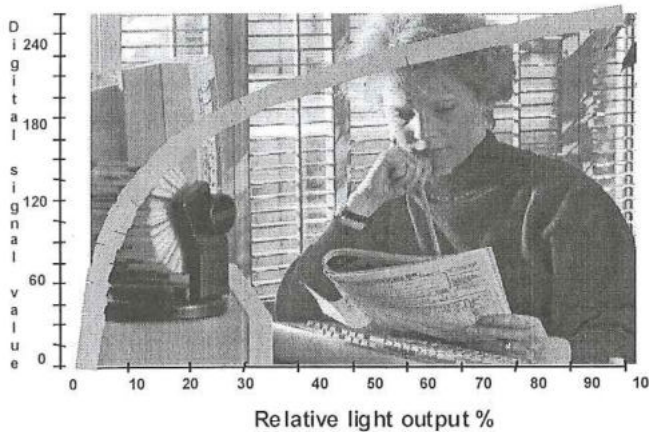
In answer to some of these control problems DIGITAL control systems were developed and introduced to the lighting market in 1991.

A greater sophistication of requirements for lighting management are prime reason for the need for DIGITAL dimmable ballasts. With a

DIGITAL control system it is possible to transmit an entirely reproducible dimming signal enabling control of light precisely from 100% to 1%.

A Digital Serial Interface (DSI) receives inputs from control accessories such as switches, sensors and building management systems and sends an appropriate digital signal via two control cables to the connected Digital dimming electronic ballasts (PC-A). The light output of every luminaire is the same, because each PC-A ballast is supplied digitally.

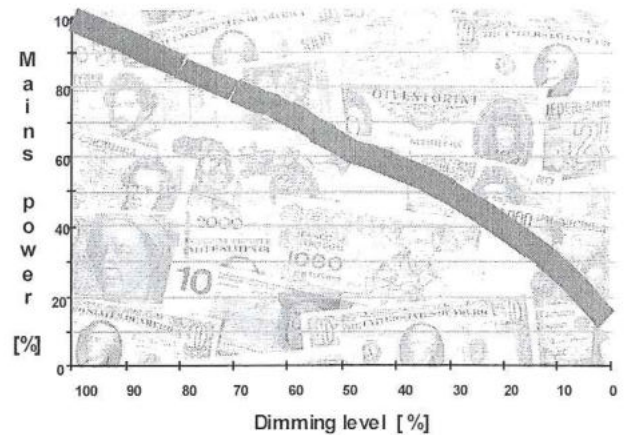
Individual Digital signals are assigned to individual dimming levels, the dimming process is graduated to the logarithmic response of the human eye thus achieving a comfortable linear dimming effect.



Features of DigitalDim system:

- Constant lamp output in case of main fluctuations;
- Dimmable to 1%;
- On/off Switching via standard push to make switch;
- Dimmable via a push to make switch (Switch DIM) ... simple dimming solution without any control interface, simple to install, cost efficient;
- Light sensor SMART connectable ... ambient light sensor; direct connection without any interface;
- Excellent RFI (radio interference) and EMC (electromagnetic compatibility) performance (bus wire does not need separate cable channel);
- Insert standard installation equipment for dimming;
- Unlimited number of switches.

- Eye sensitive dimming over a constant range of light levels from 1% to 100%
- Failure feedback (lamp) possible
- Energy efficiency up to 70 %
- High flexibility



Control via the DigitalDim system can be made with a varied range of control devices

2 Standardized Digital Dimmable Interface DALI

The dawn of a new era in digital communication via networks has shrunk the world, so distance no longer poses the problems it once did. We need to embrace this technology and find simple and logical solutions to previously complex tasks.

Generally, we are all most attracted to the simplest solution as the most appropriate way of dealing with control. However, we all accept that a level of control on sophisticated systems is required to run in the background.

Lighting is such a complex task: it requires a simple front end interface with all of the complex functions running in the background.

An optimized lighting control can only be reached by automatic processes. A typical "new fashion" office changes its room division quite frequently. By changing position of desks and even walls, you also get a new order of the light switches.

DALI, New industry standard (amendment to draft IEC 929) for digital dimmable ballasts.

To get a unified digital signal, a standardized dimmable signal will be introduced. For the past 2 years a team of experts have been developing the new industrial standard DALI (Digital Addressable Lighting Interface) for digital dimmable ballasts based on the highly professional DSI-technology proven by Tridonic. In co-operation with European Producers a new interface has been defined.

What do we want to reach with this new standard?

- An economically optimized standard interface which is accessible for every user/producer;
- Compatibility of devices by every different manufacturer;
- To exceed the limited control options of the analogue interface;
- Good compatibility to bus-systems;
- Simple operation;
- Flexibility of addressing.

The specification is defined for the interface and not for the whole system. All control devices are suitable for different applications and systems because of this definition. To strengthen the flexibility of bus-systems we have to place the intelligence within the ballast, to allow for individual control and two way communication. Therefore DALI offers individual addressing and error feedback. DALI offers 64 individual addresses, 16 group addresses and the ability to program each ballast with up to 16 scenes. A return error signal in case of a defective lamp is possible via the ballast.

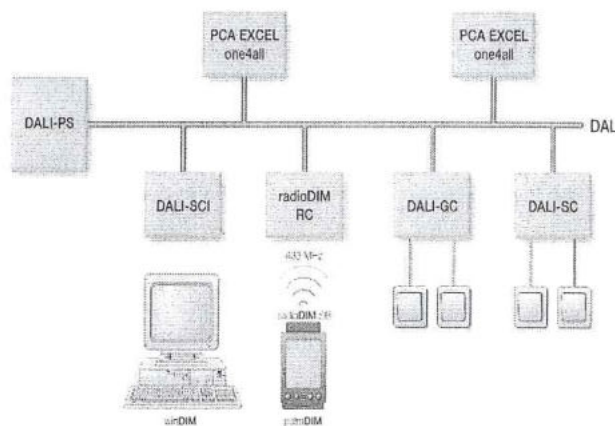
Features of Dali Ballasts are:

- Unified logarithmic dimming line
- Memory of 16 different light levels within ballasts
- Changeable dimming time constant;

O NOUĂ ERĂ PENTRU REGLAREA FLUXULUI LUMINOS AL CORPURILOR DE ILUMINAT CU COMPONENTE ȘI BALASTURI DIGITALE

Capacitatea de a controla lumina există din cele mai vechi timpuri. Înainte de inventarea

- Available light before putting into operation and in case of failure of interface;
- Return error signals.



Our company continually look to the future to develop their systems and to encompass the very latest in technology. Many of the features standard in digital lighting today are patented by us. These patents are made available for the market to usher in a new age of light management.

Necdet KINALI

TRIDONIC Bauelemente
Austria-6850 Dornbirn, Faerbergasse 15
Tel. + 43 5572 395469; kinalin@tridonic.co.at



Technical Consultant and Area Manager by Tridonic GmbH, Austria
Computer science-1994, Innsbruck University;
Business administration, Anadolu University.

Intrat în redacție – 2.01.2001

becului electric, lămpile cu gaz lampant erau reglate pentru a obține un anumit nivel de iluminare. Lumina este o necesitate elementară a omului, deoarece aproximativ 80% din informațiile zilnice sunt obținute pe cale vizuală. Lumina ne dă posibilitatea de a lucra!

Există diverse motive pentru controlul iluminatului. În trecut, lămpile erau reglate

pentru a adapta nivelul de iluminare la diverse situații, în timp ce, în prezent, conștientizarea tot mai puternică a economisirii energiei determină o cerință ridicată pentru controlul aplicațiilor de iluminat. Pentru a satisface cerințele de economisire a energiei pentru toți consumatorii, este necesar să se pună accent pe managementul iluminatului. Sarcina managementului iluminatului este de a oferi anumite aplicații, cum ar fi sălile de teatru, cinematograful, conferința și suprafața de lucru cu un nivel de iluminare corespunzător. Noi înțelegem managementul iluminatului ca un control complet al aplicației iluminatului conform tuturor cerințelor consumatorilor și acesta ar trebui să fie cât mai eficient din punct de vedere energetic.

Sarcinile cheie ale aplicației iluminatului sunt de a:

- oferi un nivel optim de iluminare (susține ochiul uman);
- utiliza lumina naturală pentru a economisi energie;
- crea confortul în orice moment pe parcursul zilei;
- a introduce lumina artificială cât mai discret;
- realiza nivelurile de iluminare necesare pentru utilizatorul final, fără întreruperea procesului de lucru.

Toate cerințele managementului iluminatului trebuie să fie îndeplinite cu cele mai bune posibilități tehnice.

1 Sisteme de control a iluminatului

Cu sistemele anterioare de control al iluminatului au fost realizate modificări ale puterii lămpii, prin utilizarea balasturilor bobinate, releelor, transformatoarelor de încălzire a catodului sau a unui control central al puterii cu un variator cu tiristor pentru a permite toate valorile în nivelul de reglaj (diminuare) și economisire a energiei.

Prin dezvoltarea balasturilor electronice cu frecvență înaltă la începutul anilor 1980 s-a înregistrat o creștere a posibilităților pentru sistemele "inteligente" de iluminat și, în special, pentru acelea cu lămpi fluorescente. Mai târziu, pentru a crește nivelul de confort și eficiența economică a aplicațiilor luminotehnice, au

apărut balasturile electronice reglabile, cu frecvență ridicată.

Primele balasturile electronice reglabile aveau un cablu de control cu o cale pentru a controla nivelul de variere. Cu aceste balasturi a fost posibil să se realizeze aplicații luminotehnice controlate și reglabile. Aceste aplicații mențin un confort sofisticat și costuri de întreținere și energie scăzute.

Au urmat balasturile care utilizau cabluri de control cu două căi. Controlul a fost realizat prin tensiuni analoge de 0-230V și 1-10 V.

Într-un sistem controlat de o intrare analogă, semnalele trimise prin întreruptoare, fotocelule, detectoare de prezență etc. sunt transferate la unitatea de interfață. Acest semnal analog (1-10V) este transmis la balast printr-o pereche de cabluri.

Bus-ul este permanent încărcat cu acest semnal analog și scăderea perturbațiilor electromagnetice și a tensiunii au un efect direct asupra fluxului luminos, observabile în special la nivelurile de reglare scăzute.

Ca răspuns la câteva din aceste probleme privind controlul, sistemul de control DIGITAL s-a dezvoltat și a fost introdus pe piața iluminatului în 1991.

Complexitatea mai mare a cerințelor pentru managementul iluminatului reprezintă motivul primar al necesității balasturilor reglabile DIGITAL. Cu un sistem de control DIGITAL este posibil să se transmită un semnal de comandă (de reglaj) perfect reproductibil, permițând controlul iluminatului de la 100% la 1%.

O Interfață Digitală Serială (DSI) primește intrări de la accesoriile de control, cum ar fi întreruptoarele, senzorii și sistemele de administrare a clădirii și trimite un semnal digital corespunzător prin două cabluri de control la balasturile electronice reglabile digitale (PC-A) conectate. Fluxul luminos al fiecărui corp de iluminat este același deoarece fiecare balast PC-A este alimentat digital.

Semnalele digitale individuale sunt stabilite pentru niveluri individuale de reglare, procesul de reglare este corelat cu răspunsurile logaritmice ale ochiului uman, realizând astfel un efect de variere liniară confortabil.

Caracteristici ale sistemului DigitalDim:

- flux emis de lampă constant în cazul unor fluctuații în rețea;

- reducere până la 1%;
- comutare On/off printr-un întreruptor standard;
- reglaj printr-un întreruptor standard cu tastare (Switch DIM) ... soluție simplă de reglare fără nici o interfață de control, simplu de instalat, cost eficient;
- senzor de lumină inteligent (SMART) conectabil ... senzor de lumină ambientală, conectare directă fără nici o interfață;
- performanțe excelente RFI (interferențe radio) și EMC (de compatibilitate electromagnetică) - bus-ul nu necesită un canal de cablu separat;
- utilizarea unui echipamentului de instalare standard pentru reglaj;
- număr nelimitat de comutări;
- sensibilitate ochiului pe un interval constant al nivelurilor de iluminare de la 1% la 100%;
- semnalizare posibilă a căderii lămpii;
- eficiență energetică până la 70%;
- flexibilitate ridicată.

Un control cu un sistem DigitalDim poate fi realizat cu o gamă variată de aparate de control.

2 Interfață standardizată digitală reglabilă DALI

Începutul unei noi ere în comunicația digitală prin rețele a dus la dispariția problemei distanțelor. Noi dorim să îmbrățișăm această tehnologie și să găsim soluțiile simple și logice ale sarcinilor complexe anterioare.

În general, noi toți suntem atrași de soluțiile simple, ca cel mai corespunzător mod de tratare a controlului. Totuși, cu toții acceptăm că este necesar să funcționeze în subsidiar un nivel de control pe sisteme sofisticate.

Iluminatul este o sarcină atât de complexă: - necesită o interfață simplă a capătului din față cu toate funcțiile complexe derulându-se în subsidiar; - un control optim al iluminatului poate fi atins numai printr-un proces automat; - un birou de 'ultimă modă' își modifică sectroizarea încăperii destul de frecvent; - prin modificarea poziției meselor de lucru sau chiar a pereților, se obține o nouă dispunere a întreruptoarelor de lumină.

DALI, noul standard industrial (amendament la proiectul IEC 929) pentru balasturi digitale reglabile. Pentru a obține un semnal digital unificat, va fi introdus un semnal

standardizat reglabil. În ultimii doi ani o echipă de cercetători au propus noul standard industrial DALI (Interfață digitală adresabilă a iluminatului) pentru balasturi digitale reglabile bazate pe tehnologia DSI de înalt profesionalism dovedită de Tridonic. În cooperare cu producătorii europeni s-a definit o nouă interfață.

3 Ce se dorește să se obțină cu acest nou standard?

- o interfață standard, optimizată, economică care este accesibilă oricărui utilizator/producător;
- compatibilitatea aparatelor diferiților producători;
- să depășească opțiunile limitate de control a interfeței analoge;
- compatibilitate bună cu sistemele bus;
- operare simplă;
- flexibilitate a adresării.
- specificația este definită pentru interfață și nu pentru întregul sistem.

Toate aparatele de control sunt corespunzătoare pentru diferite aplicații și sisteme, conform acestei definiții. Pentru a consolida flexibilitatea sistemelor bus, trebuie să introducem inteligența în cadrul balastului pentru a permite controlul individual și două căi de comunicare. De aceea DALI oferă adresare individuală și feedback de eroare. DALI oferă 64 de adrese individuale, 16 grupuri de adrese și capacitatea de programare a fiecărui balast până la 16 scene. Un semnal de eroare returnat datorită unei defecțiuni a lămpii este posibil via balast. Caracteristicile balasturilor DALI sunt:

- linie unificată logaritmică de reglaj;
- memorarea a 16 niveluri diferite de iluminare în cadrul balasturilor;
- modificarea constantei de timp a reglajului;
- iluminat disponibil înainte de punerea în funcțiune și în cazul unei erori de interfață;
- semnal de eroare returnat.

Sistemele sunt în continuu dezvoltate și se introduc cele mai moderne tehnologii. Majoritatea caracteristicilor standard ale iluminatului digital actuale sunt patentate. Aceste patente sunt disponibile pe piață pentru a accede într-o nouă eră a managementului iluminatului.

REDUCING OBTRUSIVE LIGHT

Duco A. SCHREUDER
Duco Schreuder Consultancies

1 Introduction

All outdoor lighting is functional, its function being the enhancement of the visibility (utility lighting) and/or of the aesthetics (decorative lighting). The effectiveness of the lighting is the degree to which the function is fulfilled; the efficiency the degree to which the benefits surpass the costs. The benefits include firstly the (avoided monetary) costs of accidents, traffic jams, criminal offenses and economic losses. The beneficiaries are usually individual persons or companies. And secondly the non-monetary benefits: avoiding personal loss and grievance from traffic accidents and reducing fear for crime. The costs include firstly the direct monetary costs of the lighting equipment: installation, maintenance and energy use, and the indirect costs like the waste of energy and materials in manufacturing the equipment, the toxic waste from discarded lamps and ballasts etc. These costs are usually carried by the authorities. Further, the non-monetary costs (use of energy, scarce natural resources etc.) and the negative environmental influences, causing discomfort and annoyance. The costs and the benefits for road lighting and their mutual interrelations are described in detail in Schreuder (1998).

Good lighting design ensures that the light comes where it is needed, and does not fall elsewhere. If not, the light is 'spilled', which may cause considerable economic and environmental losses. The light, the money and the energy are simply wasted. Furthermore, spill light from outdoor lighting installations may cause disturbance and discomfort for many persons, also for those that have nothing to do with the activities for which the lighting is installed. This is obtrusive light or 'light trespass'. Light trespass has victims; one group of victims are the astronomers - both the professionals and the amateurs, but also the much larger group of

persons who enjoy the darkness. Astronomers are restricted in their possibilities to make accurate observations.

This paper is based on a presentation at The 3rd National Lighting Congress held in November 2000 in Istanbul, Turkey (Schreuder, 2000).

2 The origin and effect of sky glow

2.1 The natural background radiation

Sky glow presents itself as a background luminance over the sky, against which the astronomical objects are to be observed. The interference of astronomical observations is caused by the resulting reduction in luminance contrast. The glow is caused by non-directional scatter of light by particles in space and in the atmosphere. Part of the light, and part of the particles are natural, and part is man-made. The '(natural) background radiation' is defined as the radiation (luminance) resulting from the scatter of natural light by natural particles. For earth-bound observatories, the natural background luminance is the absolute limit for observations. Further explanations may be found in Levasseur-Regourd (1994) and Leinert (1997).

2.2 The effect of sky glow on observation of contrast objects

To understand the effect of the (diffuse) sky glow, one must realise that all observations, both visual, photographic and electronic, of light emitting objects is essentially an observation of contrast. When the luminance of an object is called L_o and the luminance of its background, against which the object must be observed, is called L_b , the contrast C is conventionally defined as:

$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b} \quad [1]$$

The overall stray light causes a light veil that extends over the field of observation. This veil has a luminance as well, that will be called L_v . The veiling luminance has to be added to all luminances in the field of observation. All contrasts will be reduced, as can be shown as follows:

$$C'' = \frac{(L_o + L_v) - (L_b + L_v)}{(L_b + L_v)} = \frac{L_o - L_b}{L_b + L_v} \quad [2]$$

As the nominator stays the same and the denominator always is greater, thus:

$$C' < C \quad [3]$$

This is, of course, the way lighting engineers assess the influence of disability glare.

When the object to be observed is a star, one might suppose that its observed luminance equals the (intrinsic) luminance of its surface, and therefore is much, much higher than L_v . However, while a distant star is a close geometric approximation to a 'point source', its image in the instrument with which the observations are made is not a point at all. The image can never be smaller than a certain limiting size, even with excellent 'diffraction limited' optics. For the naked eye, which is quite far from being diffraction limited, the minimum diameter of any visual object is equivalent to almost a minute of arc. This means that for the naked eye, L_o is not very large. Thus, even for very good observers and excellent conditions the limit for detection with the naked eye is about the sixth magnitude. It should be noted that astronomers use a non-ISO unit to quantify luminances, viz. the 'magnitude per arcsec²'. The following conversion into the ISO luminances (for photopic vision) is adopted: 'a luminance of $3,2 \cdot 10^{-6}$ cd/m² corresponds to 26,33 magnitude per arcsec²'. (CIE, 1997).

The limiting magnitude follows from the definition of (difference in) magnitude:

$$m = 2,5 \log (l_1/l_2), \quad [4]$$

where l_1 and l_2 are the luminous intensities of the two stars that are compared. See for details Sterken & Manfroid (1992). When assessing the influence of the sky glow, the smallest luminance for the most favorable conditions is L_{o1} and under sky glow conditions L_{o2} . The background luminance is L_b and L_v respectively. With $L_v = a \cdot L_b$, and according to [1] and [2], for

observation at the threshold of the contrast sensitivity, C equals C' :

$$C = C' = \frac{L_{o1} - L_b}{L_b} = \frac{L_{o2} - L_b}{L_b + a \cdot L_b} \quad [5]$$

When L_b is small compared to L_{o1} and L_{o2} , L_b may be disregarded in the nominators. The formula [5] becomes:

$$(a+1) = 1 / (L_{o1}/L_{o2}) \quad [6]$$

When inserting L_{o1} and L_{o2} for l_1 and l_2 in formula [4], one gets

$$m = -2,5 \log (a+1) \quad [7]$$

with m the increase in the threshold, or the decrease in the limiting magnitude as a result of the veiling luminance. This formula is called the 'sky glow formula' (CIE 1997).

2.3 The sources of man-made sky glow

Sky glow is the result of light that is projected upwards, and then scattered back to the surface of the Earth. Part of the stray light is projected directly upwards. Usually this results from poorly designed, or maladjusted lighting; it may, however, also occur when the light is aimed upwards on purpose. Another major contribution to the stray light is the light that is well-directed to objects, but reflected by them. Road surfaces, grass, and buildings reflect a fair amount of the incident light, and the reflected light usually goes upwards. It should be stressed in this respect that light only serves its purpose if it hits the eye of the observer. In some cases, like signalling, it is the light source itself but in almost all cases it is the light that is reflected from a surface that is 'useful'. So, the suggestion that may be heard at places, to make all surfaces black so that there is no reflected light, really is nonsense as if when doing so - even if it were possible in the first place - was to make the lighting installation useless. This is particularly true for road surfaces.

The main sources of stray light that may interfere with astronomical observations are (in random order):

- lighting of industrial sites, airports and building sites
- road and street lighting
- advertising signs
- floodlighting of buildings, discos and monuments
- lighting of billboards

- lighting of greenhouses
- lighting of sports facilities
- area lighting of sales areas, parking lots, farm yards, railroad yards etc.

It is very difficult to give a general idea about the relative importance of these sources of sky glow. The relative weight varies from place to place and is determined to a considerable extent by national or local regulations.

All sources of man-made sky glow have one thing in common: they all represent an economic loss. Crawford calculated on the basis of a number of 'rule of thumb' assumptions the loss of one billion dollars annually in the US alone (Crawford, 1991, 1997). Isobe has given similar data but then more detailed for specific towns and locations (Isobe 1999).

In spite of the fact that light trespass is a matter of major concern for the astronomers, little research about the qualitative and quantitative aspects of the interference by light for astronomical observations is reported. Most is based on the work of Walker (1973). Usually, light that interferes with astronomical observation presents itself in the form of a sky glow in the vicinity of large urban, industrial or agricultural concentrations. The luminance of the sky glow can conveniently be expressed by 'Walker's law' that can be written as:

$$\log p = -4,7 - 2,5 \log R + \log F \quad [8]$$

(after Anon, 1984) in which p is the ratio between the observed sky glow as measured in the direction of the source under an elevation of 45 degrees and the natural background radiation, R the distance to the source (in km) and F the total luminous flux of the outdoor lighting in the source (in lumen). In an alternative form of this 'law', the number of lumens is replaced by the per capita light output of cities. (Crawford, 1992, p.45). Garstang uses the number of 1000 lumen per capita.

It should be mentioned that there is some doubt whether the 45 angle is the most appropriate; many astronomical observations are made at 30 or even 15. The last angle is used in the Netherlands to describe the more general influence of sky glow on the experience of people in the surroundings of sky glow sources

(Anon 1997a). At the other hand, astronomical observations are made seldom near the horizon. It has been suggested to consider sky glow below 150 primarily as an aesthetic problem and only the sky glow over 150 as a threat to astronomical observations.

Fellin et al. (2000) have presented a relation that allows to determine the increase of the threshold magnitude for just visible stars as a result of lighting parameters:

$$\dot{UM} = -2.5 \log (1 + R_n / [r(1 - R_n)]), \quad [9]$$

with: \dot{UM} - the increase of the threshold magnitude for just visible stars; R_n - the total upward flux of a whole town as defined further-on; r - area average of the reflection factor (after Fellin et al., 2000. eq. 9).

2.4 Increase of sky glow in recent years

In spite of the fact that urban sky glow is one of the major limiting factors for astronomical observations, very little systematic studies about the magnitude and the extent of the problem in practice have been made. Here, we will give a few examples.

In Japan, the sky glow in densely populated and heavily industrialized areas like the regions of Tokyo, Yokohama and Osaka is often more than 4 mag/arcsec² higher than in rural areas, corresponding to almost a factor of 100 in luminance (Kosai et al., 1993, 1994). In the Netherlands, similar measurements have been made. The measurements have been made at about 100 locations at one moment in time. The individual values did range from 20.97 to 17.2 mag/arcsec², again corresponding to almost a factor of 100 in luminance. Details are given in Schreuder (1994). In 1997, a similar survey is made by estimating the visual borderline magnitude of stars that 'just' could be seen. Similar results have been found. See Schreuder (1999).

Almost everywhere, sky glow does increase over the years (Cinzano, 2000). A few examples. Between 1988 and 1998, measurements have been made at two major US observatories (Kitt Peak and Mount Hopkins). At Mount Hopkins, "The zenith sky brightness ... increased only modestly ... by 0.1-0.2 mag/arcsec²". This means an increase of 10% to 20% in sky luminance.

On Kitt Peak, the increase was larger, from 0.2 to about 0.5 mag/arcsec² in different directions (Mice & Folz, 2000, p 572). So, even at the best protected sites in the US and probably in the world, the sky luminance increases with.

For a number of Japanese cities, the increase over recent years has been measured (Isobe & Hamamura, 1998). The result of that study is that the sky glow did increase on an average by 10% per year.

Other Japanese data are collected by means of the global method using photo cameras as described by Isobe & Kosai (1994). The measurements show in general a trend for a considerable increase in the sky brightness with a noticeable exception of the years of the Gulf War where many saving measures were taken in Japan. Photometric measurements show for the Tokyo area a dramatic increase of the sky brightness. It was 20.5 mag/arcsec² in 1958; 19.5 in 1978 and 17.6 in 1998 (Isobe & Kosai, 1998, pg 178). These values correspond to 0.99; 1.49 and $14.6 \cdot 10^{-3}$ cd/m² - an increase by a factor of 15 in 40 years.

2.5 Other aspects of light pollution

Until recently, it was customary to consider only human beings as 'victims' of light pollution. The majority of studies was made by astronomers and most pressure was made to protect the sites of astronomical observatories. To a lesser extent, also the public health aspects have been investigated. These seem to be relatively minor. However, many animals, like e.g. insects and birds but also sea turtles, suffer from light at night. In the Netherlands, a large number of literature studies and a number of experimental studies have been made. A compilation of the literature may be found in Van den Berg (2000), De Molenaar et al (1997, 2000). Most studies relate to the influence of motorway lighting on natural preserves and natural parks (Anon., 1997a).

2.6 The costs of light pollution

The problems from light pollution arise when the sky glow is not weak in relation to the natural background radiation of the night sky at

that particular place and time. It should be noted that the search for a low and steady natural background radiation led astronomers to build their observatories at remote mountain tops near deserts where there is little air above them and where the air that still is there, is steady and clear (no turbulence, no dust). This makes the problem of light pollution more compelling, because such observatories are very expensive to built and even more to run. Light pollution leads to a reduction in the 'efficiency' of the observatory. As an example, an increase in sky glow by 20% reduces the effective aperture by 25%; for not uncommon values of the sky glow increase by a factor of 2 or 5, the loss of effective aperture is 61% or 89% (Crawford, 1992, table 2.1). This means that observatories are not used in full; this lack of efficiency can be expressed as an additional cost factor, either in the investments or in the operation of the installations. This money could be used to improve the lighting installations.

There is another approach to this. Light pollution degrades the visibility in a way similar to other disturbing factors. In many cases this may be compensated by increasing the dimensions of the telescopes. Increasing the size of the telescope is very expensive. Murdin (1997) gives the following rule-of thumb: the costs of a telescope increase with the third power of the lens or mirror diameter - that is, with the volume of the dome! So when the light pollution reduces the effective diameter of the mirror by 5% (which seems a reasonable estimate even for weak sky glow), the economic losses are 15%. As we know that a big telescope might cost easily about US\$ 100 million, fighting even that slight light pollution might mean a 'profit' of US\$ 15 million. It seems reasonable to estimate that there are about 30 of those telescopes on the world, and another 500 that are a factor 10 smaller. This would lead to a total of 'hardware' of US\$ 8000 million. Using the 15% estimate given earlier, this would mean that light pollution requires an extra, non-profitable investment of US\$ 1200 million. As a comparison, Woltjer (1998) estimates that world-wide, per year some 4000 to 5000 million US\$ are spend on astronomy. Regarding the operation of a large observatory, it was shown that an investment of

US\$ 15,000 to improve the lighting around the observatory, is cost-effective if the installation can be used one hour extra per year (Schreuder, 1992).

3 Measurements of sky glow

3.1 Area surveys

For many reasons, surveys over large areas may be required. The method must be simple and cheap, and the assessments must be made by amateurs or even by lay-persons. Two systems are currently in use.

(a) *Limit star assessment.* Within a given area of the sky (e.g. between four well-known stars) the number of visible stars are counted. From the known magnitudes of the stars, the magnitude of the stars that are 'just' visible (the limit stars) can be assessed. When due account is taken, e.g. by using the well-known epidemiological data on visual acuity distribution, the method may be used on a large scale. The use of binoculars is not recommended, because the optical quality of binoculars varies considerably. Examples of the use of such measurements are given in Isobe & Kosai (1998) and Schreuder (1999).

(b) *Photographic surveys* use a large number of amateur observers making pictures with a normal (stationary) camera and with a normal slide-film of the zenith-area in their own neighborhood. The camera must have a focal length of 50-55 mm and a *F*-ratio of 2,0 or less. The exposures are made on 400 ASA colour reverse slide films at a stop of 4 with an exposure time of 80 seconds. From the relation in film density between the background and the track of known stars, the sky luminance can be assessed. Details are given by Isobe & Kosai (1998) and Kosai et al.(1994).

3.2 Continuous surveys

Continuous or quasi-continuous surveys of the sky glow can be made by monitoring the sky brightness. These surveys are often made at selected locations, often the location that is considered as the site of a major observatory. The data of a period of at least a year (to include any seasonal variations) will give

adequate information regarding the suitability of that location. The survey can be done with the standard photometric equipment that is available in all major observatories. Usually, measurements of sky glow do not include elevations lower than 15 degrees. In many cases, the measurements are continued after the erection of the observatory. Presently, the data from a number of major observatories around the world are collected.

3.3 Site monitoring

In order to do accurate site monitoring at existing observatories, normal astronomical telescopes can be used with the standard equipment to perform photometry. This is done in many observatories on a routine bases. An instrument in use at the Observatory of the Canary Islands is described by Diaz-Castro (1993).

Based on many observations, it was concluded that extreme measuring accuracy seems not to be justified. It was reported that even on a 'very dark night', variations in sky glow luminance up to 30% are common. Also, the influence of air pollution may be considerable, so extreme measuring accuracy seems not to be justified (Cinzano & Diaz Castro, 1998; Diaz Castro, 1998).

On the basis of different considerations, the CIE Technical Committee TC 4.21 adopted the following procedure as a working method. This method is to measure the average luminance within a 10 degree (2.5) cone at the zenith, together with six adjoining similar areas. The minimum of these seven is considered to represent the sky glow around the zenith. Additionally, the same cone measurements may be made at 60 and 30 elevation at the eight compass directions to represent the distribution of sky glow over the sky. It should be noted that these measurements can be made with relatively simple measuring hardware (CIE, 1998).

4 The efforts to reduce obtrusive light

4.1 Policy aspects of recommendations for the reduction of obtrusive light

In most countries, the role of regulations regarding obtrusive light is to give prospective developers

permission to realise their plans only if those plans are in agreement with the regulations, and prohibit the realization if that is not the case. Additionally, the regulations are used to check existing installations as to whether they comply or not. It is a matter of national legislation who takes the initiative for the checking and what happens if the lighting installations do not comply.

Regulations, if they are to be used in this way, require quantitative data of borderlines between what is permissible and what not. Usually the borderline system is described in the actual legislation, whereas the actual numerical data are included in the underlying regulations. It should be noted that there are considerable differences between countries, particularly as regards the jurisdiction and autonomy of different layers of government (municipalities, counties, provinces, states, central government etc). In all cases, the regulations to be effective, need to include, apart from the numerical, quantitative data of borderlines between what is permissible and what not, also unambiguous definitions of the quantities involved as well as certifiable measuring methods. It should be kept in mind that the question whether a specific lighting scheme complies or not, sometimes may end in a court of justice.

4.2 General outline of the current CIE recommendations

4.2.1 The current and the proposed CIE documents

In 1997, CIE published as its Publication No. 126-1997: "Guidelines for minimizing sky glow" (CIE, 1997). This document filled a gap as it addressed a number of light-technical and photometric aspects of the reduction of sky glow. However, it did not give enough guidance for lighting designer, so a revision and extension is underway. In this section, the existing document is summarized and a brief overview of the most important proposals for additions and amendments are given. It should be stressed that these proposals are still under discussion. It will take some time before a final agreement will be reached.

4.2.2 The framework of the CIE Guidelines

The main parameter in the current CIE document is the Upward Light Output Ratio -

installed (ULORinst). The values given are limiting values. Lighting designers should aim at meeting the lowest specifications for all designs unless the specific installation requires relaxation. It is proposed to add to this another parameter, the Maximum Installed Lumen per unit Area.

The recommendations are based on three principles:

- * the requirements for upward light emission are related to the activities in the 'zone' under consideration ('zoning');
- * the requirements for upward light emission are most stringent in the 'night'; they may be relaxed in the 'evening'. The 'curfew' is the moment in time after which the lighting shall obey different regulations as before it;
- * in order to reduce the light pollution at one location, the lighting requirements in nearby zones must be taken into account (distance relations).

4.2.3 Zoning

Zoning is a well-established practice to establish a base for environmental regulations. The basic idea is that, in case the polluting activity cannot be avoided altogether, the environmental consequences of the pollution are not equally detrimental for all locations. The need to define zones follows from the fact that the world - at least most countries in it - is too small so that every-one can have its own territory where he or she can do whatever they fancy, including having all the light they want. Zoning is in essence a compromise.

The zones and the zone requirements are set up in relation to the (human and non-human) activities in these zones. Although the idea of zoning is wide-spread, its actual implementation and the way it is embedded in the legal system, particularly the juridical consequences of an area being designated as belonging to a certain zone, vary widely from state to state and from nation to nation. Zoning does not stop environmental pollution, but it may serve as a frame of reference for anti-pollution legislation and regulation. The description of the zones as adopted by CIE is given in Table 1. In some cases, specific aspects of the design of lighting installations and for the operation of astronomical observatories calls for a more detailed zoning

system, where one or more of the CIE zones are split up in sub-zones. The proposals made in this respect comply with the CIE zoning system.

Table 1 Description of the environmental zones according to the CIE Zoning System (from CIE, 1997, Table 1)

Zone	Description
E1	Areas with intrinsically dark landscapes: National Parks, Areas of outstanding natural beauty (where roads usually are unlit)
E2	Areas of 'low district brightness': generally outer urban and rural residential areas (where roads are lit to residential road standard)
E3	Areas of 'middle district brightness': generally urban residential areas (where roads are lit to traffic route standard)
E4	Areas of 'high district brightness': generally urban areas having mixed residential and commercial land use with high night-time activity

4.2.4 Curfew

Switching off the lights altogether may interfere with other important aspects of society. In most cases, the requirements change during the night; after a certain (fixed or flexible) moment in time, lighting can be reduced. The simplest way is to switch off the lights when they are not needed any more. For situations where after 'curfew' there is still some light needed, multiple source lanterns may be used. A more energy-effective solution is to use dimmers. Many local by-laws and ordinances impose time restrictions in the use of such lighting installations.

4.2.5 Upward Light Output requirements

The CIE report uses the maximum permissible value of ULORinst (the Upward Light Output Ratio - installed) as one of the major parameters in which the recommendations for the limitation of sky glow are expressed. It should be noted that the term "Upward Light Output Ratio" supersedes the earlier term of "Upward Waste Light Ratio" because the latter assumes - incorrectly - that all light emitted above the horizontal is always wasted. Considerations of many outstanding lighting installations show that this is not the case. In many cases, there is a need for light emitted above

the horizon in order that the lighting installation may fulfill its functional requirements.

The recommended values are given in Table 2. They are given as the maximum permissible value of ULORinst, expressed as a percentage of the luminous flux of the luminaire) for each of the four Environmental Zones as given in Table 1. The astronomical activities indicated in Table 2 are derived from the descriptions of Murdin (1997).

Table 2 Recommendations for Upward Light Output Ratio to limit the sky glow. After CIE (1997, Table 2)

Zone	ULORinst (%)	Astronomical activities rating
E1	0	observatories of (inter)national standing
E2	0-5	postgraduate and academic studies
E3	0-15	undergraduate studies, amateur observations
E4	0-25	casual sky viewing

This limit holds for each individual luminaire in that zone. The ULORinst is used instead of the more common Upward Flux because the restrictions for sky glow do not depend on the luminaire alone; the whole installation must be taken into account. The value of ULORinst can be measured for individual luminaires only if the manufacturer or provider indicates precisely how the luminaire must be mounted.

The values in Table 2 are limiting values. Lighting designers should aim at meeting the lowest specifications for all designs unless the specific installation requires relaxation.

A number of national standards or recommendations give different but similar values. In Italy a Standard has been established (UNI, 1999, quoted by Fellin et al., 2000). Also in Spain upward flux values are prescribed that are considerably lower than the CIE values (Diaz-Castro, 2000).

4.2.6 The colour of the light

In the current CIE document, the colour of the light is treated in some detail (CIE, 1997, sec. 10). It is generally accepted that the most effective way available at present to reduce interference with astronomical observations is

the use of (quasi)monochromatic light sources, more in particular the use of low-pressure sodium-vapour lamps. These lamps emit a very narrow spectral band (almost a line) in the yellow part of the spectrum. Two advantages are obvious: all other spectral regions are not involved, so that observations in other spectral regions - either photography or spectroscopy - are hardly affected (Budding, 1993; Sterken & Manfroid, 1992). Secondly, as the yellow line is close to the maximum of the sensitivity of the eye, the luminous efficacy of low pressure sodium lamps is high - they are the most efficient light sources available at present (Schreuder, 1998; Van Bommel & De Boer, 1980). On these grounds it is recommended to apply low-pressure sodium lamps for outdoor lighting near astronomical observatories.

Another aspect needs to be mentioned. It is generally accepted that monochromatic light can be used safely and effectively on roads outside built-up areas that carry motorized traffic only. See e.g. De Boer, ed. (1967); Van Bommel & De Boer (1980) and Schreuder (1998). For roads and streets in residential areas the monochromatic light is not recommended. This for two reasons: first, monochromatic light is not suitable for streets with a high crime risk, both to prevent and to fight crime (Schreuder, 1998, 2000a). The second reason is more subjective. Monochromatic light is ugly and looks insecure; in other words, for amenity reasons, white light is to be preferred (Schreuder, 1989).

4.2.8 The Maximum Installed Lumen per unit Area

It is not enough to consider only the relative upward flux per luminaire. Although this is an important parameter, it does not give an indication about the actual effect of the artificial lighting on the sky glow. Even when the requirements of the upward flux are fulfilled, the size of the lamp in the luminaire and the total number of lamps that contribute to the sky glow, must be taken into account. In Table 3 a suggestion is given, based on discussions with lighting experts and with astronomers. It should be noted that these suggestions have not yet been accepted by CIE.

Table 3 Suggestions for ranges of values for the Maximum Installed Lumen per unit Area for different zones

Zone	lumen/m ²	
	before curfew	after curfew
E1	0.02 - 0.18	0
E2	0.75	0.15
E3	3 - 12	0.8 - 2
E4	50 - 150	20 - 30

4.3 The distance relations for zoning

The light pollution in a point in a specific zone (the 'reference point', e.g. astronomical observatories, natural parks etc.) is determined not only by the lighting in that zone but also by the lighting in neighboring zones, as well as by the dimensions of these zones. The lighting requirements in zones around that specific location should be taken into account. The influence of the lighting in neighboring zones onto the overall sky glow at the reference location (reference point) depends upon the distance between the zone borderlines and the reference point.

Two aspects that seem to be conflicting, must be taken into account. At the one hand, it seems to be wise to make the zones as wide as possible. Thus, the influence of the sky glow from light sources in adjoining zones is restricted to a minimum. In this fashion, the recommended values given in Table 4 should be interpreted.

Table 4 Recommended values of the minimum distance (in km) between the zone borderlines and the reference point. After CIE (1997, table 5)

zone rating of reference point	zone rating surrounding zones recommended values of the distance (km) to borderline of surrounding zones		
	E1-E2	E2-E3	E3-E4
E1	1	10	100
E2		1	10
E3			1
E4	no limits		

This point of view is particularly valid for countries or regions where distances are large and the population is scarce or non-existing. Those are the countries where the major international or world-class astronomical observatories are

located. The values may be used in the selection process for a site for a world-class observatory. At the other hand, however, very wide zones make it difficult or even impossible to realise small-scale natural reserves, or to establish observatories with a didactical function in densely populated regions or countries. It would also mean that, because a major city – say corresponding to class E3 – is at a certain location, for wide surroundings it would be very difficult to enforce restrictions regarding obtrusive light. It would mean that amateur astronomy would have no protection at all. With this in mind, another table is added to the table from CIE (1997), designated as ‘minimum permissible distance’. This additional table should be regarded as a first suggestion. As in Table 4, the corresponding values in Table 5 are given for the minimum distance between a zone borderline and the reference point (the point of the observatory). The data are derived from data that are given in the Italian standard (Fellin et al., 2000, sec. 3). The Italian standard requires that for international observatories, the first zone must be 5 km and the second zone 5, 10 or 15 km, depending on the importance of the observatory. In Table 5, the least stringent requirements from the Italian standard are used.

Table 5 Minimum permissible distance (in km) between the zone borderlines and the reference point. Based on data from UNI (1999)

zone rating of reference point	zone rating surrounding zones recommended values of the distance (km) to borderline of surrounding zones		
	E1-E2	E2-E3	E3-E4
E1	1	5	10
E2		1	5
E3			1
E4	no limits		

5 Obtrusive light audits

The term ‘audit’ is a bookkeeping term; the dictionary defines it as “an official examination of accounts of a business or institution”, where an account means “a record of money matters, services or goods”.

Audits are a common tool in finding out in how far the aims and goals of a policy decision have

been implemented. The principle is simple: one knows the goal and one knows the results. A straight-forward comparison will show the effect. And that is precisely what is done.

The policy decisions as regards outdoor lighting are made primarily by the authorities, in most cases the municipalities. Depending on the level of sophistication of the city government and its decision-making processes, the policy is founded on objective criteria in different degrees. In many cases, the goals of the lighting installations are based on general policy principles such as providing road and public safety to citizens, or to enhance the economy of the region. In most cases the goals are considered to be arrived at when the lighting agrees to norms, recommendations or standards. For road lighting, often the well-known CIE documents are accepted as guidelines (CIE 1992, 1995).

At a certain moment in time, decisions as regards outdoor lighting – at least as far as the authority of the government goes – are made. It is a matter of straight-forward management to find out whether lighting installations are made according to the plans.

It is a task of any democratically elected government to take care of the interests of the citizens as well as taking care of the more general interests of the community. Most governments extend the matter to the world: most governments feel a responsibility to protect the Earth by working according to a well-defined environmental policy plan.

Part of the policy relates to – or at least should relate to – the protection of the dark sky. So measures related to avoiding or at least reducing obtrusive light are an essential part of that policy. This implies that the requirements and the decisions as regards the outdoor lighting take the requirements of the dark sky into account. For these requirements, IAU, IDA and CIE have published documents that can be used on a national or regional level. As has been indicated earlier, many countries, regions, states and cities have already prescriptions, by-laws or ordinances that give precise information how the lighting should look – and how not.

The audit system is a tool to find out in how far the policy goals are realised - in this case as regards the dark sky. The audit involves several steps:

- * to establish what are the policy goals of the government as regards the outdoor lighting;
- * to establish what are the standards, ordinances etc. that have to be applied or followed;
- * to establish are the photometric characteristics of the lighting installation if the policy aims and the standards are adhered to;
- * to establish what has been installed in the area (viz.: the municipality in question); this involves making an inventory of the outdoor lighting.

When this is done, a comparison can be made. Based on this comparison, recommendations can be made to the government as regards the future policy (improvements etc).

6 References

- * Anon (1984). La protection des observatoires astronomiques et geophysiques. Rapport du Groupe du Travail (The protection of astronomical and geophysical observatories. Report of the Working Group). Institut de France, Academie des Sciences, Grasse, 1984.
- * Anon. (1997). Control of light pollution - measurements, standards and practice. Conference organized by Commission 50 of the International Astronomical Union and Technical Committee TC 4-21 of la Commission Internationale de l'Eclairage CIE at The Hague, Netherlands, on August 20, 1994. The observatory, 117, 10-36, 1977.
- * Anon. (1997a). Richtlijn openbare verlichting in natuurgebieden (Guideline for road lighting in nature reserves). Publicatie 112. Ede, CROW/NSVV, 1997.
- * Budding, E. (1993). An introduction to astronomical photometry. Cambridge UP, 1993
- * CIE (1992). Guide for the lighting of urban areas. Publication No. 92. 1992.
- * CIE (1993). Urban sky glow, A worry for astronomy. Publication No. X008. 1993.
- * CIE (1995). Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic. Technical Report. Publication No. 115-1995. Vienna, CIE, 1995.
- * CIE (1997). Guidelines for minimizing sky glow. Publication No. 126-1997. Vienna, Commission Internationale de l'Eclairage CIE, 1997.
- * CIE (1998). Minutes of 14th meeting of CIE TC 4-21, held on Thursday 22 October 1998 in Bath, England. Not published.
- * Cinzano, P. (2000). Paper presented at the IAU Session of Commission 50, held at the 24th General Assembly of the IAU, Manchester, UK, 7 - 16 August 2000.
- * Cinzano, P & Diaz Castro, F.J. (1998). The artificial sky luminance and the emission angles of the upward light flux (preprint; year estimated).

- * Cohen, J. (2001). Proceedings, IAU Symposium No. 196, "Preserving the Astronomical Sky" held in Vienna, Austria, 12-16 July 1999 (to be published).
- * Crawford, D.L. (1991). Light pollution: a problem for all of us; p. 7 - 10 in: Crawford, ed., 1991.
- * Crawford, D.L. (1992). Light pollution. pg. 31-72, in: Kovalevski, ed., 1992.
- * Crawford, D.L. (1997). Photometry: Terminology and units in the lighting and astronomical sciences; p. 14-18 in: Anon., 1997.
- * De Boer, J.B., ed. (1967). Public lighting. Eindhoven. Centrex, 1967.
- * De Molenaar, J.G.; Jonkers, D.A. & Henkens, R.J.H.G. (1997). Wegverlichting en natuur I. Een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur (Road lighting and nature I. A literature study on the action and effects of light and lighting on nature). DWW ontsnipperingsreeks deel 34. Delft Dienst Weg- en Waterbouw, 1997.
- * De Molenaar, J.G.; Jonkers, D.A. & Sanders, M.E. (2000). Wegverlichting en natuur III; lokale invloed van wegverlichting op een gruttopopulatie (Road lighting and nature III; local influence of road lighting on a population of gruttos). DWW ontsnipperingsreeks deel 38. Delft Dienst Weg- en Waterbouw, 2000.
- * Diaz-Castro, J. (1993). Instrument to measure of sky glow. Instituto de Astrofisica de Canarias, la Laguna. Private communication, 24 September 1993.
- * Diaz-Castro, J. (1998). Adaptation of street lighting at La Palma. Oficina Technica para la Proteccion de la Calidad del Cielo, Instituto de Astrofisica de Canarias. La Laguna, Tenerife, Spain (preprint, year estimated).
- * Diaz-Castro, J. (2000). Private communication.
- * Fellin, L.; Iacomussi, P.; Medusa, C.; Rossi, G. & Soardo, P. (2000).
- * Compatibility between public lighting and astronomical observations; An Italian Norm. Draft 2000-08-28.
- * Isobe, S. (1999). Paper presented at the IAU Symposium No. 196, "Preserving the Astronomical Sky", Vienna, Austria, 12-16 July 1999; in Cohen, 2001.
- * Isobe, S. & Hamamura, S. (1998). Ejected city light of Japan observed by a defence meteorological satellite program. pg 191-199 in: Isobe & Hirayama, eds., 1998.
- * Isobe, S. & Hirayama, T. eds. (1998). Preserving of the astronomical windows. Proceedings of Joint Discussion 5. XXIIIrd General Assembly International Astronomical Union, 18-30 August 1997, Kyoto, Japan. Astronomical Society of the Pacific, Conference Series. Volume 139. San Francisco, Cal, 1998.
- * Isobe, S. & Kosai, H. (1994). A global network observation of night sky brightness in Japan - Method and some result. pp 155-156, in: McNally, ed., 1994.
- * Isobe, S. & Kosai, H. (1998). Star watching observations to measure night sky brightness, pg 175-184 in: Isobe & Hirayama, eds., 1998.
- * Kosai, H.; Isobe, S. & Nakayama, Y. (1993). A global network observation of night sky brightness in Japan - Method and some result. In: CIE, 1993.
- * Kosai, H.; Isobe, S. & Nakayama, Y. (1994). A global network observation of night sky brightness in Japan - Method and some result. In: McNally, ed., 1994.
- * Kovalevsky, J., ed. (1992). The protection of astronomical and geophysical sites. NATO-committee on

the challenges of modern society, Pilot Study No. 189. Paris, Editions Frontieres, 1992.

* Leinert, Ch. (1997). Natural optical background. In: Isobe & Hirayama, eds., 1998.

* Levasseur-Regourd, A.C. (1994). Natural background radiation, the light from the night sky. In: McNally, ed., 1994

* McNally, D. ed., (1994). Adverse environmental impacts on astronomy: An exposition. An IAU/ICSU/UNESCO Meeting, 30 June - 2 July, 1992, Paris. Proceedings. Cambridge University Press, 1994.

* Mice, P. & Foltz, C.B. (2000). The spectrum of the night sky over Mount Hopkins and Kitt Peak: Changes after a decade. Publications of the Astronomical Society of the Pacific. 112 (2000) number 770. April 2000. pg 566-573.

* Murdin, P. (1997). ALCoRs: Astronomical lighting control regions for optical observations. In: Anon., 1997.

* Schreuder, D.A. (1989). Bewoners oordelen over straatverlichting (Residents judge street lighting). PT Elektronica- Elektrotechniek 44(1989)5:60-64.

* Schreuder, D.A. (1992). Lighting near astronomical observatories. In: CIE, proceedings 22nd Session Melbourne 1991. Publication No. 91. CIE, Vienna, 1992.

* Schreuder, D.A. (1994). Comments on CIE work on sky pollution. Paper presented at 1994 SANCY Congress, South African National Committee on Illumination, 7 - 9 November 1994, Capetown, South Africa.

* Schreuder, D.A. (1998). Road lighting for security. (translation of "Openbare verlichting voor verkeer en veiligheid", Kluwer Techniek, Deventer, 1996). London, Thomas Telford, 1998.

* Schreuder, D.A. (1999). Sky glow measurements in the Netherlands. Paper presented at the IAU Symposium No. 196, "Preserving the Astronomical Sky", Vienna, Austria, 12-16 July 1999; in Cohen, 2001.

* Schreuder, D.A. (2000). Obtrusive light audits: A method to assess light pollution

Paper presented at The 3rd National Lighting Congress, held on 23-24 November 2000 at Istanbul, Turkey. Leidschendam, Duco Schreuder Consultancies, 2000.

* Schreuder, D.A. (2000a). The role of public lighting in crime prevention. Paper presented at the Workshop: "The relation between public lighting and crime", held at Universidade de Sao Paulo, Instituto de Eletrotecnica e Energia, 11 April 2000. Leidschendam, Duco Schreuder Consultancies, 2000.

* Sterken, C. & Manfroid, J. (1992). Astronomical photometry. Dordrecht, Kluwer, 1992.

* UNI (1999). Illuminazione pubblica - Requisiti per la limitazione della dispersione del flusso luminoso diretto verso il cielo. (Road lighting - Prescriptions on the limitation of the luminous flux emitted towards the sky). UNI Norm 10819, 1999.

* Van Bommel, W.J.M. & De Boer, J.B. (1980). Road lighting. Kluwer, Deventer, 1980.

* Van den Berg, M.M.H.E. (2000). Signalement gevolgen van verlichting voor mens-en natuur (Survey of effects of lighting on humans and on nature, draft July 2000). Den Haag, Gezondheidsraad, 2000.

* Walker, M.F. (1973). Light pollution in California and Arizona. Publ. Astron. Soc. Pacific 85 (1973) 508-519.

* Woltjer, I. (1998). Economic consequences of the deterioration of the astronomical environment. Pg. 243 in: Isobe & Hirayama, eds., 1998.

Leidschendam, the Netherlands, January 15, 2001

Dr. D.A. Schreuder

Duco Schreuder Consultancies

Spechtlaan 303

2261 BH Leidschendam

Holland

Tel.: (+31-70) - 327 74 88

Fax.: (+31-70) - 317 68 64

E-mail: d.a.schreuder@wxs.nl



1958 MA degree in Applied Physics, University Delft. 1964 Dr. of Technology, University Eindhoven ('The lighting of vehicular traffic tunnels'). 1958-1968 with Lighting Laboratories, Philips, Eindhoven, research in vision and in lighting for roads, tunnels and vehicles. 1968-1972 studies in psychology and philosophy at Haarlem International

Institute. 1968-1993. Senior researcher with Institute for Road Safety Research SWOV in Leidschendam. Work primarily in the areas of visual perception and lighting for transport (signs, signals, road and vehicle lighting). Other work in various areas of road safety research (road and vehicle design, education, road safety in developing countries etc.). Since 1993 independent consultant. Studies on theory of road accidents, road safety in developing countries, transport lighting, tunnel lighting, influence of traffic lights and signals, road markings, lighting and astronomy, environmental impact of lighting. Member and Chairman of several past and present OECD, EG, CIE and CEN working groups. Author and co-author of several books and well over 300 scientific publications.

Intrat în redacție - 17.01.2001

REDUCEREA LUMINII INOPORTUNE

1 Introducere

Orice iluminat exterior este funcțional, funcția sa fiind de a îmbunătăți vizibilitatea (iluminat util) și/sau estetică (iluminat decorativ). Eficacitatea iluminatului este gradul la care funcția sa este îndeplinită; eficiența este gradul la care beneficiile depășesc costurile. Beneficiile includ în primul rând (monetarul evitat) reducerea costurilor financiare care implică accidente, ambuteiaje, infracțiuni penale și pierderi economice. Beneficiarii sunt de obicei persoane fizice sau companii. În al doilea rând sunt beneficiile nefinanciare: evitarea pierderilor personale și a procedurilor de rezolvare a neînțelegerilor provenite din accidente rutiere sau reducerea fricii pentru crimă. Costurile includ în primul rând costurile financiare directe ale echipamentului de iluminat: instalație, întreținere și utilizare energie și costuri indirecte; cum ar fi risipa de energie și materiale în fabricarea echipamentului, deșeuri toxice provenite de la lămpile și balasturile îndepărtate etc. Aceste costuri sunt de obicei suportate de autorități. Mai mult, costurile nefinanciare (utilizarea energiei, reducerea resurselor naturale etc) și impactul negativ asupra mediului, cauzatoare de disconfort și iritare. Costurile și beneficiile pentru iluminatul stradal și relațiile de interdependență dintre acestea sunt prezentate în Schreuder (1998).

O proiectare bună a iluminatului înseamnă că lumina cade acolo unde este necesară și nu altundeva. Dacă nu, lumina este 'risipită', ceea ce poate cauza pierderi considerabile economice și ecologice. Lumina, banii și energia sunt practic risipite. Mai mult, lumina împrăștiată din instalațiile de iluminat exterior poate cauza disturbanță și disconfort pentru multe persoane și, de asemenea, pentru acelea care nu au nimic de a face cu activitățile pentru care a fost proiectată instalația de iluminat. Aceasta reprezintă lumina inoportună sau 'lumina contravenientă'. Lumina inoportună creează victime, unele dintre acestea fiind astronomii, atât profesioniști cât și amatori, dar și un grup mare de persoane care preferă întunericul. Astronomii sunt limitați în posibilitatea de a face observații precise.

Lucrarea se bazează pe o prezentare de la The 3rd National Lighting Congress - noiembrie 2000, Istanbul, Turcia (Schreuder, 2000).

2 Originea și efectul haloului

2.1 Radiația naturală a fondului

Haloul se prezintă ca o luminanță de fond suprapusă pe cer, față de care sunt observate obiectele astronomice. Interferența observațiilor astronomice este cauzată de reducerea contrastului de luminanță. Haloul este cauzat de dispersia nedirecționată a luminii datorită particulelor din spațiu și atmosferă. O parte din lumină și o parte din particule sunt naturale și o parte este artificială. Radiația (naturală) a fondului este definită ca radiația (luminanța) rezultată din dispersia de lumină naturală datorată particulelor naturale. Pentru observatorii de pe pământ, luminanța naturală a fondului este limita absolută pentru observații. Mai multe explicații pot fi găsite în Levasseur-Regourd (1994) și Leinert (1997).

2.2 Efectul haloului asupra observării obiectelor de contrast

Pentru a înțelege efectul haloului (difuz), trebuie realizat faptul că toate observațiile vizuale, fotografice și electronice ale obiectelor care emit lumină sunt în esență o observare a contrastului. Dacă luminanța obiectului este L_o și luminanța fondului față de care trebuie observat obiectul este L_b , contrastul C este definit convențional ca fiind - relația [1].

Lumina cauzează un voal luminos care se întinde deasupra câmpului de observație. Acest voal are o luminanță numită L_v . Luminanța de voal este adăugată la toate luminanțele din câmpul de observație. Contrastul se va reduce - relația [2]. Întrucât numărătorul rămâne constant și numitorul întotdeauna este mai mare, rezultă [3]. Aceasta este calea prin care inginerii lumino tehnici determină influența orbirii.

Dacă obiectul care trebuie observat este o stea, se poate presupune că luminanța sa observată este egală cu luminanța (intrinsecă) suprafeței acesteia și, prin urmare, este mult mai mare decât L_v . Totuși, dacă o stea aflată la distanță este aproximată geometric ca fiind o 'sursă punctuală', imaginea sa în

instrumentul cu care este efectuată observarea nu este reprezentată ca fiind un punct. Imaginea nu poate fi niciodată mai mică decât o mărime anume de limitare, nici chiar utilizând instrumente optice excelente cu difracție limitată. Cu ochiul liber, care este destul de departe ca să fie considerat cu difracție limitată, diametrul minim al oricărui obiect vizual este echivalent cu aproape un minut de arc. Aceasta înseamnă că pentru ochiul liber, L_o nu este foarte mare. Deci, chiar pentru cei mai buni observatori și în condiții excelente, limita detectării cu ochiul liber este aproximativ de magnitudinea șase. Este de remarcat că astronomii utilizează o unitate care nu se încadrează în standardele ISO pentru a cuantifica luminanțele, viz. 'magnitudine pe arcsec²'. Se adoptă următoarea conversie în luminanțe ISO (pentru vederea fotopică): 'o luminanță de $3,2 \cdot 10^{-6}$ cd/m² corespunde la 26,33 mag/arcsec²'. (CIE, 1997).

Magnitudinea de limitare rezultă din definiția magnitudinii – relația [4], unde 11 și 12 sunt intensitățile luminoase ale celor două stele care sunt comparate. Pentru detalii se poate urmări Sterken & Manfroid (1992). La stabilirea influenței strălucirii cerului, cea mai mică luminanță în condițiile cele mai favorabile este L_{o1} și în condiții de strălucire a cerului este L_{o2} . Luminanța fondului este L_b și respectiv L_v . Cu $L_v = a \cdot L_b$ și conform [1] și [2] pentru observare la pragul sensibilității de contrast, C este egal cu C' – relația [5].

Dacă L_b este mică în comparație cu L_{o1} și L_{o2} , la numitor L_b poate fi neglijată. Formula [5] devine – relația [6]. Dacă introducem L_{o1} și L_{o2} pentru 11 și 12, în [4], m devine [7], unde m – creșterea în prag sau descreșterea în limitarea magnitudinii ca un rezultat al luminanței de voal. Această formulă este numită 'formula haloului' (CIE 1997).

2.3 Sursele de halou artificial

Haloul este rezultatul luminii care este proiectată în sus și apoi împrăștiată înapoi pe suprafața pământului. O parte din lumină deviată este proiectată direct în sus. De obicei, acest fapt rezultă dintr-o proiectare slabă sau un iluminat necorespunzător; de asemenea, se poate întâmpla totuși dacă se dorește ca lumina să fie direcționată în sus. O altă contribuție

majoră a luminii deviate este lumina direcționată corect spre obiecte, dar care este reflectată de către acestea. Suprafețele stradale, iarba și clădirile reflectă o parte semnificativă din lumina incidentă și lumina reflectată este, de obicei, îndreptată în sus. Ar trebui subliniat în acest sens că lumina servește scopului său doar dacă intră în ochiul observatorului. În unele cazuri, cum ar fi semnalizarea, lumina 'utilă' este furnizată de însăși sursa de lumină, dar în aproape toate celelalte cazuri ea este lumina reflectată de o suprafață. Astfel, s-ar putea sugera ca toate suprafețele să fie negre, pentru ca să nu existe lumină reflectată, însă, în realitate, această recomandare este fără sens întrucât dacă s-ar proceda astfel, chiar dacă ar fi posibil în prima fază, s-ar ajunge ca instalațiile de iluminat să fie inutile. Aceasta este, în particular, cazul suprafețelor stradale.

Principalele surse de lumină deviată care poate interfera cu observările astronomice sunt (în ordine aleatoare):

- iluminat stradal;
- semnale de avertizare;
- iluminatul clădirilor, discotecilor și monumentelor;
- iluminatul ancorărilor;
- iluminatul serelor;
- iluminatul spațiilor sportive;
- iluminatul magazinelor, parcarilor, fermelor, depourilor etc.

Este foarte dificil să ne formăm o idee generală despre importanța relativă a acestor surse de halou. Ponderea relativă variază de la caz la caz și este determinată, chiar considerabil, de reglementările naționale și locale. Toate sursele de halou artificial au un lucru în comun: toate reprezintă o pierdere economică. Crawford a estimat pierderea anuală a unui miliard de dolari numai în US (Crawford, 1991, 1997). Isobe a prezentat date similare dar mai detaliate pentru orașe și localități specifice (Isobe 1999).

În ciuda faptului că lumina contravenientă reprezintă o problemă pentru astronomi, există puține cercetări privind aspectele cantitative și calitative ale interferenței luminii pentru observațiile astronomice. Majoritatea se bazează pe lucrarea lui Walker (1973). De obicei, lumina care interferează cu observațiile astronomice se prezintă ea însăși în forma unui halou în vecinătatea ariilor urbane, industriale

sau agricole. Luminanța haloului poate fi exprimată prin 'Legea lui Walker' – relația [8] (după Anon, 1984) unde p este raportul dintre haloul observat, măsurat în direcția sursei, la o înălțime de 45° și radiația naturală a fondului; R - distanța până la sursă (în km); F - fluxul luminos total al iluminatului exterior (în lumeni). Ca o alternativă a acestei legi, numărul de lumeni este înlocuit cu fluxul luminos emis de orașe per capita (Crawford, 1992, p.45). Garstang utilizează numărul de 1000 de lumeni per capita.

Este de menționat că există unele îndoieli dacă unghiul de 45° este cel mai potrivit; multe observări astronomice sunt realizate la 30° sau chiar 15° . Ultimul unghi este utilizat în Olanda pentru a descrie mai general influența haloului asupra experienței populației în împrejurimile surselor de halou (Anon 1997a). Pe de altă parte, observațiile astronomice sunt rareori făcute aproape de linia de orizont. S-a recomandat să se considere haloul sub 150° ca o problemă în principal estetică și numai haloul peste 150° ca o preocupare pentru observațiile astronomice.

Fellin ș.a. (2000) au prezentat o relație care permite să se determine creșterea magnitudinii de prag numai pentru stele vizibile, ca rezultat al parametrilor iluminatului – relația [9], unde: UM este creșterea magnitudinii de prag pentru stele vizibile; R_n – fluxul total direcționat în sus, al întregului oraș, așa cum se definește în cele ce urmează; r – suprafața medie a factorului de reflexie (după Fellin s.a., 2000, ec. 9).

2.4 Creșterea haloului în ultimii ani

În ciuda faptului că haloul urban este unul dintre factorii principali de limitare pentru observațiile astronomice, s-au efectuat foarte puține studii sistematice despre importanța și extinderea problemei în practică. În continuare sunt prezentate câteva exemple.

În Japonia, în ariile puternic industrializate sau foarte populate, cum sunt Tokyo, Yokohama și Osaka, haloul este deseori mai mare cu 4 mag/arcsec² decât cel din zonele rurale, corespunzând unui factor de luminanță de 100 (Kosai ș.a., 1993, 1994). Măsurători similare au fost efectuate și în Olanda, în aproximativ 100 de locuri simultan. Valorile individuale s-au încadrat între 20,97 și 17,2

mag/arcsec², din nou corespunzând unui factor de 100 al luminanței. Detalii sunt prezentate în Schreuder (1994). În 1997, s-a întocmit un studiu similar prin estimarea magnitudinii vizuale limite a stelelor care abia pot fi văzute. S-au obținut rezultate similare. Vezi Schreuder (1999).

Aproape oriunde, haloul crește peste ani (Cinzano, 2000). Câteva exemple. Între 1988 și 1998 s-au efectuat măsurători la două observatoare principale din US (Kitt Peak and Mount Hopkins). La Mount Hopkins, 'strălucirea cerului zenitală... a crescut ușor ...la 0,1 – 0,2 mag/arcsec²'. Aceasta înseamnă o creștere de 10 – 20% a luminanței cerului. La Kitt Peak creșterea a fost mai mare, de la 0,2 la 0,5 mag/arcsec² în diferite direcții (Mice & Folz, 2000, p 572). Astfel, chiar în cele mai bine protejate locuri din US și probabil din lume, luminanța cerului este în creștere.

Pentru o serie de orașe japoneze a fost măsurată creșterea din ultimii ani (Isobe & Hamamura, 1998). Rezultatul unui astfel de studiu arată că haloul a crescut în medie cu 10% pe an.

Alte informații japoneze sunt colectate cu ajutorul metodei globale, utilizând camere foto, așa cum au prezentat Isobe & Kosai (1994). Măsurătorile arată în general o tendință pentru o creștere considerabilă a strălucirii cerului, cu excepția notabilă din timpul Războiului din Golf, când în Japonia s-au luat măsuri de economie. Măsurătorile fotometrice efectuate în Tokio prezintă o creștere dramatică a strălucirii cerului. În 1958 a fost de 20,5 mag/arcsec², în 1978, de 19,5 și în 1998 de 17,6. Aceste valori corespund unei luminanțe de 0,99; 1,49 și $14,6 \cdot 10^{-3}$ cd/m² - o creștere cu un factor de 15 în 40 de ani.

2.5 Alte aspecte ale poluării luminoase

Până de curând, era ceva obișnuit să se considere că numai omul este o victimă a poluării luminoase. Majoritatea studiilor au fost realizate de astronomi și s-a făcut presiune pentru a proteja locurile de amplasare a observatoarelor astronomice. Într-un cadru mai restrâns au fost investigate și aspecte ale sănătății publice. Acestea par să fie relativ minore. Totuși, multe animale, cum ar fi insectele și păsările și, de asemenea, broasca țestoasă de mare suferă din cauza luminii în

timpul nopții. În Olanda s-au efectuat un număr mare de studii literare și studii experimentale. O compilare a literaturii poate fi găsită în Van den Berg (2000), De Molenaar s.a (1997, 2000). Majoritatea studiilor relatează impactul iluminatului autostrăzilor asupra rezervațiilor naturale și parcurilor (Anon, 1997a).

2.6 Costurile poluării luminoase

Problemele cauzate de poluarea luminoasă apar când haloul este mai accentuat în raport cu radiația cerului pe timp de noapte, într-un anumit moment și loc. Este de remarcat că pentru a găsi o radiație naturală a fondului stabilă și scăzută, astronomii și-au instalat observatoarele în vârful munților aproape de deșerturi, acolo unde există puțin aer deasupra lor și unde aerul este curat (fără turbulențe sau praf). Acest fapt face ca problema poluării luminoase să fie mult mai restrictivă deoarece astfel de observatoare sunt foarte scumpe ca investiție și chiar și pentru a fi funcționale. Poluarea luminoasă duce la o reducere a eficienței observatorului. De exemplu, o creștere a haloului cu 20% reduce deschiderea efectivă cu 25%; pentru valori neobișnuite ale creșterii haloului cu un factor de 2 sau 5, pierderea deschiderii efective este de 61% sau 89% (Crawford, 1992, tabel 2.1). Aceasta înseamnă că observatoarele nu sunt utilizate în totalitate; această lipsă de eficiență poate fi exprimată ca un factor de cost adițional, atât în investiții cât și în operarea instalațiilor. Aceste fonduri ar putea fi utilizate pentru a îmbunătăți instalațiile de iluminat.

Există și o altă abordare a acestei probleme. Poluarea luminoasă reduce vizibilitatea într-un mod similar cu alți factori de disturbantă. În multe cazuri aceasta poate fi compensată prin creșterea dimensiunilor telescopului. Mărirea dimensiunilor telescopului este foarte scumpă. Murdin (1997) a dat următoarea regulă de bază: costurile telescoapelor cresc cu puterea a treia a diametrului oglinzii sau lentilei – ceea ce este echivalent cu volumul cupolei. Astfel, dacă poluarea luminoasă reduce diametrul efectiv al oglinzii cu 5% (care pare o estimare rezonabilă chiar pentru halou delicat), pierderile economice sunt 15%. Așa cum se știe că un telescop mare poate costa aproximativ 100 milioane USD, o mică diminuare a poluării

luminoase poate însemna un 'profit' de 15 milioane de USD. Pare rezonabil să se estimeze că există aproximativ 30 de astfel de telescoape în lume și alte 500 mai mici cu un factor de 10. Aceasta conduce la un total 'hardware' de 8000 milioane USD. Utilizând estimarea de 15% dată anterior, aceasta ar putea însemna că poluarea luminoasă necesită o investiție externă neprofitabilă de 1200 milioane USD. Ca o comparație, Woltjer (1998) estimează că 4000 – 5000 milioane de USD sunt atribuiți activităților legate de astronomie în întreaga lume. Referitor la funcționarea unui observator mare, s-a arătat că o investiție de 15.000 USD pentru a îmbunătăți iluminatul în preajma observatorului este eficientă din punct de vedere al costurilor, dacă prin aceasta instalația poate fi utilizată suplimentar o oră pe an (Schreuder, 1992).

3 Măsurări ale haloului

3.1 Domeniul studiilor

Din mai multe motive, sunt necesare studii asupra unor suprafețe mari. Metoda trebuie să fie simplă și ieftină și evaluările trebuie întocmite de amatori sau chiar nespecialiști. Se folosesc două sisteme:

(a) *Evaluarea vizibilității limită a stelelor.* În cadrul unei suprafețe date a cerului (ex. între patru stele bine cunoscute), stelele vizibile sunt numărate. Cunoscând magnitudinea stelelor, poate fi stabilită magnitudinea stelelor care sunt 'aproape' vizibile (stelele limite). Luând în considerare acest fapt, de ex. utilizând date epidemiologice bine cunoscute ale distribuției acuității vizuale, metoda poate fi utilizată pe scară largă. Utilizarea binocurilor nu este recomandată deoarece calitatea optică a binocurilor variază considerabil. Exemple ale utilizării unor astfel de măsurători sunt prezentate în Isobe & Kosai (1998) și Schreuder (1999).

(b) *Studiile fotografice* utilizează un număr mare de observatori amatori care realizează fotografii cu aparate obișnuite și cu film normal a suprafeței zenitale din cartierul lor. Aparatul trebuie să aibă o lungime focală de 50-55 mm și un raport F de 2,0 sau mai mic. Expunerile sunt realizate pe filme color 400 ASA și o oprire de 4 cu un timp de expunere de 80 secunde. De la relația dintre densitatea filmului

dintre fond și urma stelelor cunoscute se poate stabili lumina cerului. Mai multe detalii se pot găsi în Isobe & Kosai (1998) și Kosai ș.a. (1994).

3.2 Studii continue

Studii continue sau cvasi-continue ale haloului pot fi întocmite prin monitorizarea strălucirii cerului. Aceste studii sunt realizate deseori în locuri selectate, adesea locația este luată în considerare ca amplasament al observatorului principal. Datele într-o perioadă de cel puțin un an (pentru a include orice variații de sezon) vor oferi informații adecvate dacă acel amplasament este corespunzător sau nu. Studiul poate fi realizat cu echipament fotometric standard care este disponibil în toate observatoarele. De obicei, măsurările haloului nu includ elevațiile mai mici de 15° . În multe cazuri, măsurările sunt continuate după construirea observatorului. În prezent, sunt colectate date de la un număr de mari observatoare din lume.

3.3 Monitorizare amplasamentului

Pentru o monitorizare adecvată a amplasamentului la observatoarele existente, se pot utiliza telescoape astronomice obișnuite cu echipament standard pentru a efectua măsurări fotometrice. Această monitorizare se face în multe observatoare ca o procedură de rutină. Un instrument în uz este descris la Observatorul din Insulele Canare de către Diaz-Castro (1993).

Pe baza mai multor observări, s-a concluzionat că nu se justifică o precizie de măsurare deosebită. S-a raportat că și pe timp de 'noapte foarte întunecoasă' variațiile de lumina a haloului până la 30% sunt obișnuite. De asemenea, influența poluării luminoase poate fi considerabilă, astfel că precizia de măsurare deosebită pare să nu fie justificată (Cinzano & Diaz Castro, 1998; Diaz Castro, 1998).

Pe baza diferitelor considerații, Comitetul Tehnic al CIE TC 4.21 a adoptat ca metodă de lucru următoarea procedură. Această metodă constă în măsurarea luminanței medii la zenit într-un con de 10 grade (2.5) și pe șase suprafețe similare, adiacente. Aria cu lumina minimă este luată în considerare pentru a

reprezenta haloul din jurul zenitului. În plus, aceleași măsurări conice pot fi realizate la elevații de 60 și 30 în opt direcții ale campusului pentru a reprezenta distribuția haloului de pe cer. Este de remarcat că aceste măsurări pot fi realizate cu instrumente de măsurare relativ simple (CIE, 1998).

4 Eforturile de reducere a luminii inoportune

4.1 Aspectele politicii recomandărilor pentru reducerea luminii inoportune

În cele mai multe țări, rolul reglementărilor privind lumina inoportună este de a oferi prezumtivilor investitori posibilitatea de a-și realiza planurile doar dacă aceste planuri sunt în conformitate cu reglementările, și de a interzice realizarea acestora în alte cazuri. În plus, reglementările sunt utilizate pentru a verifica dacă instalațiile existente respectă sau nu aceste reglementări. Este o problemă de legislație națională cine are inițiativa de verificare și ce se întâmplă dacă instalațiile de iluminat nu respectă reglementările.

Reglementările, dacă sunt utilizate în acest sens, necesită date cantitative privind limita a ce este permis și ce nu. De obicei, sistemul limitativ este descris în legislație, în timp ce datele numerice sunt incluse în reglementările de bază. Este de notat că există diferențe considerabile între țări, în special în ceea ce privește jurisdicția și autonomia diferitelor niveluri guvernamentale (municipalități, regiuni, provincii, state, guvern central etc.). În toate cazurile, pentru ca reglementările să fie eficiente trebuie să includă pe lângă datele numerice și cantitative privind limitele de acceptare și definițiile clare ale valorilor implicate, precum și metodele de măsurare aprobate. Trebuie avut în vedere că este posibil ca întrebarea dacă o schemă specifică de iluminat este corespunzătoare să ajungă până în instanță.

4.2 Principii generale ale recomandărilor actuale CIE

4.2.1 Documentele actuale și propuse de CIE

În 1997, CIE a emis Publicația Nr. 126-1997: "Ghid pentru minimalizarea haloului" (CIE, 1997). Acest document a umplut un gol,

prezentând un număr de aspecte tehnice și fotometrice privind reducerea haloului. Totuși, nu oferă destule informații pentru proiectantul de iluminat, astfel este indicată o revizie și o extensie. În această secțiune, documentul existent este rezumat și este prezentat un raport de revizuire generală a celor mai importante propuneri pentru amendamente și aditivi. Ar trebui subliniat faptul că aceste propuneri sunt încă în faza de discuții. Va mai trece ceva timp până când un acord final să fie stabilit.

4.2.2 Cadrul indicațiilor generale CIE

Parametrul principal al documentului actual CIE este Rata Fluxului Luminos Emis în Sus (ULORinst). Valorile date sunt valori limită. Proiectanții de iluminat trebuie să tindă spre îndeplinirea valorilor inferioare ale acestor specificații pentru toate proiectele, cu excepția cazurilor în care instalațiile particulare necesită alte valori. Se propune să se adauge un alt parametru, Fluxul Luminos Instalat Maxim pe unitatea de suprafață.

Recomandările se bazează pe trei principii:

- Cerințele privind emiterea luminii în sus se referă la activitățile din 'zona' considerată ('zoning')
- Cerințele privind emiterea luminii în sus sunt mai stringente 'noaptea' și pot fi mai relaxate 'seara'. 'Punctul critic' (engl. 'curfew') este momentul în timp după care iluminatul trebuie să se supună riguros diferitelor reguli pe care anterior le-a omis;
- Pentru a reduce poluarea luminoasă într-un spațiu, trebuie luate în considerare cerințele iluminatului în zonele din apropiere (relațiile de distanță).

4.2.3 Zonarea

Zonarea este o practică recunoscută pentru stabilirea unei baze a reglementărilor de mediu. Ideea fundamentală este că, deși activitățile poluante nu pot fi evitate, consecințele poluării asupra mediului nu afectează în mod egal toate zonele. Necesitatea de a defini zonele pornește de la faptul că majoritatea țărilor din lume sunt prea mici pentru ca fiecare să poată deține un teritoriu pe care să facă orice dorește, inclusiv

să aibă câtă lumină dorește. Zonarea este în esență un compromis.

Zonele și cerințele zonale sunt stabilite în raport cu activitățile (umane și non-umane) din aceste zone. Deși ideea de zonare este larg răspândită, modul de implementare și de încadrare în sistemul legal, în special consecințele juridice ale unor spații care sunt desemnate ca aparținând unei anumite zone, sunt diferite de la stat la stat și de la națiune la națiune. Zonarea nu oprește poluarea mediului, dar servește ca punct de referință pentru legislația și reglementarea de anti-poluare. Descrierea zonelor adoptate de CIE este prezentată în Tabelul 1.

În unele cazuri, aspectele specifice ale proiectării instalațiilor de iluminat și ale operării observatoarelor astronomice necesită un sistem de zonare mai detaliat, în care una sau mai multe zone CIE sunt împărțite în subzone. Propunerile făcute în acest sens respectă sistemul de zonare CIE.

4.2.4 Punctul critic

Înteruperea iluminatului poate interfera cu alte aspecte importante ale societății. În multe cazuri, cerințele se schimbă pe timp de noapte, astfel că iluminatul poate fi redus după un anumit moment de timp (fix sau flexibil). Cea mai simplă modalitate este de a întrerupe lumina când nu mai este necesară. În situațiile în care după 'punctul critic' mai este necesară puțină lumină, pot fi utilizate multiple surse de lumină lanterne. O soluție mai eficientă este utilizarea variatoarelor de flux luminos (dimerelor – engl. 'dimmers'). Multe legi și ordonanțe locale impun restricții de timp în utilizarea unor astfel de instalații de iluminat.

4.2.5 Cerințele Fluxului Luminos Emis în Sus

Raportul CIE utilizează valoarea maximă permisă a ULORinst (Rata Fluxului Luminos Emis în Sus) ca unul dintre parametrii principali utilizat în enunțarea recomandărilor pentru limitarea haloului. Trebuie notat faptul că termenul ULORinst înlocuiește termenul "Rata pierderii de lumină emisă în sus" deoarece ultimul termen presupune – incorect – că toată lumina emisă deasupra liniei orizontale reprezintă întotdeauna o pierdere.

Considerațiile privind multe instalații de iluminat renumite arată contrariul. În multe cazuri, există un necesar de lumină emisă deasupra liniei orizontale pentru ca instalația de iluminat să poată îndeplini cerințele sale de funcționalitate.

Valorile recomandate sunt prezentate în Tabelul 2. Acestea sunt exprimate ca valoarea maximă permisă a ULORinst (exprimată ca procent al fluxului luminos al corpului de iluminat), pentru fiecare din cele patru zone de mediu, prezentate în Tabelul 1. Activitățile astronomice indicate în Tabelul 2 provin din descrierile lui Murrin (1997).

Această limită este exprimată pentru fiecare corp de iluminat din acea zonă. ULORinst este utilizată în locul obișnuitului termen Flux Emis în sus deoarece restricțiile pentru halou nu depind de un singur corp de iluminat; întreaga instalație trebuie luată în considerare. Valoarea ULORinst poate fi măsurată pentru un singur corp de iluminat numai dacă producătorul indică în mod precis cum trebuie să fie montat corpul de iluminat.

Valorile din Tabelul 2 sunt valori de limitare. Proiectanții în iluminat trebuie să respecte îndeplinirea valorilor inferioare ale acestor specificații pentru toate proiectele, cu excepția cazurilor în care instalațiile particulare necesită alte valori.

Un număr de recomandări și standarde naționale prezintă valori diferite, dar similare. În Italia a fost întocmit un Standard (UNI, 199, cota de Felin s.a, 2000). De asemenea, în Spania valorile fluxului emis în sus sunt prescrise ca fiind considerabil mai mici decât valorile CIE (Diaz-Castro, 2000).

4.2.6 Culoarea luminii

În documentul CIE actual, culoarea luminii este tratată detaliat (CIE, 1997, sec. 10). Este general acceptat faptul că cel mai eficient mod disponibil pentru a reduce interferența cu observațiile astronomice îl reprezintă utilizarea surselor de lumină (cvasi)monocromatice, în special utilizarea lămpilor de joasă presiune cu vapori de sodiu. Aceste lămpi emit o bandă spectrală foarte îngustă (aproape o linie) în partea galbenă a spectrului. Se evidențiază două avantaje. În primul rând, toate celelalte regiuni spectrale nu sunt implicate, astfel că

observațiile – atât fotografiile cât și spectroscopii – în alte regiuni spectrale sunt afectate puternic (Budding, 1993, Sterken & Manfroid, 1992). Al doilea avantaj este că întrucât linia galbenă este apropiată de maximul sensibilității ochiului, eficacitatea luminoasă a lămpilor de joasă presiune cu vapori de sodiu este ridicată – sunt cele mai eficiente surse luminoase disponibile în prezent (Schreuder, 1998; Van Bommel & Boer, 1980). Pe baza acestora, se recomandă să se aplice lămpile de joasă presiune cu vapori de sodiu pentru iluminatul exterior aproape de observările astronomice.

Trebuie menționat un alt aspect. În general este acceptat faptul că lumina monocromatică poate fi utilizată eficient și în condiții de siguranță pe străzile din afara zonelor locuite care necesită numai trafic motorizat. Vezi de ex. De Boer, ed. (1967), Van Bommel & De Boer (1980) și Schreuder (1998). Pentru șoselele și străzile din zonele rezidențiale lumina monocromatică nu este recomandată. Aceasta din două motive: în primul rând pentru că lumina monocromatică nu este corespunzătoare pentru străzile cu rata criminalității ridicată, atât pentru a preveni cât și pentru a combate crimele (Schreuder, 1998, 2000a). Al doilea motiv este mai subiectiv. Lumina cromatică este neplăcută și pare nesigură, cu alte cuvinte, din motive de ambianță este preferată lumina albă (Schreuder, 1989).

4.2.8 Fluxul Luminos Instalat Maxim pe unitatea de suprafață

Nu este suficient să se considere numai fluxul relativ emis în sus emis de un corp de iluminat. Deși acesta este un parametru important, el nu dă nici o indicație despre efectul iluminatului artificial asupra haloului. Chiar dacă cerințele fluxului emis în sus sunt îndeplinite, trebuie luate în considerare dimensiunea lămpii în corpul de iluminat și numărul total de lămpi care contribuie la halou. Pe baza discuțiilor dintre experții în iluminat și astronomi este prezentată o sugestie în Tabelul 3. Ar trebui remarcat faptul că aceste sugestii nu au fost încă acceptate de CIE.

4.3 Relațiile distanțelor pentru zonare

Poluarea luminoasă într-un punct dintr-o zonă specifică (punct de referință, ex

observatoare astronomice, parcuri naturale etc.) este determinată nu numai de iluminatul din zona respectivă, ci și de iluminatul în zonele din vecinătate, precum și de dimensiunile acestor zone. Trebuie luate în considerare cerințele iluminatului în zonele din vecinătatea acelei localizării specifice. Influența iluminatului din zonele din vecinătate asupra haloului global din locul de referință (punct de referință) depinde de distanța dintre frontierele zonei și punctul de referință.

Trebuie luate în considerare două aspecte care par să fie în conflict. Pe de o parte, pare să fie rezonabil ca zonele să fie cât mai întinse. Deci, influența haloului de la sursele luminoase în zonele adiacente este limitată la un minim. În această manieră ar putea fi interpretate valorile recomandate prezentate în Tabelul 4. Acest punct de vedere este în particular valabil pentru țările sau regiunile cu distanțe mari și populație redusă sau inexistentă. Acestea sunt țările unde sunt localizate majoritatea observatoarelor astronomice internaționale. Valorile pot fi utilizate în procesul de selecție pentru un amplasament al unui observator de clasă mondială.

Pe de altă parte, totuși, zonele foarte întinse fac dificilă sau chiar imposibilă realizarea rezervațiilor naturale pe scară mică sau stabilirea observatoarelor cu funcții didactice în țările sau regiunile populate intens. De asemenea, ar însemna că deoarece un oraș principal – corespunzător clasei E3 – are o anumită localizare, pentru largi zone din împrejurimi ar fi foarte dificil să se impună restricții privind lumina inoportună. Ar însemna că astronomii amatori nu ar avea deloc protecție. Ținând cont de acestea, pe lângă tabelul CIE (1997) se mai consideră un tabel (Tabelul 5) desemnat ca 'distanța minimă permisă'. Acest tabel adițional poate fi considerat ca o primă sugestie. Ca și în Tabelul 4, valorile corespundente din Tabelul 5 sunt date pentru distanța minimă dintre o frontieră a zonei și punctul de referință (punctul de observare). Datele derivă din datele prezentate în standardul italian (Fellin s.a, 2000, sec. 3). Standardul italian necesită ca pentru observatoarele internaționale, prima zonă trebuie să fie la 5 km și a doua zonă la 5, 10 sau 15 km, depinzând de importanța observatorului.

În Tabelul 5 sunt utilizate cerințele cele mai puțin stringente din standardul italian.

5 Auditul luminii inoportune

Termenul de audit este un termen legat de contabilitate; dicționarul îl definește ca 'o examinare oficială a conturilor unei instituții sau firme', unde un cont înseamnă 'o înregistrare de bani, servicii sau bunuri'.

Auditorile sunt un instrument obișnuit pentru a defini cât de puternic s-au implementat scopurile unei decizii politice. Principiul este simplu: unul cunoaște scopul și celălalt cunoaște rezultatele. O comparație va arăta efectul. Aceasta se obține în mod precis.

Politica deciziilor în ceea ce privește iluminatul exterior este realizată în primul rând de autorități, în cele mai multe cazuri de municipalități. Depinzând de nivelul de sofisticare al primăriei și proceselor de luare a deciziilor, procedura este regăsită ca un criteriu obiectiv la diferite niveluri. În multe cazuri, scopurile instalațiilor de iluminat se bazează pe principiile generale ale politicii, cum ar fi asigurarea străzii și siguranța publică a cetățenilor sau de intensificare economică a regiunii. În cele mai multe cazuri, scopurile se consideră că au fost atinse atunci când iluminatul îndeplinește normele, recomandările sau standardele. Pentru iluminatul stradal, documentele bine cunoscute CIE (CIE 1992, 1995) sunt acceptate ca și îndrumare.

La un anumit moment se iau deciziile privind iluminatul exterior – cel puțin atât cât autoritățile guvernamentale funcționează. Este o problemă de administrare corectă pentru a verifica dacă instalațiile de iluminat sunt în conformitate cu planurile.

Este o sarcină a oricărui guvern ales democratic de a reprezenta interesele cetățenilor precum și a susține interesele generale ale comunității. Multe guverne extind problema la nivel mondial: multe guverne se simt responsabile să protejeze Pământul, acționând conform cu un plan de politică de mediu bine definit.

O parte a politicii se referă la - sau cel puțin ar trebui să se refere la - protecția cerului întunecat. Astfel de măsuri privind evitarea sau cel puțin reducerea luminii inoportune fac parte

esențială din acea politică. Aceasta implică ca deciziile și cerințele privind iluminatul exterior să aibă în considerare cerințele de cer întunecat. Pentru aceste cerințe, IAU, IAD și CIE au publicat documente care pot fi utilizate la nivel național sau regional. Așa cum s-a relatat anterior, multe țări, regiuni, state și orașe au deja reglementări sau ordonanțe care oferă informații precise cum trebuie să arate - și cum trebuie să nu arate - iluminatul exterior.

Sistemul audit este un instrument pentru a afla în ce măsură s-au atins scopurile politicii – în acest caz, în ceea ce privește cerul întunecat. Auditul implică câteva etape:

- să stabilească care sunt scopurile politicii guvernamentale în ceea ce privește iluminatul exterior;

- să stabilească care sunt standardele, ordonanțele etc. care trebuie aplicate sau urmate;
- să stabilească dacă caracteristicile fotometrice ale instalației de iluminat respectă standardele și scopurile politicii;
- să stabilească ce s-a instalat în zonă (vezi municipalitatea în discuție). Aceasta implică realizarea unui inventar al iluminatului exterior.

După aceasta se poate face o comparație pe baza căreia se fac recomandări la autoritatea locală (sau centrală) în ceea ce privește politica viitoare (îmbunătățiri etc).

SISTEME DE ILUMINAT ÎN SPAȚII OBSTRUȚIONATE

Dorin BEU

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Pe data de 13 septembrie 2000 a avut loc susținerea publică a tezei de doctorat cu titlul menționat mai sus, în cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca UTC-N.

Comisia a fost alcătuită din prof.dr.ing. Tudor POPOVICI - prodecanul Facultății de Construcții, UTC-N, președinte, prof.dr.ing. Florin POP - conducător științific, UTC-N, prof.dr.ing. Cornel BIANCHI - referent, UTCB - Universitatea Tehnică de Construcții București, prof.dr.ing. Niculae MIRA - referent, UTCB - Universitatea Tehnică de Construcții București și prof.dr.ing. Mircea CHINDRIȘ - referent, UTC-N, membri.

Trei motive au stat la baza demarării acestei teze de doctorat: (a) tendințele actuale în aranjarea birourilor și care presupun o densitate mărită de mobilier și echipamente; (b) necesitatea perfecționării metodelor de calcul, atât computerizate cât și a celor manuale; (c) lipsa unor recomandări de proiectare cuprinse în Coduri și Standarde care să micșoreze impactul obstrucțiilor asupra reducerii nivelului de iluminare. Teza furnizează o bază de date legată de pierderile de lumină utilizabilă ca fundamentare a deciziilor de proiectare, metode de calcul, inclusiv interpretarea rezultatelor și subliniază implicațiile comerciale legate de acest subiect.

Importanța problemei iluminatului în spații reale, obstrucționate a fost și este recunoscută în cadrul CIE - Comisia Internațională de Iluminat - prin organizarea în 1995 a unui Comitet Tehnic TC 3-31 dedicat acestei teme, condus de profesorul David CARTER și care îi are printre membrii pe Dorin BEU.

Cercetarea științifică, teoretică și experimentală, a fost desfășurată atât în țară, la Cluj-Napoca, Timișoara și București, cât și în străinătate, în cadrul stagiilor de cercetare desfășurate la Universitățile din Liverpool, Lyon - Vaux-en-Velin, Helsinki și Barcelona. Cercetările experimentale s-au efectuat în

centre științifice de recunoaștere internațională - Laboratorul de fotometrie ELBA și Laboratorul OPTORA de la CSTB - Grenoble.

Tema de cercetare a făcut parțial obiectul a cinci programe și contracte de cercetare ale Colectivului de Iluminat al catedrei, trei fiind realizate în cooperare internațională.

În cadrul tezei de doctorat este prezentată propunerea privind o metodă a factorului de utilizare modificată pentru interioare obstrucționate, pornind de la numărul mare de rezultate care formează o bază de date. Metoda modificată este ușor de utilizat de către proiectanți în estimarea reducerii nivelului de iluminare datorită obstrucțiilor. Conform acestei metode se calculează factorul de obstrucție FO cu relația $FO=1-RSV \cdot m/100$ (unde m se determină în funcție de clasa corpului de iluminat și de indicele încăperii). Factorul de obstrucție este un multiplicator al factorului de utilizare.

În a doua parte, pe baza simulărilor pe calculator, s-au analizat diverse situații, corespunzătoare parametrilor luați în considerare, pentru un birou cu dimensiuni fixe (considerat a fi cel mai apropiat de dimensiunile unui birou mediu din România) în care au fost pozate 6 posturi de lucru.

Parametrii avuți în vedere la realizarea simulărilor au fost: tipul obstrucțiilor standard - ușoare, medii și mari; tipul cerului - senin, parțial acoperit și acoperit; orientarea ferestrelor - nord, sud, est și vest; ora - 8, 10, 12, 14 și 16; data de 15 a lunilor ianuarie, aprilie, iulie, octombrie; prezența sau absența iluminatului electric; orientarea obstrucțiilor în raport cu fereastra; densitatea și reflectanța obstrucțiilor; transmitanța și dimensiunile ferestrelor; amplasarea ferestrelor pe o latură sau pe două laturi adiacente.

În urma simulărilor au rezultat următoarele recomandări pentru proiectanții sistemelor de iluminat natural:

(1) Domeniul în care se situează Pierderile Datorate Obstrucțiilor PDO

- birouri cu echipament uzual (ex. monitoare, etajere hârtii, dulapuri joase): între 10 și 25%;
- birouri cu multe suprafețe verticale (ex. partiții, dulapuri înalte): până la 40%.

(2) Factorii de influență asupra PDO

➤ Dimensiunile, densitatea și reflectanța obstrucțiilor: - cu cât dimensiunile sunt mai mari, cu atât cresc PDO; - situația cea mai defavorabilă apare în cazul obstrucțiilor mari cu reflectanță scăzută, iar situația cea mai bună în cazul obstrucțiilor mici cu reflectanță mare - cu cât crește densitatea obstrucțiilor, cu atât cresc PDO.

➤ Orientarea ferestrelor în raport cu punctele cardinale - valabilă în cazul cerului senin sau parțial acoperit. Fluctuațiile cele mai mari apar pentru ferestrele sudice în cazul cerului senin. Primăvara și vara sunt cele mai mici PDO, iar iarna și toamna PDO cele mai mari, vârful fiind atins în cazul ferestrelor sudice. În cazul ferestrelor nordice, fluctuațiile pe timpul zilei sunt minore, pentru cer senin și parțial acoperit. PDO sunt minime în jurul orelor 10 sau 12.

PHD THESIS 'LIGHTING SYSTEMS FOR OBSTRUCTED SPACES'

For computer simulation, the following parameters were used: standard obstructions - light, medium and heavy; sky conditions - clear, cloudy and partially cloudy; windows orientation - North, South, East and West; time of the day - 8, 10, 12, 14 and 16 for January, April, July and October 15th; presence or absence of electric lighting; obstructions orientation in relation with the windows; obstruction density and reflection; windows transmittance and dimensions; windows on one side or in two sides of the room.

As in the case of electric lighting, it is confirmed that one of the major factors that influence *Obstruction Losses OL*, on daylight systems, are obstruction dimensions and density. If in the case of overcast sky, *OL* values are independent of the hour of the day, month and window orientation, for clear and partially overcast sky there are big fluctuations during the day and function of the rest of parameters. This time, obstruction reflectance is a major factor.

In the case of overcast sky, *OL* is also an expression of average daylight factor reduction. Unlike the

electric lighting, there is no general valid shape for *OL/VFR* chart and despite the high number of results which are included in the database, it could not be propose any modified expression for average daylight factor, *df*. In the case of daylight we are far from linear shape of *OL/VFR* chart which can be meet in the electric lighting case. Computer simulations had shown that decreased density lead to small *OL*, and partitions orientation from parallel to perpendicular to windows wall lead also to small *OL*.

From the simulation results, the range of obstruction daylight losses is the following:

- offices with usual equipment (VDTs, paper rack, small cabinet's etc.): between 10 and 25%;
- offices with many high vertical surfaces (partitions, high cabinet's etc.): till 40%.

Minor factors of influence are: (a) windows dimensions (just in the case when the ratio between window area and wall area is under 0.2 there are important influences); (b) windows on both sides; (c) use of electric lighting; influence only when daylight level is low; (d) obstructions orientation - partition orientation from parallel to perpendicular to the windows area lead to small improvement of illuminance.

Obstruction research must be included in interior lighting codes and recommendations, due to commercial implications. One situation is illuminance survey in a room with furniture, when measured illuminance or average daylight factor may be under the value estimated by designer. Another situation is furniture and equipment mobility in an office. The position of these obstructions is changing often, which make obsolete the design of lighting system based on architect initial layout. In this case, the use of standard obstructions is the only solution for estimating illuminance level reduction due to obstructions.

Dr. **Dorin BEU**, șef lucrări
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N
Str. Daicoviciu Nr. 15, 3400 Cluj-Napoca
Tel.: 093.661536; Fax: (064) 192055
e-Mail: dorin_beu@mail.dntcj.ro



Specializări în domeniul iluminatului la universitățile din Liverpool, Grenoble, Helsinki și Barcelona. Specialist în domeniul iluminatului interior. A realizat și coordonat numeroase proiecte de iluminat interior și arhitectural și de instalații electrice.

CONTRIBUTIONS TO THE CALCULATION METHODS FOR INDOOR LIGHTING SYSTEMS

Cristian Viorel ȘUVĂGĂU
BC Hydro, Vancouver, Canada

The Doctorate Thesis has been developed under joint coordination of Prof. dr. eng. Cornel BIANCHI, Technical University for Constructions Bucharest and of Prof. Em. O. Dr. Rer. Nat. Dr. H.C. Hans Walter BODMANN, Technical University of Karlsruhe, Germany. The Thesis has been defended on January 14, 1995.

The document has 183 pages, 6 chapters, 26 appendixes, and 84 references, from which 5 belong to the author. The content refers to five research directions:

- the actual lighting calculations methods for indoor lighting systems (LS);
- computer calculations for LS ;
- original determination of the reflected point illuminance (RPI);
- validation of the RPI calculus, using experimental studies and computer simulations;
- practical applications.

The thesis ends with a chapter of conclusions.

1 Modern aspects in treating quantitative and qualitative conditions of the luminous environment

This chapter presents a comparative study of the actual fundamental calculation methods that are used in lighting system analysis.

The author states in the beginning that "size variation of the quantitative lighting factors (illuminance level, flux distribution) and of the quantitative ones (luminance distribution, light colour, visual task modeling) can influence both visual performance and human behavior. Accounting for all visual quality aspects and predicting the radiative transport of luminous flux from a source to a receiving surface is fundamental to all lighting calculations". The author analyzes the most used lighting calculation methods based on the radiative transfer and the process of interreflexion in

a cavity, concluding that accuracy in lighting calculations can be improved by increasing the precision of the point by point calculations, for both direct and reflected illuminances.

2 Computer programs – a modern analysis tool in lighting design

The chapter showcases the most important software and hardware aspects in Computer Aided Lighting Design practice.

Presenting the computer graphics theory and visual models (radiosity, ray-tracing, Monte-Carlo) the author underlines the revolutionary leap forward that synthetic images are creating in lighting simulations.

3 A new method to improve the indoor lighting calculations by computing the reflected point illuminance (RPI)

The author proposes a new method for indoor lighting calculations, introducing the determination of the RPI. The quantitative and qualitative lighting factors can be thus calculated with accuracy.

The method proposed uses together the *finite element analysis, the radiosity and the iterative numerical methods* in order to offer a point-by-point solution to express the interreflective phenomena. The author describes the behavior of light (in a cavity) as a "function of related variables associated with geometrical position and orientation of finite surfaces and the directional distribution of light, forming a large system of linear equations to be solved simultaneously". The chief mathematical challenges in RPI calculus were: modeling the domain (room surfaces) as discrete elements, computation of (radiative) form factors, forming and solving the large matrix finite-element system.

The author proposes an algorithm to calculate the form factors between two finite surfaces (and between one finite surface and one infinitesimal surface), regardless their reciprocal positions within the (paralelipipedical) room. The form factor U_{12} between two finite surfaces: S_1 (x, y co-ordinates) and S_2 (u, v co-ordinates) positioned in two perpendicular planes (1), and respectively parallel (2) of a room, is:

$$U_{12} = \frac{1}{2\pi A_1} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 F(u_i, v_j, x_k, j_m) \times (-1)^{i+j+k+m} \quad (1)$$

and respectively:

$$U_{12} = \frac{z^2}{2\pi A_1} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^2 G(u_i, v_j, x_k, j_m) \times (-1)^{i+j+k+m} \quad (2)$$

where z represents the distance between the planes, and F, G are original geometrical functions, determined with respect to the room x, y, z co-ordinates (chap. 3.3).

4 The validation of the RPI calculation by model experiments and computer simulation

An original developed calculation software, successfully validates the RPI calculus theory when compare data with experiments on physical models at TUC Bucharest and TU Karlsruhe.

Comparing the experimental and simulation results, the author found that the reflective illuminance could be split in two components: a "pulsatory" element due to the rapidly changes of the emittance distribution (dependent on the configuration of the finite surface elements), and one "smooth" component, representing the contribution of the total interreflections to the final illuminance.

Using the known proportionality between illuminance and luminance, one can determine thus the point luminance (in a diffusive environment). This makes possible the accurate prediction of quantitative aspects of lighting systems but also of the factors that determine the quality of the visual field.

5 Practical applications of RPI

The chapter presents possible practical applications of the RPI calculations in the lighting research and design practice. As an example, the author developed the REFLUX software, an original computer aided lighting

design tool for indoor applications. REFLUX allows the separate or cumulative study of more lighting systems in the same room, considering that luminaires can be installed on each of the room's surfaces. The software has a user-friendly graphic interface, graphical visualization and outputs, as well as an upgrading library of luminaire e-files.

6 Conclusions

The author summarizes the main contributions to the theory and practical applications of LS and RPI calculations: the original calculus, the validation through experiments and computer simulation and the REFLUX lighting software.

Acknowledgements

The author thanks to all whom helped the development of the doctorate research and the finalization of the thesis.

My first thoughts are for Prof. Dr. Eng. Cornel BIANCHI for his continuous encouragement, support, and excellent advice throughout the finalization of the thesis.

I want to thank Prof. Dr.H.C. Hans Walter BODMANN for his support and assistance during my research stage in Karlsruhe and after.

I also acknowledge Prof. Dr. Eng. Niculae MIRA and Prof. Dr. Eng. Florin POP for their support in developing the theory model and finalize the practical applications.

Last but not least, I am thankful to my family and all the dear friends that supported and encouraged me throughout the doctorate research and the making of the thesis.

Cristian ȘUVĂGĂU

PhD, Peng, LC, BC Hydro, 6911 Southpoint Drive, Burnaby, BC, Canada
Fax. + 604-528-1552
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. Numerous lighting research, technical articles and project designs for institutional, commercial and industrial indoor and outdoor facilities in North America.

Received his doctorate from the Technical University of Construction Bucharest in 1995. Assistant Professor at the Lighting and Electrical Installations Chair, Faculty of Installations, UTCB until 1995.

Intrat în redacție - 06.12.2000

CONTRIBUȚII LA METODELE DE CALCUL PENTRU SISTEMELE DE ILUMINAT INTERIOR

Teza de doctorat a beneficiat de conducerea științifică în dublă tutelă a d-lui prof. dr. ing. Cornel Bianchi, Universitatea Tehnică de Construcții București și a d-lui Prof. Em. O. Dr. Rer. Nat. Dr. H.C. Hans Walter Bodmann, Universitatea Tehnică din Karlsruhe, Germania. Teza a fost susținută public în data de 14 ianuarie 1995.

Lucrarea conține 183 de pagini, 6 capitole, și 26 de anexe, precum și o bibliografie de 84 de titluri, dintre care 5 ale autorului. Conținutul reflectă cinci direcții inițiale de cercetare:

- stadiul actual în domeniul calculului sistemelor de iluminat (SIL);
- utilizarea calculatorului în proiectarea SIL;
- modelul matematic pentru calculul componentei reflectate punctuale a iluminării (CPI);
- verificare prin studiu experimental și simulare automată pentru calculul CPI;
- aplicații practice.

Lucrarea se încheie cu un capitol de concluzii.

1 Stadiul actual privind metodele de calcul pentru sistemele de iluminat interior

Acest capitol prezintă un studiu comparativ al stadiului actual pe plan mondial privind *calculul SIL interior*, sub ambele aspecte: cantitativ și calitativ.

Un prim subcapitol analizează factorii calitativi determinanți ai SIL precum și moduri concrete de evaluare a acestora. După o prezentare a fenomenului reflexiilor multiple sunt trecute în revistă principalele metode de calcul cantitativ pentru SIL interior, subliniindu-se limitele fiecărei metode. Autorul subliniază *importanța îmbunătățirii preciziei calculului iluminării punctuale*, atât pentru componenta directă cât și pentru cea reflectată.

2 Utilizarea calculului automat în proiectarea sistemelor de iluminat interior

În acest capitol sunt prezentate aspectele cele mai importante privind *utilizarea modernă*

a calculului automat în luminotehnică. O atenție deosebită este atribuită producerii "*imaginii sintetizate*", ce marchează o adevărată revoluție în modul de reprezentare și concepție a mediului luminos confortabil.

Sunt introduse atât conceptele fizice și modelele matematice (radiosity, ray-tracing, Monte-Carlo) folosite în simularea grafică computerizată a modelului luminos, dar și considerente practice de programare și echipament de calcul necesare.

3 Contribuții privind fundamentarea teoretică și determinarea prin calcul a componentei reflectate punctuale a iluminării (CPI) într-o incintă

În acest capitol se aduc contribuții la fundamentarea teoretică și determinarea prin calcul a iluminării reflectate punctuale, într-o incintă paralelipipedică cu suprafețe ce reflectă perfect difuz lumina (cazul cel mai frecvent întâlnit în practica de proiectare).

Este prezentată astfel *modalitatea de adaptare a teoriei analizei cu elemente finite, cât și a metodei schimbului radiativ, la simularea procesului reflexiilor multiple într-o incintă*, precum și etapele de calcul necesare: discretizarea domeniului de analizat în elemente finite, constituirea ecuațiilor elementare, calculul coeficienților ecuațiilor (în cazul acesta, al factorilor geometrici - factori de formă ce caracterizează schimbul radiativ dintre elementele finite), constituirea și rezolvarea sistemului de ecuații elementare.

Se propune o *formulare originală* (bazată pe calculul analitic) *pentru expresia de calcul a factorilor de formă* dintre două suprafețe finite și între o suprafață finită și una elementară, indiferent de poziția acestora pe suprafețele incintei de formă paralelipipedică.

Astfel, factorul de forma U_{12} între două suprafețe S_1 (de arie A_1 și coordonate x,y) și S_2 (de coordonate u,v) situate în plane perpendiculare, și respectiv paralele ale unei încăperi, este (1) și respectiv (2), unde F și G sunt funcții geometrice originale, determinate de coordonatele celor două elemente finite în raport cu sistemul de coordonate fixe atașat încăperii de calculat (subcap. 3.3).

4 Studiu comparat asupra verificării teoriei de calcul a CPI, prin studiu experimental și simulare automată

Studiul teoretic este finalizat printr-un *algoritm de calcul automat* care este comparat cu succes cu rezultatele experimentale făcute pe model fizic în camerele test ale laboratoarelor de iluminat de la UTC București și UT Karlsruhe.

Analiza acestor studii *validează precizia modelului matematic* și permite obținerea unor concluzii importante cu privire la dependența iluminării reflectate de alți factori. Astfel, iluminarea reflectată poate fi decompusă în două componente: una "pulsatorie" datorită variațiilor rapide în distribuția emitanței suprafețelor (dependentă de modul de discretizare în elemente finite) și o componentă "amortizantă" ce nivelează valorile finale (valoare globală).

Prin exprimarea proporționalității dintre iluminare și luminanță, determinarea punctuală a luminanței devine astfel lesne de realizat (în cazul suprafețelor perfect difuzante); se deschid totodată căi noi de abordare pentru verificarea și determinarea calitativă a soluțiilor luminotehnice.

5 Aplicații practice ale determinării CPI

Capitolul prezintă direcții de aplicare practică a calculului CPI în activitatea de cercetare și proiectare. Reținem, îndeosebi, *programul de calcul REFLUX*, un software original de proiectare asistată de calculator pentru sistemele de iluminat interior. REFLUX permite studiul separat sau cumulativ al mai multor sisteme de iluminat instalate în același interior; corpurile de iluminat pot fi amplasate în orice poziție și pe oricare din suprafețele încăperii.

Programul beneficiază de o interfață grafică ușor de utilizat, de vizualizări grafice ale soluțiilor, precum și de o bibliotecă de fișiere de iluminat ce poate fi extinsă chiar de utilizator.

6 Concluzii

Sunt trecute în revistă principalele considerente teoretice ale calculului SIL și, respectiv, CPI și prezentate ierarhizat contribuțiile originale: determinarea formulei de calcul a CPI, verificarea experimentală și prin calcul a CPI și programul de calcul REFLUX.

Mulțumiri

Autorul mulțumește pe această cale tuturor celor care au ajutat la finalizarea cu succes a tezei.

Mentorului meu spiritual, domnul prof. dr. ing. Cornel BIANCHI îi sunt profund recunoscător pentru modul în care m-a îndrumat, susținut și impulsionat pe parcursul elaborării tezei.

Domnului Prof. Dr.H.C. Hans Walter Bodmann îi mulțumesc pentru atenția și sprijinul acordat atât în perioada stagiului meu la Karlsruhe cât și ulterior.

Domnilor prof. dr. ing. Niculae MIRA și prof. dr. ing. Florin POP le sunt recunoscător pentru sprijinul acordat în fundamentarea teoretică și finalizarea studiului practic al tezei.

Nu în ultimul rând, mulțumesc "co-autorilor morali", familiei și tuturor celor apropiați care m-au suportat în perioada dificilă a finalizării tezei.

CONFERENCE ON
"ENERGY EFFICIENCY LABELLING OF THE LIGHTING EQUIPMENT –
NOT USED OPPORTUNITY FOR INCREASING THE ENERGY
EFFICIENCY"

Vesselina TZVETANOVA
Black Sea Regional Energy Centre, Sofia, Bulgaria

The Conference with the above title took place on January 25th, 2001 in Sofia, Bulgaria. The main aim of the conference was to present and discuss about the possibilities and existing ways for energy efficiency labelling of the lighting equipment, as well as to mark ways for their implementation. The event attracted more than 60 experts from state bodies, Bulgarian companies – producers of lighting equipment, branch firms of foreign companies – producers, enterprises – consumers of that equipment, municipal representatives, designers and engineers, representatives of non-governmental organisations etc. During the conference was presented the experience on energy efficiency labelling that is being implemented in European Union, from one hand, and in countries from the region, namely: Bulgaria, Romania, Greece, Republic of Macedonia – from another.

The Conference was co-organised by Black Sea Regional Energy Centre, National Committee for Lighting, Technical University – Sofia and the Bulgarian Energy Policy Association under the auspices of the Bulgarian State Agency for Energy Efficiency (SAEE).

The Conference programme included the following presentation:

- J. PETROV, Chief Secretary of the State Agency for Energy Efficiency
- Dr. Lulin RADULOV, Director of the Black Sea Regional Energy Centre
- **Energy Efficiency of the used in Bulgaria lamps, lamp-control gears and luminaries. Possibilities for energy savings through labelling of their energy efficiency**, Prof. Nikolay VASSILEV, Technical University of Sofia

- **Energy Efficient Lighting – a Romanian Survey**, Dr. Florin POP, Professor, Dr. Dorin BEU, Senior Lecturer, Technical University of Cluj-Napoca, Romania
- **Macedonian Experience in Energy Efficiency Labelling**, Dr. Rubin TALESKI, Associate Professor, Faculty of Electrical Engineering, Macedonia
- **Experience of Energy Labelling in EU**, Dr. John PSARRAS, Assistant Professor, National Technical University of Athens
- **State of the art and problems with energy efficiency labelling of luminaries with electronic control gears**, Associate Professor Christo VASSILEV, Denima Ltd.
- **CELMA Classification of Products in EU**, TRIDONIK, DEA, A. ARSOV
- **Technical Instruments for Increasing the Energy Efficiency**, Zumtobel Staff, City Design Centre, V. KISIOVA
- **Harmonising of the Bulgarian legislative framework with the EU one in the field of labelling of household appliances**, B. BONCHEV, Expert, Ministry of Economy
- **Labelling of the energy efficiency of the lighting equipment in General Electric**, D. NACHEV, GENERAL ELECTRIC
- **Optimal Choise of PRA – lamp with the help of CELMA Classification**, M. MONEV, LUMINA

Vesselina TZVETANOVA, contact person
Black Sea Regional Energy Centre
8, Triaditza Street, 1040 Sofia, Bulgaria
Tel.: +359-2-9806854, Fax: +359-2-9806855
e-Mail: ecsynkk@bsrec.bg
web site: <http://www.bsrec.bg>

CENTRUL DE INGINERIA ILUMINATULUI – UTC-N LIGHTING ENGINEERING CENTER – LEC

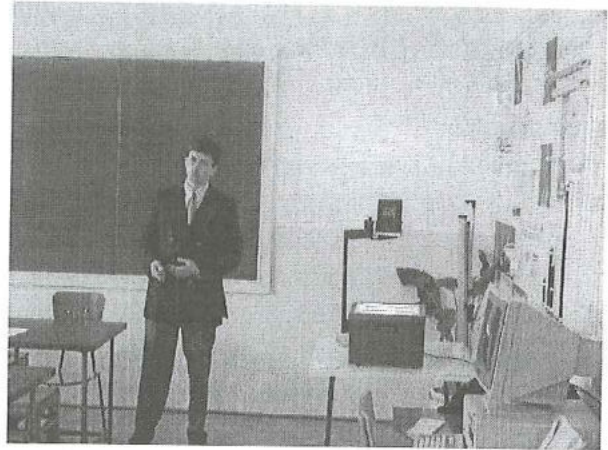
Florin POP

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Deschiderea societății românești spre comunitatea internațională determinată de evenimentele din Decembrie 1989 ne-a permis realizarea unor contacte profesionale, cu specialiștii din iluminat din străinătate, din universități sau instituții guvernamentale sau private. Pe parcursul anilor '90 s-a cristalizat ideea organizării unui centru de formare profesională în domeniul iluminatului în cadrul Universității Tehnice, care să poată conduce la dezvoltarea unei viitoare direcții de studii universitare. Un moment de referință la constituit programul Tempus-Phare CME-03551 care a concentrat eforturile unui grup de specialiști în vederea creării Centrului de Ingineria Iluminatului UTC-N.

15 decembrie 1998 – 14 martie 2000 - programul Tempus-Phare CME-03551-97 "Centrul de Ingineria Iluminatului, un centru de excelență pentru consultanță și educație continuă în domeniul iluminatului pentru necesități ale pieței de muncă – Lighting Engineering Center – LEC – an excellence center for consultancy and continuing education in the lighting field in direct link with the needs of the labour market" [programul este prezentat în pagina web <http://bavaria.utcluj.ro/~lec>]

14 martie 2000 – Seminar dedicat încheierii programului Tempus-Phare și inaugurării Laboratorului de Instalații electrice și Iluminat modernizat prin sprijinul Universității Tehnice și sponsorizarea Philips Romania/Flash Transilvania, ABB Romania, TOTAL Quality/ACI – Cluj-Napoca. Au prezentat referate Dr. Florin POP, profesor, (Programul Tempus-Phare CME-03551-97, dorințe, împliniri și perspective), Dan DRĂGHICIU, Director Dezvoltare (Preocupările Sucursalei de Distribuție Cluj privind eficientizarea iluminatului public), Dr. Florin POP, Profesor (Calitatea sistemelor de iluminat interior), Prof.dr.ing. Virgil MAIER (Paralelă între alegerea echipamentului electric la instalațiile de iluminat



interior și exterior), șef lucr. ing. Dorin BEU (foto) (Studiu privind efectul obstrucțiilor asupra iluminatului din birouri).

25 aprilie 2000 – decizie a Biroului Senatului Universității Tehnice de aprobare a înființării Centrului de Ingineria Iluminatului – UTC-N – Lighting Engineering Center (LEC), încorporat în structura Universității Tehnice prin Departamentul pentru Educație Continuă și Învățământ la Distanță – DECID.

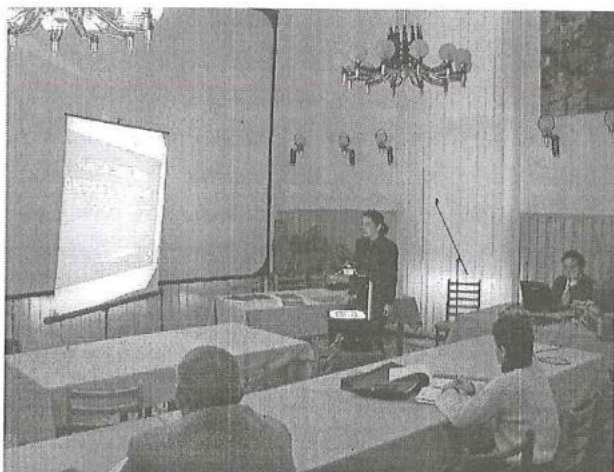
12 octombrie 2000 - *Măsurări electrice și fotometrice în instalații pentru construcții*, Seminar organizat în colaborare cu S.C. PRAGMATIC Comprest S.R.L. și ICE Strumentazione Italia.

Au prezentat Prof. Dr. Nicolae DRAGOMIR, catedra de Măsurări Electrice (Centru de instrumentație



Inteligentă și Senzori – program desfășurat prin Banca Mondială 1999-2001), Dr. Florin POP, Profesor, Catedra de Instalații pentru Construcții (Măsurări fotometrice aplicabile în construcții), Domnul Paolo CABISTO, patron (ICE Strumentazione – 50 ani de activitate), ing. Vasile RUSU (foto), manager (Prezentarea firmei S.C. PRAGMATIC Comprest S.R.L. Cluj-Napoca) și Doamna Veronica FRONTI (Prezentarea aparaturii de măsură a firmei ICE Strumentazione).

25 octombrie 2000 - *Eficiența energetică în iluminat*, Masă Rotundă în cadrul Simpozionului Internațional de Eficiență Energetică, S.C. Electrica S.A. prin Sucursala de Distribuție Cluj. Au participat: șef lucrări dr. Dorin BEU, Catedra de Instalații pentru Construcții (Utilizarea Internetului în proiectarea sistemelor de iluminat), prep. ing. Horațiu GRIF, Adrian GLIGOR, Universitatea "Petru Maior" Tg. Mureș, Dr. Florin POP, Profesor, Catedra de Instalații pentru Construcții (Instrumentație virtuală pentru un sistem de supraveghere și control al iluminatului), Marilena MĂIEREAN (foto), S.C. Energobit Schröder S.R.L. (Climatul luminos urban – o necesitate a vieții moderne) și ing. Ioan PĂUȚ, S.C. Elba S.A. Timișoara (Eficiența energetică în echipamentul modern de iluminat).



În continuare, împreună cu S.C. ELBA S.A. Timișoara și S.C. PRAGMATIC Comprest S.R.L. s-a desfășurat Masa rotundă *Noi produse eficiente în iluminat ale S.C. ELBA S.A.*, susținută de ing. Ioan PĂUȚ (foto), Șef Marketing. Au fost prezentate cele mai noi corpuri de iluminat interior și exterior realizate la ELBA Timișoara și eforturile societății pentru obținerea unei eficiențe energetice ridicate.



22 ianuarie – 22 februarie 2001 - *Managementul Instalațiilor Electrice la Consumatori*, curs postuniversitar, ediția III, coordonator Dr. Florin POP, Profesor. Cursul a fost organizat modular, pentru a se adapta cerințelor solicitanților.

M1. Ingineria iluminatului - luminotehnică generală, echipamente și sisteme de iluminat.

M2. Protecția instalațiilor electrice și clădirilor – protecția la supracurenți și supratensiuni tranzitorii, protecția împotriva electrocutării, protecția împotriva trăsnetului, protecția împotriva incendiilor.

M3. Managementul energiei și calității în instalațiile electrice – monitorizarea și gestiunea consumului energetic, evaluarea calității sistemelor de iluminat, strategii de control al iluminatului.

M4. Instalații electrice speciale – compensarea puterii reactive și atenuarea regimului deformant, sisteme date-voce, sisteme de distribuție integrate, sisteme de iluminat tehnologice.

M5. Elaborarea lucrării de absolvire - reglementări privind conținutul proiectului unei instalații electrice, estimarea costurilor, întocmirea lucrării.

19 februarie 2001 - *Calitatea în instalațiile electrice ale construcțiilor*, Seminar organizat în cadrul cursului postuniversitar Managementul Instalațiilor Electrice la Consumatori. Au prezentat referate Dr. Florin POP, Profesor, verficator atestat MLPTL pentru Instalații electrice - Ie (Sistemul calității în elaborarea proiectelor de instalații electrice. Conținutul cadru al documentației proiectelor de instalații electrice), ing. Gavril HUTTER, ing. Voichița MANCIAC inspectori,

Inspekția în Construcții Cluj (Aspecte privind calitatea în instalațiile electrice ale construcțiilor ce decurg din Legea 10 a Calității, reglementări și prescripții aferente), ing. Ladislau REIDER, Șef serviciu Energetic Sucursala de Distribuție Cluj (Reglementările S.C. ELECTRICA S.A. privind racordarea consumatorilor la R.E.D.), ing. Augustin MUNTEANU, inginer șef S.C. ACI S.A. Cluj (Conținutul cadru al documentației de ofertare. Aspecte privind punerea în operă a proiectelor de instalații electrice), cpt. ing. Mugurel URIAN, Grupul de Pompieri "Avram Iancu" Cluj (Reglementări privind Siguranța la Foc a clădirilor și instalațiilor aferente), ing. Erzsebet SZABO, S.C. PIEME S.R.L., Verificator atestat MLPTL pentru Instalații electrice – Ie (Unele considerații privind relația verificator – proiectant – beneficiar/investitor).

6-8 martie 2001 - ROAD SHOW 2001 – Cluj-Napoca, prezentarea firmei S.C. Philips Romania S.R.L., Divizia Lighting în colaborare cu S.C. PRAGMATIC Comprest S.R.L. (6 martie) și S.C. FLASH Transilvania S.R.L. (8 martie). Au prezentat Dr. Florin POP, Profesor, (Centrul de Ingineria Iluminatului - UTC-N – realizări și perspective), ing. Vasile RUSU, manager (Prezentarea firmei S.C. PRAGMATIC Comprest S.R.L. Cluj-Napoca), ing. Cornel SFETCU (foto), Country Sales&Marketing Manager BU Luminaires (Prezentarea generală a PHILIPS Lighting România), ing. Dan MUȘAT, Project Manager (Centura TCS098, Finess TCS198, TBS233), ing. Costin CUNEȘTEANU, Account Manager (Commodity Luminaires, Pacific TCW095, Pacific TCW215/216), ing. Cornel SFETCU (X-Tend, TBS515), ing. Cornel SFETCU, ing. Dan MUȘAT (Scurtă prezentare Calculux).



28 - 30 iunie 2001 - Conferința Internațională ILUMINAT 2001, în colaborare cu S.C. Electrica S.A. prin Sucursala de Distribuție Cluj și S.C. Energobit Schröder Lighting S.R.L.

Editarea revistei **Ingineria Iluminatului** cu o apariție semestrială (viitoarele apariții editoriale - anul 3, nr. 7 – iunie 2001, anul 3, nr. 8 – decembrie 2001), în colaborare cu S.C. Electrica S.A. prin Sucursala de Distribuție Cluj și editura MEDIAMIRA Cluj-Napoca.

Elaborarea de **studii privind optimizarea anumitor sisteme de iluminat**, la solicitarea unor parteneri.

Centrul de Ingineri Iluminatului UTC-N își desfășoară activitatea în cadrul Laboratorului de Instalații electrice și Iluminat, Catedra de Instalații pentru Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca. Amenajarea spațiului și modernizarea tehnică a fost și este posibilă pe baza finanțării obținute prin programul Tempus-Phare, a sprijinului acordat de conducerea Universității Tehnice, a resurselor financiare extrabugetare atrase prin câștigarea unor granturi de cercetare (de exemplu Studiu privind eficiența energetică a echipamentelor electrice din clădiri SEEC, Grant ANSTI 6113/2000 – tema B24, coordonator Dr. Dorin BEU, Șef lucrări) sau prin organizarea cursului postuniversitar menționat și a sponsorizărilor oferite cu generozitate de diferite firme de specialitate și de absolvenți ai secției de Instalații pentru Construcții:

PHILIPS România / FLASH Transilvania
TOTAL Quality/ACI Antrepriza Construcții Instalații
LEGRAND România / Electro Daniella
PRAGMATIC Comprest
ABB România
RH Trust
SOCLU
ROMINSTAL Construct
TIM Trustul Instalații Montaj
DALKIA România – Alba Iulia
MEGAVOX Confort – Petrești
BURIDAVA 2000 Serv – Bistrița
LIDER ProdCarn – Alba Iulia
ARGOS - Sebeș

**Lista absolvenților cursului postuniversitar
'Managementul instalațiilor electrice la consumatori'**

Nr.	Nume și prenume	Firma
Promoția 1998		
1	AȘCHILEAN Ioan	ACI
2	BADIU Mihaela	IMSAT
3	CORNICIU Adrian	PRIMĂRIA DEJ
4	DUMITRAȘ Viorica	RAJAC
5	GHEJAN Adrian-Ioan	ACI
6	HORVAT Bogdan	PRIMĂRIA CLUJ
7	ORBAN Șandor	ELECTROMONTAJ
8	POP Mihaela	AGA PRODCOM
9	RUSU Vasile	PRAGMATIC COMPREST
10	SFÂRLEA Gheorghe-Vasile	ELCO
11	TIMBUȘ Eugenia Maria	CONEL
Promoția 1999		
12	BOIA Constantin	RAJAC
13	CÎRNECI Răzvan	IMSAT SERVICE
14	GLIGOR Adrian	UNIVERSITATEA "P. MAIOR" TG. MUREȘ
15	GRIF Horațiu	UNIVERSITATEA "P. MAIOR" TG. MUREȘ
16	HOTUPAN Răzvan	ACI
17	KOCSIS Ștefan	AMISA BAIA-MARE
18	MĂIEREAN Marilena	ENERGOBIT SCHREDER
19	MĂNICĂ Ioan	IMSAT
20	MOISE Adrain	COMPANIA POMPIERI CLUJ
21	MUNTEAN Daniel	IMSAT
22	PAVEL Cristian	ACI
23	SZABO Elisabeta	PIEME
24	TOMOȘ Ciprian	PYROSTOP
25	ȚUCRA BRANGA Dan Valeriu	COMPANIA POMPIERI CLUJ
26	URIAN Constantin Mugurel	COMPANIA POMPIERI CLUJ
Promoția 2001		
27	BĂRBAT Cornel	ALBACO EXIM
28	BOJAN Gabriel	PRAGMATIC COMPREST
29	CRÎȘAN Emil	IMSAT
30	DAMASCHIN Ioan	RAJAC
31	DAN Adrian	IMSAT
32	GLIGOR Adrian	UNIVERSITATEA "P. MAIOR" TG. MUREȘ
33	GOGA Rodica	NAPOCA
34	GRIF Horațiu	UNIVERSITATEA "P. MAIOR" TG. MUREȘ
35	LUNG Liviu	PECO
36	MOLDOVAN Adrian	TEHNOFRIG
37	PIENARU Dan	TIM
38	PURICE Mircea	REGIONALA CF
39	REIDER Ladislau	ELECTRICA - S.D. CLUJ
40	STREZA Șerban	RECON
41	ȘUTEU Octaviu	GRUPUL 4
42	VERMEȘAN Claudiu	ELECTRICA - S.D. CLUJ
43	VERNES Andra	ENERGOLUX

REGLEMENTAREA PROPUȘĂ DE EUROPA CU PRIVIRE LA RANDAMENTUL BALASTURILOR

Nils BORG
IAEEL Editor

Comisia Europeană a propus recent standardele de performanțe energetice minime pentru balasturile fluorescente vândute în EU. Dacă vor fi acceptate, doar în câțiva ani numai balasturile electronice și cele cu pierderi electromagnetice scăzute vor mai fi permise în Europa.

În 1994 Comisia a finanțat un studiu al Building Research Establishment BRE – Marea Britanie pentru a evalua măsurile potențiale de promovare a unui iluminat eficient în sectorul comercial. Acesta a identificat un potențial semnificativ de economisire și a arătat că utilizarea balasturilor cu randament energetic pot fi o parte importantă în îndeplinirea lor. Un studiu ulterior condus de BRE împreună cu Italian Electrical Equipment Producers' Association (Asociația Producătorilor de Echipament Electric din Italia) – ANIE - și Dutch Energy Agency (Agenția de Energie din Olanda) – NOVEM - a examinat costurile efective ale unei cerințe minime privind eficiența balastului. În paralel, CELMA Components, un subcomitet al European Luminaire Manufacturer's Associations (Asociației Fabricanților de Corpuri de Iluminat din Europa) a dezvoltat un sistem de clasificare bazat pe puterea totală a circuitului lampă și balast.

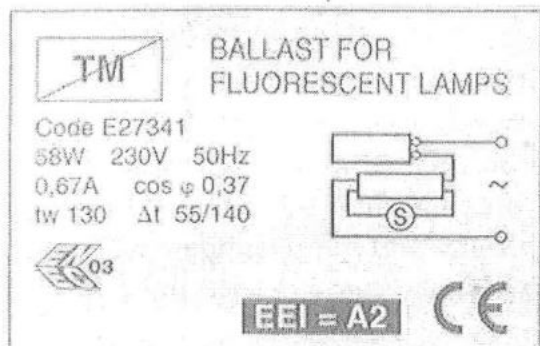
Proceduri standard de măsurare au trebuit să fie dezvoltate și să fie neutre tehnologic, astfel încât să poată fi incluse ambele tipuri de balasturi, cu frecvență industrială (50 Hz) și cu înaltă frecvență (HF). (Aceasta pentru că lămpile se comportă diferit cu cele două tipuri de balasturi). Această sarcină a fost dată către European Standard Body (Organizația Europeană de Standarde) CENELEC care a dezvoltat un nou standard EN50294 publicat în Iulie 1998. Sistemul CELMA de clasificare a balasturilor a fost introdus ca o schemă de

etichetare voluntară. Sistemul a fost propus ca bază pentru un acord voluntar între Comisie și industrie pentru a retrage treptat cele mai proaste balasturi, dar, datorită caracterului internațional al pieței balasturilor și potențialul de importuri

Tabel referitor la clasificarea sistemului Lampă-Balast

Tipul și puterea lămpii, W		Clasa și puterea sistemului lampă+balast, W					
50 Hz	HF	A2	A3	B1	B2	C	D
Lampă lineară tip T							
15	13,5	≤16	≤18	≤21	≤23	≤25	>25
18	16	≤19	≤21	≤24	≤26	≤28	>28
30	24	≤31	≤33	≤36	≤38	≤40	>40
36	32	≤36	≤38	≤41	≤43	≤45	>45
38	34	≤38	≤40	≤43	≤45	≤47	>47
58	50	≤55	≤59	≤64	≤67	≤70	>70
70	60	≤68	≤72	≤77	≤80	≤83	>83
Lampă compactă 2 tuburi tip TC-L							
18	16	≤19	≤21	≤24	≤26	≤28	>28
24	22	≤25	≤27	≤30	≤32	≤34	>34
36	32	≤36	≤38	≤41	≤43	≤45	>45
	40	≤44	≤46				
	55	≤59	≤63				
Lampă compactă 4 tuburi plate tip TC-F							
18	16	≤19	≤21	≤24	≤26	≤28	>28
24	22	≤25	≤27	≤30	≤32	≤34	>34
36	32	≤36	≤38	≤41	≤43	≤45	>45
Lampă compactă 4 tuburi tip TC-D, TC-DE							
10	9,5	≤11	≤13	≤14	≤16	≤18	>18
13	12,5	≤14	≤16	≤17	≤19	≤21	>21
18	16,5	≤19	≤21	≤24	≤26	≤28	>28
26	24	≤27	≤29	≤32	≤34	≤36	>36
Lampă compactă 6 tuburi tip TC-T, TC-TE							
18	16	≤19	≤21	≤24	≤26	≤28	>28
26	24	≤27	≤29	≤32	≤34	≤36	>36
	32	≤36	≤39				
	42	≤46	≤49				
Lampă compactă 2D tip TC-DD, TC-DDE							
10	9	≤11	≤13	≤14	≤16	≤18	>18
16	14	≤17	≤19	≤21	≤23	≤25	>25
21	19	≤22	≤24	≤27	≤29	≤31	>31
28	25	≤29	≤31	≤34	≤36	≤38	>38
38	34	≤38	≤40	≤43	≤45	≤47	>47
	55	≤59	≤63				

pentru balasturi cu eficiență scăzută din afara EU, acest acord nu a fost finalizat. Negocieri între Comisie și industrie au condus la o propunere de Directivă Europeană care ar putea interzice vânzarea de balasturi ineficient în interiorul EU.



Schema europeană de clasificare a balasturilor are 7 niveluri (exact ca eticheta oficială de energie EU), dar utilizează nume diferite pentru fiecare clasă: în locul claselor de etichetare europeană de la A la G, etichetarea

CELMA utilizează clasele A1, A2, A3, B1, B2, C și D (conform tabelului). Clasa A1 nu este încă definită (motiv pentru care nu a fost menționată în tabel), atâta timp cât CELMA consideră că această clasă ar trebui lăsată deschisă pentru a permite dezvoltării tehnologice viitoare. Posibilitatea de a utiliza clasa A1 pentru balasturile dimabile este de asemenea luată în considerare.

Dacă Consiliul Ministerelor de Energie acceptă propunerea curentă, vânzarea balasturilor din clasa D ar putea fi interzisă după 3 ani de la publicarea directivei și a celor din clasa C - doi ani mai târziu. Ca efect, asta ar însemna că balasturile de clasă D ar fi interzise începând, cel mai devreme, cu 2004, și cele de clasă C cu 2006.

Articol preluat din LAEEL newsletter 2/99, issue no. 23, vol. 8. Traducere și prelucrare de ing. pr. Eugenia TIMBUȘ, S.C. Electrica S.A. Sucursala de Distribuție Cluj-Napoca.

STANDARDUL AMERICAN PENTRU BALASTURI VA INTENSIFICA ECONOMIILE

Isaac TURIEL

Lawrence Berkeley National Laboratory

Noile standarde americane pentru balasturi ce vor fi aplicate cu începere din 2005 vor conduce la substanțiale economii de energie, emisie de CO₂ și bani, conform unei analize recente. În următorii 25 de ani, în afacerea balasturilor, emisia de carbon din U.S. va fi cu 17-70 tone metrice mai scăzută și economiile nete vor varia între 1,4 și 5,4 miliarde de dolari.

În fiecare an, în Statele Unite sunt vândute 80 de milioane de balasturi pentru lămpile fluorescente pentru utilizarea în clădirile comerciale și industriale. Sunt patru tipuri de bază: balasturi magnetice și electronice pentru operarea lămpilor T12 (diametru tubului de 32 mm) și balasturi magnetice și electronice pentru operarea T8 (diametru tubului 26 mm). În piața actuală din U.S., aproape toate lămpile T8 funcționează cu balast electronic și aproape toate lămpile T12 cu balast magnetic. Având în vedere că balasturile electronice sunt mai eficiente, și sistemul lampă/balast este, la rândul lui, mai eficace, un potențial de economisire important poate fi abordat prin transformarea pieței pentru balasturile de operare a lămpilor T12 într-una dominată de sistemele electronice T18 mai eficiente.

În general, balasturile electronice costă mai mult decât balasturile magnetice dar utilizează mai puțină electricitate. În cele mai multe situații, costul pe durata de viață (LCC—Life-Cycle Cost) a unui sistem lampă-balast electronic va fi mai scăzut decât a unui sistem lampă-balast magnetic la o aceeași emisie luminoasă (flux luminos emis pe durata de viață). În cele mai multe analize anterioare ale LCC, efectuate de Departamentul de Energie - DOE - al U.S., estimări punctuale au fost utilizate pentru diferite intrări - 'inputs' - (parametrii de analiză). Într-o recentă analiză

efectuată de Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) pentru DOE a fost utilizat un mod de abordare diferit. În acest studiu, unde a fost calculată schimbarea LCC, cele mai importante patru intrări au fost distribuțiile. Aceste distribuții au fost dezvoltate pentru a exprima variabilitatea prețului electricității, a prețului balastului, numărului de ore de funcționare și duratei de viață a balastului.

Diferite scenarii

LBNL a calculat schimbarea LCC pentru 10.000 de combinații a acestor patru variabile. Simularea Monte Carlo a fost utilizată pentru selectarea din distribuții în concordanță cu frecvența evenimentului a fiecărei valori posibile pentru fiecare intrare (input).

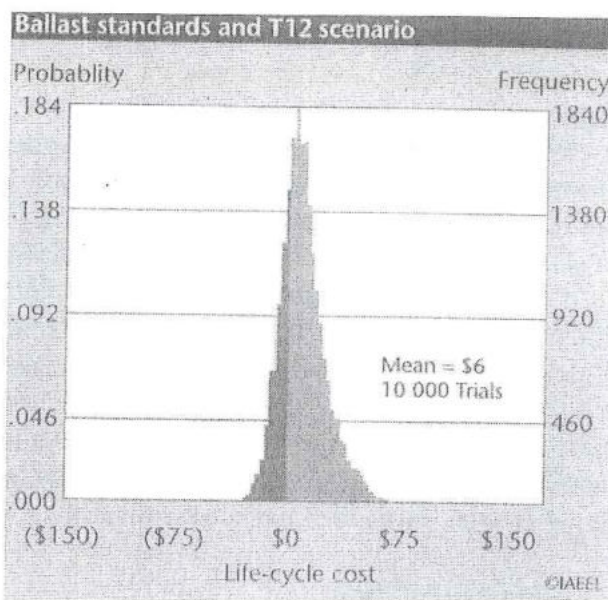


Figura 1 LCC va fi redusă în aproape 80% din cazuri dacă un balast electronic ce alimentează două lămpi T12 (în sectorul clădirilor comerciale) va înlocui un balast magnetic ce alimentează două lămpi T12

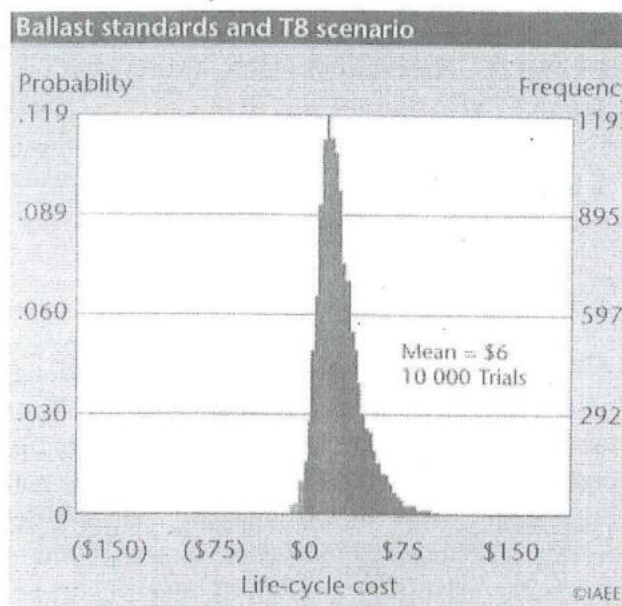


Figura 2 LCC va fi redusă în aproape 80% din cazuri dacă un balast electronic ce alimentează două lămpi T8 (în sectorul clădirilor comerciale) va înlocui un balast magnetic ce alimentează două lămpi T12

Cele două grafice ilustrează rezultatele analizei LCC bazată pe probabilitatea cu care utilizatorii comerciali ar înlocui combinația lampă T12 - balast magnetic eficient energetic (cu pierderi scăzute) cu combinația lampă T12 - balast electronic cu start rapid (ERS) (fig. 1) sau cu combinația T8 - balast electronic cu start rapid (fig. 2).

În primul scenariu, în care lampa T12 este păstrată, LCC va fi redusă cu aproximativ 80% din timp (reprezentată de variația valorilor LCC în gri, care sunt la dreapta valorii \$0 pe axa X) cu o economie principală de 6USD de-a lungul duratei de viață a balastului. Pentru cel de al doilea scenariu, (în care rațiuni comerciale schimbă lămpile T12 cu T8 și înlocuiesc balasturile magnetice cu cele electronice) LCC va fi redus cu 98% în timp, cu o economie principală de 18USD pe durata de viață a balastului.

Standarde inițiate

Spre sfârșitul anului 1999, fabricanții de echipamente de iluminat și promotorii eficienței energetice au convenit să stabilească standarde de eficiență energetică pentru sistemele lămpi fluorescente-balast existente în

clădirile comerciale și industriale. Aceasta s-a întâmplat după ani de discuții între fabricanții de balasturi și DOE. LBNL a oferit DOE-ului analizele energetice și economice (cum ar fi analiza LCC), analize care au fost utilizate pentru negocieri și pentru pregătirea Avizului Prescripției Propuse (Notice of Proposed Rulemaking). LBNL, de asemenea, a scris un document tehnic suport pentru standardele balastului.

Sectorul iluminării comerciale și industriale va fi subiectul unor noi reglementări referitoare la iluminat eficient energetic începând cu 1 Aprilie 2005. Aceste reglementări afectează balasturile care sunt utilizate pentru lămpile fluorescente T12. În prezent, pentru aceste lămpi se utilizează mai mult balasturile magnetice.

Au fost analizate trei scenarii cantitative. Două au implicat descreșterea cantităților și una a presupus o cantitate constantă de balasturi magnetice T12 în cazul de bază (fără standarde). Trecerea la balasturile electronice va conduce la economii cumulative de energie de 1,2 până la 4,9 quads (1,3 la 5,2 EJ) a energiei primare în perioada 2005-2030. Afacerile vor reduce costurile cu electricitatea cu 2,0 până la 7,2 miliarde USD (raportate la 1997 cu o rată reală de 7%) și emisia de carbon va fi redusă cu 17 până la 70 milioane tone metrice în aceeași perioadă. Atâta timp cât costul balasturilor electronice va fi mai ridicat decât balasturile magnetice eficiente energetic, LBNL estimează că economiile nete ale afacerilor vor fi între 1,4 până la 5,4 miliarde USD (raportate la 1997 cu o rată reală de 7%).

Notă:

Isaac TURIEL lucrează la Environmental Energy Division, US Lawrence Berkeley National Laboratory; e-Mail: i_taps@ante.lbl.gov

Detalii privind cele trei scenarii pot fi găsite în Documentul Tehnic Suport al Avizului Prescripției Propuse (Notice of Proposed Rulemaking) pe site www.eren.doe.gov/buildings/codes_standards/applbrf/ballast.html

Articol preluat din IAEEL newsletter 1-2/00, issue no. 24, vol. 9. Traducere și preluare de ing. pr. **Eugenia TIMBUȘ**, S.C. Electrica S.A. Sucursala de Distribuție Cluj-Napoca.



CONFERINȚA INTERNAȚIONALĂ ILUMINAT 2001

28-30 Iunie 2001 CLUJ-NAPOCA ROMÂNIA

ORGANIZATORI



UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA
CENTRUL DE INGINERIA ILUMINATULUI



ELECTRICA S.A. – SUCURSALA DE DISTRIBUȚIE CLUJ



ENERGOBIT SCHRÉDER LIGHTING S.R.L.

SECRETARIATUL CONFERINȚEI

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Centrul de Ingineria Iluminatului
Dr. **Dorin BEU**, Șef lucrări
Str. C. Daicoviciu Nr. 15, RO-3400 Cluj-Napoca
Tel.: +40.94.661536 Fax: +40.64.192055
e-Mail: lec@colective.utcluj.ro

PREȘEDINTELE COMITETULUI DE ORGANIZARE

Dr. **Florin POP**, Profesor
Vice-președinte al CNRI

e-Mail: Florin.Pop@insta.utcluj.ro
WWW: <http://bavaria.utcluj.ro/~lec>

Tema principală a conferinței este **Eficiența Energetică în Iluminat** dezvoltată pe următoarele secțiuni:

1. Vedere și Culoare
2. Mediu interior și Proiectarea iluminatului
3. Iluminat exterior
4. Aspecte generale ale iluminatului
5. Alte aplicații

Limbile oficiale ale conferinței sunt româna și engleza (traducere simultană)

Costuri de participare: 10 Euro, la cursul BNR

Expoziție: Pe durata conferinței se va organiza o expoziție cu produse de iluminat. Companiile ce doresc să participe se vor înregistra la Secretariatul Conferinței.

Recommendations for the printing form of your papers for the LEC review - INGINERIA ILUMINATULUI

Please use MS-Word for editing the article. The article could have any number of pages (preferably even). It will be printed in its English original version + Romanian translation (provided by LEC).

Settings for A4 size

Top 1.5
Bottom 2
Left 1.5 (Inside)
Right 2 (Outside)
Header 1
Footer 2
Mirror margins (yes)
Page Number Outside

Page framing. *Two free lines of 12* on first page, before the title

TITLE (use 14 Caps Bold)
(one free line of 12)

Author/authors (use 12 Bold), Name, First name (use CAPS), Affiliation (work place) (use 12 without bold), without academics titles
(three free lines of 12)

Text will be written on two columns, with the exception of tables or figures that require the full width of the page.

2 columns, Equal column width, Default settings: Width 8.11 cm, Spacing 1.27 cm
First line tab 0.6 (on paragraphs)
Font: Style Times New Roman, Size 12
Line spacing: Single

The explanation of the figures and tables must be written with smaller letters (use 11). For the content (data) of the tables should be use the same letters (11). Write: **Figure 5** Explanation (without point after the number of the figure). Write: **Table 2** Title of the table (without point after the number of that table)
References should be cited in brackets in text.

Abstract bold

(one free line)

Abstract text (maximum 125 words)

(one free line)

1 Title of the chapter – (bold but not CAPS)

2 Title of the chapter ... and so on

Acknowledgements

References

References will be written with font size 10.

Finally write the data of reference for the author/authors: academic title, position, and work place address, contact address and other data.

Following this you have to present yourself on maximum 50 words (font size 10) the personality of the author/authors along with photo/photos.

Send a printed copy by surface mail, and the original article as an attached file by e-mail.

A Referee Committee will analyze the articles.

The copyright for all materials published in Ingineria Iluminatului review are the property of the Technical University of Cluj-Napoca – Lighting Engineering Center UTC-N - LEC and the Publishing Company MEDIAMIRA S.R.L. Cluj-Napoca, Romania.

Contact address:

Dr. Florin POP, Professor

UTC-N – Universitatea Tehnică

15, C. Daicoviciu Street

RO - 3400-Cluj-Napoca, ROMANIA

Fax: +40.64.192055; Phone (home): +40.64.197254

e-Mail: Florin.Pop@insta.utcluj.ro

Recomandări de redactare a lucrărilor pentru revista INGINERIA ILUMINATULUI

Redactarea se face în Word 97, cu caracterele românești implicite ale Word-ului, pentru a se putea face prelucrarea textului. Articolul să aibă un număr par de pagini.

Setare pagina A4

Top 1.5

Bottom 2

Left 1.5 (Inside)

Right 2 (Outside)

Header 1

Footer 2

Mirror margins (yes)

Page Number Outside

Încadrarea în pagină. Pe prima pagină, înaintea titlului se lasă *două rânduri size 12 libere*

TITLUL (cu 14 Caps Bold)

(Un rând size 12 liber)

Autorul/autorii (cu 12 Bold), Prenume, Nume de familie (cu CAPS), Afilierea (locul de muncă) (cu 12 fără bold), fără titluri academice

(Trei rânduri size 12 libere)

Redactarea

Textul lucrării va fi scris în continuare pe două coloane (excepție tabelele sau figurile care necesită întreaga lățime disponibilă a paginii)

2 columns, Equal column width, Setarea implicită: Width 8.11 cm, Spacing 1.27 cm

Tabs 0.6 (pentru aliniat nou)

Font: Style Times New Roman, Size 12

Line spacing: Single (la 1 rând)

Legendele figurilor, tabelele și conținutul (datele) din tabele se scriu cu litere mai mici, Size 11. Se scrie **Figura 5** Legenda (fără punct după numărul figurii). Se scrie **Tabelul 2** Titlul tabelului (fără punct după numărul tabelului)

Figurile scanate să fie clare (format JPEG).

Mențiunile bibliografice se fac în paranteze drepte în cadrul lucrării.

Titlurile subcapitolelor se scriu fără bold.

Rezumat bold

(Un rând liber)

Textul rezumatului (maximum 125 cuvinte)

(Un rând liber)

1 Titlul capitolului – (bold dar nu CAPS)

(Un rând liber)

2 Titlul capitolului ... Și așa mai departe

Mulțumiri.

Bibliografia. Bibliografia se scrie cu font size 10, menționând în ordine autorii, titlul lucrării, revista sau cartea, pagina și anul.

După textul lucrării în limba română, se introduce **TITLE** în limba engleză (cu 14 Caps Bold), un rând size 12 liber și **Abstract** în limba engleză (maximum 250 cuvinte)

În final se trece (font size 10) adresa de contact (poștală, telefon, fax și e-Mail), iar apoi se face prezentarea personalității autorului /autorilor (maximum 50 de cuvinte) împreună cu fotografia personală.

Articolul se trimite pe Internet prin fișier atașat (fără viruși), iar prin poștă - două copii listate și, eventual, originalul pe dischetă.

Autorii sunt responsabili de forma de prezentare a articolelor și de conținutul lor științific. Imaginile se vor încadra în Text Box, pentru a putea fi trase la pozițiile necesare.

Lucrările sunt analizate de Comisia de Referenți.

Drepturile de reproducere ale materialelor publicate în revista Ingineria Iluminatului aparțin Universității Tehnice din Cluj-Napoca, Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N și Editurii MEDIAMIRA S.R.L. Cluj-Napoca.

Adresa de contact:

Dr. Florin POP, Profesor

UTCN – Universitatea Tehnică

Str. C. Daicoviciu Nr. 15, 3400- Cluj-Napoca

Fax: (064) 192055; Tel. acasă: (064) 197254

e-Mail: Florin.Pop@insta.utcluj.ro



EDITURA MEDIAMIRA
ISSN 1454-5837