

# ENERGY EFFICIENCY IN LIGHTING

## between regulations and reality

**Florin POP**

Technical University of Cluj-Napoca, Lighting Engineering Centre

### Abstract

The paper analyses the concordance between the regulations concerning the energy efficiency of interior lighting in buildings and the state-of-the-facts of the existing installations. There are presented the outcomes of a study related to two areas of investigation - the EU countries, based on the data exposed in some of the last conferences proceedings and Romania - north-western area (area of the Lighting Engineering Centre activity), based on the data revealed by the statistics and lighting professionals' opinions. The study is targeted to the interconnection between standard illuminance levels, users needs and comfort, lighting control costs and implementation, installed power and energy consumption. Based on it, there is presented the recommended Energy Efficient Lighting in Ten Steps and the expectancy of their accomplishment in the near future in Romania, as a candidate country for the EU.

### Performances on efficient lighting in European Union *(presentation based on the mentioned references)*

The primary function of an electric lighting installation is to enable people to see, in order to perform their tasks comfortably and safely. Direct energy use alone is an insufficient measure and itself must be carefully considered in relation to the overall design and aims of the project. For avoiding an undesirable outcome from an electric lighting installation which achieves energy-efficiency at the cost of lighting but makes people uncomfortable and puts their safety at risk, it is necessary to consider lighting quality as well as energy-efficiency when designing or evaluating lighting. An optimum solution is considering

all environmental issues – energy use, materials and equipment, maintenance programme, optimum quality of the light in space (photometric and colorimetric aspects), the users comfort and satisfaction.

Lighting systems design trends are dynamics both in time and between countries. The recommended illuminance level represents only one of the design parameters, but it is determinant for a lighting system. Beginning from 1930s, there was an increase in levels until the oil crisis (early 1970s) and then a decrease, with a large variation among countries – table 1

**Table 1** Some illuminance levels recommended on EU countries – [14]

Country	Year	General Area	Task Area	Reading	Design
Austria	1984	500	---	---	750
Belgium	1992	300-750	500-1000	500-1000	1000
Czech Rep.		200-500	300-500	500	750
Denmark		200-500	---	500	1000
Finland	1986	150-300	500-1000	500-1000	1000-2000
France	1997	425	425	425	850
Germany	1990	500	500	-	750
UK	1994	500	500	300	750
Netherlands	1991	100-200	400-500	400	1600
<b>Romania</b>	<b>2002</b>	<b>300</b>	<b>300-400</b>	<b>300</b>	<b>400</b>
Russia	1995	300	300	300	500
Suisse	1997	500	300	500	1000
Sweden	1994	100	300	500	1500
CIE Guide	1996	500	500	500	750

Visual performance and visual comfort are not synonym factors. Muck and Bodman (1961) studies revealed that a high illuminance level may allow a better visual performance, but in the same time creating a visual discomfort. So, an optimum level of the illuminance could be at around of 2000 lx.

The EN 12464 (Lighting of work places) and EN 12665 (General terms and criteria for specifying lighting requirements) offer a new quality of further lighting installations – responsibility of the illumination design author for results of his work and responsibility of the users for proper maintenance of the installations. Their responsibilities will be under the legally and financially pressure. A minimum daylight factor is specified on the work plane so that at 3 m from the windows does not fall below 1%; this daylight will allow the use of suitable lighting controls to help manage and limit the energy use by electric lighting. The standard considers two zones on the working area – respectively the task and its immediate surrounding, the second being illuminated to at least 60% of that on the task. Comparative with a lighting system based on general lighting, a localised lighting system (for task area) with additional ambient lighting (for immediate surrounding) may fall the specific power from 10-15 W/m<sup>2</sup> to 6-10 W/m<sup>2</sup>, representing about 50% savings [8].

A pilot study aimed to find the appropriate light distribution for carrying out visual task, while keeping a constant illuminance level within the task area [6]. The lighting installation was based on a conventional general lighting systems using a uniform array of suspended indirect/direct luminaires. The preferred light distribution was 44% downward and 56% upward.

Lighting in UK housing therefore has two problems [12, 15]. The first is how to encourage better lighting design, and the second is how to encourage greater energy efficiency. For the second there is the Building Regulations 2000 England and Wales, where is stipulated the use of light fittings that are only suitable with 'low energy lamps' – efficacy  $\geq$  40 lumens/circuit watt, in one location for every three rooms. The main matters to implement an energy efficient housing lighting consist on the limited range of domestic light fittings using fluorescent lamps, the preconceived ideas on the poor aesthetics of CFLs and that energy savings is only important for those on low incomes.

The requirements for non-domestic buildings are brief and functional performance statements: 'to provide lighting systems which are energy efficient'.

An option in the Belgian regulations allowed a blanket 20 W/m<sup>2</sup> to be assumed as the lighting power [11].

The rate of the households owning a CFL covers the range from 0,8 CFLs per household in UK to more than 3 CFLs per household in Denmark. The SAVE projects have found that there is at least room for 8 CFLs per home [10, 12, 15].

An analysis on the lighting pattern in 100 Danish homes denotes that the monthly average lighting consumption varies between 5% and 21% of the total respective monthly consumption, and 24% of the lamps are energy efficient lamps (linear fluorescent lamps or CFLs).

Information is particularly scarce in the area of industrial lighting energy issues. An industrial lighting survey [18] carried out on 15 manufacturers on Turkey (not an UE country) denotes that 80% of the companies did not comply with the recommended illuminances. However, 85% of their users stated that they were happy with the illuminance levels and 19% considered the illumination level as sufficient. The company ratio that provide the required color specifications are 7%.

Four EU countries - Belgium, France, Greece, and Netherlands – had a detailed calculation procedure for lighting as part of their building energy requirement [11].

Lighting represents an important part of building energy consumption in the EU – around 10% of the total electricity consumption, ranging from 5% (Belgium, Luxemburg) to 15% (Denmark, Netherlands, and also Japan). The global electric lighting energy use may be split in four sectors: services 48%, residential 28%, industrial 16% and street lighting and other 8% [13]. Lighting electricity consumption accounts for about 20 to 30% of the total energy required by an office building [6]. On average, the investment cost of lighting facilities for an office building works out at around 1 to 2% of total investment. The power density for standard fluorescent lighting

installations varies from 13 to 20 W/m<sup>2</sup>. Recent progress in equipment and design demonstrates the possibility to reduce these values in the range of 7 to 10 W/m<sup>2</sup> [6]. A minimum acceptable lighting power density of about 7 W/m<sup>2</sup> will lead to annual lighting consumption of 16 kWh/m<sup>2</sup>. Dimming or extinction of lamps of ambient lighting may lead to annual consumption below 10 kWh/m<sup>2</sup> [6]. Based on the few comprehensive estimates studies, there is stipulated an approximate commercial sector lighting savings potential in the range of 25% to 40% [13]. In practice savings will vary by country, depending on existing baseline conditions. Energy saving measures in lighting must be accepted by the users and must be associated with an improvement of their standards working condition, having in mind even the fact that the annual lighting consumption of an office worker is of the order of one hour of the his/her salary cost [6].

#### **A status of energy efficient lighting in Romania**

##### *National building energy regulations*

The legal frame for an energy efficient lighting approach is constituted by the general set of laws, referring to the whole building or energy consumer: • Law 10/1995 "Law of the quality in constructions" which establish the quality system, one of its compulsory regulations to be achieved and maintained during the entire life of construction referring to the law energy level of consumption and energy savings. • Law 199/ 2000 "Law of the energy efficiency" according to the national policy on efficient use of energy, in conformity with the Energy Cart and Energy Efficiency and Environmental Protocol, which establish duties and stimulating measures for the energy producers and consumers regarding to its efficient use.

The countries entering to EU will reduce the national standards below 10% in relation with the European standards. For the moment, the interior lighting installations are guided by two national recommendations – SR 6646-97 - *Artificial lighting* and NP-061-02 - *Guide for design and execution of the buildings artificial lighting systems*. The specialists may also use

the Romanian translation of the CIE Guide on interior lighting and CIE 008/E-2001 – *Lighting of indoor work places*. Romanian norms include the recommended values of the illumination levels, maintenance factors and other parameters, but do not stipulate the specific requirement on energy efficiency for lighting equipment and systems, only the functional performance statement mentioned before: 'to provide lighting systems which are energy efficient'.

##### *Energy aspects*

There are no many detailed information about the electric consumption of the residential customers. In 2000, the average electric energy production was at about 2315 kWh/person. In 1999, for 7.836.246 households, the electric energy consumption was 7841 GWh from the total of 45.320 GWh. A recent survey [2], reported to a reduce number of cases, denotes that the lighting in households is responsible of about 20-30% of the total electric energy consumption (measurements made in November). There is interesting to notice the important consume of about 20% of a very small appliance – water pump of the home heating unit -, due to its continuous working state.

A survey with 150 people (during the last five years) revealed the following values for the weighting factors of the main quality parameters (on the 1-10 scale) [16]: illuminance level of the working plane – 9; luminance contrast – visual task/background – 8; color rendering index – 7; energy efficiency – 9.

There are two natural barriers to implement an energy efficient lighting: economical and educational. The low level of people income (monthly average of about €125) does not permit the purchasing of energy efficient and color rendering lamps. The cost of a CFLs lamp - €4-8 - is about 10 times greater than GLS. The lighting knowledge is very poor even through the educated people, and there are now media dedicated programmes to improve it.

A questionnaire related with the energy efficiency in lighting was spread through the local area of the Lighting Engineering Centre

UTC-N, at about 30 lighting designers and dealers, receiving back a third part of them (it will be presented at the NAS-EnerBuild Budapest Workshop). The answers refer to the offices and small manufacturers. The installed specific power is in the range of 13–22 W/m<sup>2</sup>, and 3-5 W/m<sup>2</sup>/100 lx for offices. There were not use the correlation with the daylight availability and users needs/presence due to the lack of interest from the owners. Some designers do not know the infrared control system. The weighted factors (in a 1-3 scale) for lighting features are the following: • importance of the control facilities – individual or building central - 1, zones of activity - 3; • mention the specific power – 3; • high technology ballasts and lamps – 2 to 3; • mention/use of the proper lamps (efficacy, color temperature, color rendering index) – 3; • energy labels – 1; • maintenance schedule – 1; • photometric measurements – 1 to 2; • lighting installation history book – 1. The national norms are considered unsatisfactory to acceptable.

### Energy Efficient Lighting in Ten Steps

Significant savings in energy consumption, and therefore cost, of providing lighting without reducing standards can be achieved by applying an energy-effective-design approach to lighting installations. Many existing lighting installations are far from energy/cost effective.

Consequently, opportunities exist to convert them by using more efficient equipment to provide the same, or sometimes better, lighting for a lower energy consumption and cost. The objective is clearly to provide lighting to the quantity and quality standards required, with the minimum usage of electrical energy. To meet this basic requirement it is necessary to evaluate the equipment, techniques and services available for both existing and proposed installations [20]. The energy consumed by a lighting installation depends upon *the installed load* and *the hours of use*. It is important to know the energy consumption of an existing or proposed lighting installation when considering the cost-effectiveness of measures to improve its energy efficiency. Such

measures will usually cost money to implement but will reduce the future energy consumption. The hours of use of a lighting installation depend upon the occupancy patterns of the space, the daylight available in the space and the control system used. The ultimate aim must be to achieve the desired lighting solution at the lowest practical energy use. It is possible that a higher installed load combined with a suitable control system to give low hours of use will result in lower energy consumption than an alternative installation with a lower loading but poorer control. It is important to consider both aspects.

Even nowadays, the new and modernized lighting installations designed by young and devoted specialists meet requirements of new European standards, on the energy efficient and quality features. But to recommend a maintenance schedule is a “terra incognita” for entire lighting market.

The following basic rules for achieving energy-effective lighting should be considered, based on [16, 17, 19, 20]

- (1) Savings measures in respect of the users comfort and safety
- (2) Illuminance level in accordance with the task requirements
- (3) Most efficient lamps, according with adequacy of their parameters (color, life)
- (4) Luminaires lumen output and lighting system design to assure an optimum use of the lamps emitted lumens
- (5) Low level of power losses in the electric network by the right choose and design of the components
- (6) Correlation of the functioning schedule of the electric lighting installation with the daylight availability and users needs/presence
- (7) Flexibility of the illuminance levels and lit zones to adapt them to the space and time change
- (8) Adequacy of the energy electric tariff system to the specific consumers and the analysis of the hourly discriminatory tariff
- (9) Compensation of the reactive power
- (10) Maintenance schedule of the lighting installation on the design stage on an optimum methodology.

## References

1. Bertoldi, P., *The European design competition "Lights of the Future" for energy-efficient lamp dedicated fixture: A successful example of market transformation*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
2. Beu, D., Pop F., *Residential and Commercial Survey for a Romanian Energy Efficient Lighting Program*, ENEF 2002, Banska Bystrica, 2002
3. Boyce, P.R. *Illuminance Selection Based on Visual Performance - and Other Fairy Stories*, Journal of the IES, Summer, 1996
4. Boyce P.R., Eklund, N.H., *Evaluating lighting quality*, Proceedings from the 3rd European Conference on Energy-Efficient Lighting, Newcastle upon Tyne, 1995
5. Dehoff, P., *The impact of changing light: on the well-being of people at work*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
6. Fontoynt, M., Escaffre, L., Marty, Ch., *Solutions for reducing lighting consumption and improving lighting quality in office buildings*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
7. Goven, T., Bangens, L., Persson, Bo, *Preferred luminance distribution in working areas*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
8. Goven, T., *Energy efficient lighting of indoor work places*, Proceedings from the 9th European Lighting Conference Lux-Europa, Reykjavik, 2001
9. Grzonkowski, J., Witakowski, W., *Standardisation of lighting in Poland*, Proceedings from the 9th European Lighting Conference Lux-Europa, Reykjavik, 2001
10. Kofod, C. *End-use analysis on domestic lighting*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
11. Littlefair, P., Slater, A., *Regulations for lighting in Europe*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
12. Loe, J., Jones, N., *A new and energy efficient approach to domestic lighting*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
13. Mills, E., *Why we're here: The \$230-billion global lighting energy bill*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
14. Mills, E., Borg, N. *Rethinking Light Levels*, IAEE newsletter, 1, 1998
15. Palmer, Jane, Boardman, Brenda, *DELIGHT, Domestic efficient lighting*, Technical report in the SAVE programme, University of Oxford, 1998
16. Pop, Mihaela, Pop, F., Chindris, M., *A quality approach of the lighting installations*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
17. de Ranitz H.E., *Quality lighting and energy saving: socially desirable "Yes", but what is to be realised in practice?* Proceedings from the 7th European Lighting Conference Lux-Europe, Edinburgh, 1993
18. Ünver, Rengin, *Visual comfort and industry buildings*, Proceedings from the 9th European Lighting Conference Lux-Europa, Reykjavik, 2001
19. Walawalkar, M., *Computer aided efficient lighting design practices in developing countries*, Proceedings from the 5th International Conference on Energy-Efficient Lighting, Nice, 2002
20. \* \* \* *Guia de ahorro y eficiencia energetica en iluminacion*, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía - IDA, Comte Español de Iluminación, Madrid, 1994

### Florin POP

Professor, Ph.D.

Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

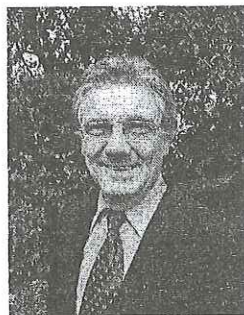
RO-3400 Cluj-Napoca, Str. C. Daicoviciu Nr. 15

Tel.: + 40.264.197254

Fax: + 40.264. 192055

e-Mail: florin.pop@insta.utcluj.ro

Web: <http://bavaria.utcluj.ro/~florin>



Professor in Electrical Installations and Lighting, 1990. Ph.D. supervisor, 1994. Vice-president of the Romanian National Committee on Illumination, head of the 7th Division.

Co-ordinator and/or member of research projects and international co-operation on Tempus, Socrates, Leonardo

programs. Author/co-author of 15 titles printed by the national companies, participant at national and international conferences on lighting and electrical installations - Right Light, Lux Europa, Light&Lighting. Founding member of the Lighting Engineering Centre LEC - UTC-N (2000) and chief editor of the Ingineria Iluminatului review (1999)

*Received at 25.01.2003*

*The paper was presented at the NAS EnerBuild Workshop Budapest, January 17-18, 2003*

## Questionnaire concerning with energy efficiency of the interior lighting installations

Please fill a sheet for every presented work.

By agreement, please mention your name, age, professional status/background, company and contact address (mail, tel./fax, e-mail)

**1 Work title** – Design unit (Designer), Executed unit (Constructor), Finalized Investment (Beneficiary), Lighting Offer (Dealer) – City, Year

**2 Did you included in your design/executed/investment unit?**

2.1 Correlated electric lighting with available daylight

YES (characteristics) / NO (why)

2.2 Correlated electric lighting with the users presence in the room

YES (characteristics) / NO (why)

2.3 Infrared individual control by users

YES (characteristics) / NO (why)

2.4 Other lighting control/command systems characteristics

**3 Please note the specific parameters of the lighting systems** of some representative rooms

3.1 Room destination, area

3.2 Lighting equipment – lamp, ballast, luminaire

3.3 Average illuminance level, Installed Power, Installed Power Density -  $W/m^2$

**4 Please specify the importance which you consider for** (low - 1, medium - 2, great - 3)

4.1 Lighting control facility

individual, zone/group, general on room, centralized on building

4.2 Installed Power Density

$W/m^2$  or/and  $W/(m^2 \cdot 100 lx)$

4.3 Equipment

electronic ballast, high technology lamps

4.4 Lamp characteristics

luminous efficacy, color temperature, rendering color index

4.5 Lamp energy label

4.6 Luminaire electric parameters

ballast loses, power factor

4.7 Maintenance of the lighting installation

included equipment on the design stage, periodical cleaning, fallen lamps change - individual or group

4.8 Photometric measurements

initial, periodical

4.9 Technical history book of the lighting installation

**5. Please consider the present norms and regulations content** (unsatisfactory - 1, acceptable - 2, good - 3)

I7-2002 (low voltage electrical installations), NP 061-2002 (Interior lighting), SR 6646 - 1, ..., 5 (working places and interior lighting systems)

**6. Other considerations would you like to mention**

# EFICIENȚA ENERGETICĂ ÎN ILUMINAT

## Între reglementări și realitate

### Rezumat

Lucrarea analizează concordanța între reglementările referitoare la eficiența energetică a iluminatului interior în clădiri și starea de fapt a instalațiilor existente. Sunt prezentate rezultatele unui studiu efectuat în două zone de investigare – țări ale UE, pe baza informațiilor din volumele de lucrări ale câtorva dintre cele mai recente conferințe și, respectiv, din România – aria de nord-vest (în care își desfășoară activitatea Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N), pe baza datelor statistice și a celor relevate de opiniile unor specialiști în iluminat. Studiul este orientat spre interconexiunea între nivelurile de iluminare standard, dorințele și confortul utilizatorilor, introducerea și costurile controlului în iluminat, puterea instalată și consumul de energie. Pe această bază este prezentată recomandarea unui Iluminat Eficient Energetic în Zece Pași și speranțele în îndeplinirea acestui deziderat în viitorul apropiat în România, țară candidată pentru UE.

### Performanțe în iluminat eficient în Uniunea Europeană (prezentare bazată pe referințele bibliografice menționate)

Funcția primară a unei instalații electrice de iluminat este aceea de a asigura oamenilor posibilitatea de a vedea, pentru ca să-și îndeplinească sarcinile în confort și siguranță. Energia utilizată în mod direct nu este suficientă și ea însăși trebuie atent corelată cu scopurile și dezvoltarea proiectului în ansamblul său. Pentru a evita o instalație de iluminat eficientă în energie și costuri, dar care crează utilizatorilor disconfort și le pune sănătatea în pericol, este necesar să se considere calitatea iluminatului în aceeași măsură ca și eficiența energetică în proiectarea sau evaluarea unei instalații de iluminat. O soluție optimă este de a avea în vedere toate componentele ambientale – energie utilizată, materiale și echipament, program de întreținere, calitatea optimă a luminii în spațiul de activitate (aspecte fotometrice și colorimetrice), confortul și satisfacția utilizatorilor.

Tendențele proiectării sistemelor de iluminat sunt foarte dinamice. Nivelul de iluminare recomandat reprezintă doar unul dintre parametrii ce trebuie luați în considerare la proiectarea sistemelor de iluminat, dar el este întotdeauna determinant pentru un sistem. Începând cu anul 1930, nivelul de iluminare a cunoscut o schimbare rapidă în majoritatea țărilor. În prima fază a crescut, până la criza petrolului (începutul anilor 1970), după care a scăzut din nou, variația nivelului de iluminare de la o țară la alta fiind foarte mare – tabel 1.

Performanța vizuală și confortul vizual nu sunt doi factori sinonimi. Studiile lui Muck și Bodman (1961) demonstrează că este posibil ca un nivel de iluminare anumit să permită o performanță vizuală înaltă, dar în același timp să producă disconfort. Diferența este determinată de deosebirile între modurilor lor de evaluare. Performanța vizuală măsoară ceea ce poate fi făcut, în timp ce confortul vizual măsoară ceea ce este mai ușor de făcut. Aceasta sugerează că performanța vizuală și confortul vizual reprezintă două cerințe obligatorii, succesive în stabilirea nivelurilor de iluminare recomandate. Astfel, nivelul de iluminare optim se situează în jurul valorii de 2000 lx.

Reglementările EN 12464 (Iluminatul locurilor de muncă) și EN 12665 (Termeni generali și criterii pentru precizarea cerințelor în iluminat) oferă o nouă calitate a viitoarelor instalații de iluminat – responsabilitatea autorului proiectului de iluminat pentru rezultatele muncii sale și responsabilitatea utilizatorului (beneficiarului, investitorului) pentru o întreținere corespunzătoare a instalațiilor. Responsabilitățile lor vor fi urmărite legal și financiar. Este specificată o valoare minimă a factorului de lumina zilei pe planul de lucru, astfel încât la 3 m de la fereastră să nu coboare sub valoarea de 1%; această lumină naturală va permite utilizarea unui sistem de control al iluminatului adecvat, pentru a spijini programul de întreținere și pentru a limita utilizarea energiei în iluminatul electric. Standardul consideră două zone pe suprafața de lucru – respectiv sarcina și vecinătatea acesteia, cea de-a doua fiind iluminată cu cel puțin 60% din iluminarea sarcinii. Comparativ cu sistemul de iluminat

bazat pe iluminatul general, un sistem de iluminat localizat (pentru suprafața sarcinii) cu un iluminat ambiental aditional (pentru zona imediat învecinată) pot să reducă puterea specifică de la 10-15 W/m<sup>2</sup> până la 6-10 W/m<sup>2</sup>, ceea ce reprezintă o economie de circa 50% [8].

Un studiu pilot a avut ca scop găsirea unei distribuții a luminii adecvate executării sarcinii vizuale, păstrând constant nivelul de iluminare pe suprafața de lucru [6]. Instalația de iluminat a fost convențională, un sistem de iluminat general cu amplasarea uniformă a corpurilor de iluminat suspendate cu distribuție directă-indirectă. Distribuția preferată a luminii a fost de 44% în jos și, respectiv, 56% în sus.

Iluminatul locuințelor în Marea Britanie cunoaște două probleme [12, 15]. prima constă în modalitatea prin care se poate încuraja o proiectare a iluminatului mai bună, iar a doua – modalitatea prin care se poate încuraja o eficiență energetică mai mare. pentru cea de-a doua există Reglementările Clădirilor 2000 Anglia și Țara Galilor (Building Regulations), în care este stipulată utilizarea doar a acelor armături care sunt adaptate “lămpilor cu energie scăzută” – eficacitatea  $\geq 40$  lm/circuit watt, în cel puțin o locație la fiecare trei încăperi. Problema principală constă în gama limitată a unor armături cu lămpi fluorescente pentru locuințe, și a ideilor preconceptuate privind aspectul estetic scăzut determinat de lămpile fluorescente compacte și a faptului că economiile de energie ar fi importante doar pentru cei cu venituri mici.

Cerințele pentru clădiri cu alte destinații decât locuințe sunt puține și constau în referiri funcționale ‘utilizarea unor sisteme de iluminat care sunt eficiente energetic’.

Reglementările belgiene oferă o limită de 20 W/m<sup>2</sup> pentru puterea în iluminat [11].

Rata locuințelor echipate cu lămpi fluorescente compacte este de la 0,8 unități pe locuință în Marea Britanie până la peste 3 unități pe locuință în Danemarca. Studii efectuate în programul SAVE sugerează o limită de 8 lămpi fluorescente compacte pe locuință [10, 12, 15].

O analiză a comportării iluminatului în 100 de case din Danemarca evidențiază un consum mediu în iluminat între 5% și 21% din consumul

total și că 24% din lămpi sunt economice (lămpi fluorescente liniare sau compacte).

Informațiile sunt sărace în privința consumului de energie în iluminatul industrial. O analiză a iluminatului industrial [18] efectuată în 15 societăți de producție din Turcia (care nu este, însă, o țară membră UE) denotă că 80% din societăți nu îndeplinesc nivelurile de iluminare recomandate. Cu toate acestea, 85% din utilizatori consideră că ei sunt foarte satisfăcuți de nivelurile de iluminare și 19% consideră că nivelul de iluminare este suficient. Societățile care asigură cerințele colorimetrice sunt de 7%.

Patru țări europene - Belgia, Franța, Grecia și Olanda – dispun de o procedură de calcul detaliată pentru iluminat, ca parte a cerințelor energetice ale clădirii [11].

Iluminatul reprezintă o parte importantă a consumului de energie în clădiri în UE – în jur de 10% din totalul consumului de electricitate, mergând de la 5% (Belgia, Luxemburg) la 15% (Danemarca, Olanda și, de asemenea, Japonia). Consumul de energie electrică în iluminat global (la nivel mondial) poate fi secționat în patru sectoare: servicii 48%, rezidențial 28%, industrial 16% și rutier (public) și alte aplicații 8% [13]. Consumul de electricitate în iluminat este de la 20 până la 30% din consumul de energie total al unei clădiri de birouri [6]. În medie, costurile de investiții în facilitățile de iluminat pentru o clădire de birouri sunt la nivelul de 1 - 2% din investiția totală. Puterea instalată specifică pentru instalațiile de iluminat fluorescent standard variază de la 13 la 20 W/m<sup>2</sup>. Progrese recente în echipament și proiectare demonstrează posibilitatea de a reduce acest valori până la 7 - 10 W/m<sup>2</sup> [6]. Un minimum acceptabil al puterii instalate specifice în iluminat de circa 7 W/m<sup>2</sup> va conduce la obținerea unui consum anual în iluminat de 16 kWh/m<sup>2</sup>. Regajul sau deconectarea lămpilor iluminatului ambiental ar putea să reducă consumul anual sub 10 kWh/m<sup>2</sup> [6]. Pe baza unor puține studii comprehensive de evaluare, se consideră că în sectorul comercial există un potențial de economisire a energie în iluminat de aproximativ 25 - 40% [13]. În practică, economiile vor varia de la țară la țară, în funcție de condițiile de bază existente. Măsurile de economisire a energiei



trebuie să fie acceptate de utilizatori și trebuie să fie asociate cu o îmbunătățire a condițiilor de muncă, având în vedere chiar și faptul că consumul anual în iluminat pentru un funcționar din birouri este de ordinul a unei ore din salariul acestuia [6].

## O imagine a eficienței energetice în iluminat în România

### Reglementări naționale privind energia în clădiri

Cadrul legal pentru o abordare eficientă energetic în iluminat este constituit de pachetul general de legi ce se referă la întreaga clădire sau la consumatorul de energie: • Legea 10/1995 "Legea calității în construcții" care instituie sistemul calității, una din condițiile sale obligatorii care trebuie îndeplinită și asigurată pe întreaga durată de viață a construcție referindu-se la nivelul scăzut al consumului de energie și la economiile de energie. • Legea 199/ 2000 "Legea eficienței energiei" în concordanță cu politica națională a utilizării eficiente a energiei, în conformitate cu Carta Energiei și Protocolul Eficienței Energiei și Mediului, care stabilește îndatoriri și măsuri stimulative pentru producătorii și consumatorii de energie privind utilizarea eficientă a sa.

Țările ce intră în UE vor reduce standardele naționale sub 10% în relația cu standardele europene. În prezent, instalațiile de iluminat interior sunt ghidate de două recomandări naționale - SR 6646-97 - *Iluminatul artificial* și NP-061-02 - *Ghid pentru proiectarea și executarea sistemelor de iluminat artificial pentru clădiri*. Specialiștii pot să folosească traducerea în românește ale *CIE Guide on interior lighting* și *CIE 008/E-2001 - Lighting of indoor work places*. Normele românești menționează niveluri de iluminat recomandate, factori de întreținere și alți parametri, dar nu stipulează cerințe specifice de eficiență energetică pentru echipamentul și sistemul de iluminat, doar performanțele funcționale menționate anterior: 'utilizarea unor sisteme de iluminat care sunt eficiente energetic'.

### Aspecte energetice

Sunt puține informații privind consumul de energie electrică în sectorul rezidențial. În

2000, producția medie de energie electrică a fost în jur de 2315 kWh/persoană. În 1999, consumul de energie electrică pentru 7.836.246 locuințe a fost de 7841 GWh dintr-un total de 45.320 GWh. Un studiu recent [2] raportat la un număr redus de cazuri, evidențiază că iluminatul în locuințe este responsabil pentru 20-30% din consumul de energie electrică total (măsurători efectuate în luna Noiembrie). Este interesant de notat un consum important de circa 20% a unui receptor foarte mic - pompa de apă a microcentralei termice de apartament, datorită regimului de funcționare continuu.

Un studiu la care au participat 150 de persoane (pe durata ultimilor cinci ani) a scos în evidență următoarele valori ale factorilor de ponderare pentru principalii parametri de evaluare a calității iluminatului interior (pe o scară valorică de la 1 la 10) [16]: nivelul de iluminare pe planul de lucru - 9; contrastul de luminanță sarcină vizuală/fond - 8; indicele de redare a culorii - 7; eficiența energetică - 9.

Există două bariere naturale pentru implementarea unui iluminat eficient energetic: economică și educațională. Nivelul scăzut al venitului populației (în medie de €125 pe lună) nu permite cumpărarea unor lămpi eficiente energetic, cu caracteristici de redare a culorilor superioare. Costul unei lămpi fluorescente compacte - €4-8 - este de circa 10 ori mai mare decât al lămpilor cu incandescență normale. Cunoașterea noțiunilor de iluminat este extrem de redusă chiar și printre persoanele cu studii superioare (educate), și nu există programe media dedicate îmbunătățirii acesteia.

Un chestionar privind eficiența energetică în iluminat a fost distribuit în zona Centrului de Ingineria Iluminatului - Transilvania - la circa 30 proiectanți și comercianți, primind răspunsuri de la o treime. Răspunsurile se referă la birouri și mici societăți de producție. Puterea instalată specifică este de 13 - 22 W/m<sup>2</sup>, respectiv 3-5 W/m<sup>2</sup>/100 lx pentru birouri. Nu se face corelarea iluminatului electric cu lumina naturală disponibilă și cu prezența/dorințele utilizatorilor, în principal datorită lipsei de interes din partea investitorului. Unii proiectanți nu cunosc sistemul de comandă în infraroșu.

Factorii de apreciere (într-o scară de la 1 la 3) pentru anumiți parametri ai iluminatului sunt următorii:

- importanța facilităților de control - individual sau centralizat pe clădire - 1, pe zone de activitate - 3;
- menționarea în proiect a puterii instalate specifice - 3;
- utilizarea lămpilor/balasturilor de înaltă tehnologie - 2 la 3;
- menționarea/folosirea lămpilor adecvate (eficacitate, temperatură de culoare, indice de redare a culorilor) - 3;
- etichetarea energetică - 1;
- program de întreținere - 1;
- măsurări fotometrice - 1 to 2;
- cartea tehnică a instalației de iluminat (cu istoricul acesteia) - 1.

Normele naționale sunt considerate nesatisfăcătoare spre acceptabile.

### Iluminat eficient energetic în 10 pași

Economii semnificative în consumul de energie electrică, și astfel în costuri, prin asigurarea unui iluminat fără reducerea standardelor poate fi obținut aplicând o proiectare eficientă energetică a instalațiilor de iluminat. Multe instalații în funcțiune sunt departe de a fi corespunzătoare sub aspectul energie/cost. Desigur, există oportunități pentru a le converti prin utilizarea unui echipament mai eficient ce oferă aceeași sau, uneori, mai bună lumină cu un consum de energie și costuri mai scăzute. Obiectivul clar este cel de a oferi lumina la standarde de calitate și cantitate, cu un consum minim de energie. Pentru a putea îndeplini aceste cerințe de bază este necesar să fie evaluat echipamentul, tehnica și serviciile disponibile pentru ambele tipuri de instalații: existente și proiectate.[20]. Energia consumată de iluminat depinde de *puterea instalată* și de *numărul orelor de funcționare*. Este important să se cunoască consumul de energie pentru o instalație existentă sau propusă când se iau în considerare eficiența costurilor măsurilor de îmbunătățire a eficienței energetice. Astfel de măsuri costă bani pentru a fi introduse, dar vor reduce consumul de energie viitor. Orelor de funcționare a instalației de iluminat depind de

modul de ocupare a încăperilor, lumina naturală disponibilă și sistemul de control folosit. Scopul final trebuie să fie cel al obținerii soluției de iluminat dorite la cel mai scăzut nivel de energie consumată. Este foarte probabil ca o instalație cu o putere instalată mare combinată cu un sistem de control eficace să conducă la un număr scăzut de ore de funcționare și, astfel, să rezulte un cosum de energie redus, spre deosebire de o instalație cu sarcină redusă dar cu un control de slabă calitate. Este important să fie luate în considerare ambele aspecte.

În prezent, instalațiile noi și modernizate proiectate de tineri specialiști întrunesc condițiile cerute de noile standarde europene, cu considerarea parametrilor de calitate și eficiență. Însă, a recomanda un program de întreținere este o "terra incognita" pentru întreaga piață a iluminatului.

Se pot avea în vedere următoarele reguli de bază pentru obținerea unui iluminat eficient energetic [Pop, de Ranitz, San Martin, Walawalkar]

- (1) Măsuri de economisire cu considerarea confortului și siguranței utilizatorilor
- (2) Niveluri de iluminare în concordanță cu cerințele sarcinii
- (3) Cele mai eficiente lămpi, cu parametri corespunzători (culoare, durată de viață)
- (4) Caracteristicile corpurilor de iluminat și ale sistemului de iluminat proiectat să asigure utilizare optimă a fluxului luminos emis de lămpi
- (5) Nivel scăzut al pierderilor de putere în rețeaua electrică prin proiectarea și alegerea corectă a componentelor
- (6) Corelarea programului de funcționare al instalației electrice de iluminat cu lumina naturală disponibilă și prezența/dorințele utilizatorilor
- (7) Flexibilitatea nivelurilor de iluminare și a zonelor iluminate pentru a se putea adapta schimbărilor în spațiu și timp
- (8) Adoptarea unui sistem de tarifare a energiei electrice pentru consumatori specifici și analiza unui tarif orar discriminator
- (9) Compensarea puterii reactive
- (10) Program de întreținere prevăzut cu o metodologie de lucru optimă din faza de proiectare a instalației de iluminat

# EUROPEAN UTILISATION FACTOR METHOD

Axel STOCKMAR

LCI Light Consult International

## Abstract

Throughout the EU countries there are at the moment several methods being used for the calculation of utilisation factors. Differences experienced between the different utilisation factor methods are caused by the procedures applied to the calculation of the utilisation factors for direct illumination. The important influencing factors are the luminaire layout and the way in which the direct flux onto the working plane is calculated.

Comparisons have shown that the utilisation factors calculated according to the CIE method are somewhere in the middle of the bandwidth of the utilisation factors obtained using the other methods. Based on these results a proposal for a European utilisation factor method is being made.

## Introduction

The utilisation factor is defined as the ratio of the total flux received by a reference surface to the total lamp flux of the installation. In theory utilisation factors can be determined for any surface or layout of luminaires, but in practice they are only calculated for general lighting systems with regular arrays of luminaires. For standard conditions most manufacturers pre-calculate and publish utilisation factors in tabular form for their luminaires. At an early design stage the utilisation factors are used to calculate the number of luminaires required to achieve a given average illuminance [1]. They are also used to determine the background luminance for the calculation of glare indices [2] or glare ratings [3].

As early as in 1920 the first proposals for the evaluation of utilisation factors have been published [4]. Some 15 years later it was already common practice to use simple utilisation factor tables for lighting design [5]. Today there are several methods being used throughout Europe for the calculation of utilisation factors. For a given space the discrepancies between the different utilisation factor methods could be as large as 30 % which seems to be unacceptable in general terms. To harmonize the usage of utilisation factors within the CEN member countries an European Utilisation Factor Method (EUFM) is being proposed [6] which is based on the CIE flux code [7], and which is easy to handle and fast to calculate.

## General Assumptions and Influencing Factors

In all utilisation factor methods considered it is assumed that the interiors are empty rectangular parallelepipeds. The working plane is assumed to be materialised by a surface which will be counted as one of the room surfaces - with reflectance of the floor cavity. All room surfaces (ceiling, walls, and working plane) reflect uniformly and according to Lambert's law. The luminaires are arranged in regular patterns in the luminaire plane at a specified distance above the working plane. The indirect component of the utilisation factors is calculated using the common flux transfer theory. Tabulated transfer factors show virtually no differences whether they have been evaluated for rooms with a square plan or with a rectangular plan (length to width equal to 1.6 to 1) [8] [9].

Differences experienced between the different utilisation factor methods are caused by the procedures applied to the calculation of the utilisation factors for direct illumination. The important influencing factors are the luminaire layout - described best by the spacing to height ratio and the proximity - and the way in which the direct flux onto the working plane is calculated - zone multipliers, stripe multipliers, point-by-point calculation etc. For the different methods being used in Europe figure 1 shows the utilisation factors as function room indices for a linear luminaire (average reflectances of ceiling, walls, and working plane are 0.70, 0.50, and 0.20 respectively). The discrepancies are caused mainly by the different standard luminaire arrangements which are shown in figure 2 for a room index of  $k=2.00$ .

### **The CIBSE Utilisation Factor Method**

In Great Britain the calculation and use of utilisation factors follow the method described in CIBSE Technical Memoranda No 5 [8]. In the standard table utilisation factors are given for a maximum of 9 room indices (between 0.75 and 5.0) and 10 reflectance combinations. The luminaires are arranged in square arrays with specified nominal spacing to height ratios and half spacings at the perimeter. They are regarded as point sources with intensity distributions symmetrical about the vertical axis, but for the evaluation of the nominal spacing to height ratio linear sources are treated in a different way. The utilisation factors for direct illumination are calculated using tabulated zone multipliers. For the standard room indices these zone multipliers have been derived by Aitken-Lagrange interpolation from average zone multipliers calculated for a series of square arrays of 1, 4, 8, 16 etc. luminaires for all nominal spacing to height ratios (between 0.50 and 2.50 in steps of 0.25). Figure 3 shows some standard rooms with luminaire arrangements based on given nominal spacing to height ratios. The resulting utilisation factors as function of room indices for different nominal spacing to height ratios are represented in figure 4 (average reflectances of ceiling,

wall, and working plane are again 0.70, 0.50, and 0.20).

### **The LiTG Utilisation Factor Method**

A detailed description of the German utilisation factor method can be found in LiTG publication No. 3.5 [9]. In the standard format utilisation factors are tabulated for 10 room indices (between 0.6 and 5.0) and 15 reflectance combinations. The standard rooms have a rectangular plan area with a length to width ratio of 1.6 to 1. The luminaires are arranged in particular rectangular arrays, the so-called LiTG arrangements. They are regarded either as point sources with intensity distributions symmetrical about a vertical axis or as linear sources with relative intensity distributions in the longitudinal axis which can be described as a sum of two cosine functions. The luminaires are ceiling mounted or suspended with a suspension ratio of 1/3; i.e. the distance between the ceiling and the luminaire plane is half the distance between luminaire and working plane. In case of suspended arrangements it is assumed that the frieze has the same reflectance as the wall between luminaire and working plane. The utilisation factors for direct illumination are calculated using zone multipliers for luminaires regarded as point sources and using stripe multipliers for luminaires regarded as linear sources.

### **The UTE Utilisation Factor Method**

The French simplified method for the predetermination of illuminances is described in the French norm C71-121 [10]. Using this method it is possible to calculate average illuminances for luminaires arranged in regular arrays of given spacings and perimeter distances. The 10 standard rooms (room indices between 0.6 and 5.0) have a rectangular plan area with a length to width ratio of 1.6 to 1. The luminaires are regarded as point sources with intensity distributions symmetrical about a vertical axis, they can be ceiling mounted or suspended with a suspension ratio of 1/3. The coefficients for the calculation of average

illuminances are tabulated for 13 reflectance combinations. The utilances and hence the utilisation factors can be derived from these coefficients by simple mathematical operations. The whole method is built upon a luminaire classification system which in turn is based on the distribution of the accumulated luminous flux. The luminaires are classified accordingly to their accumulated flux in the lower hemisphere at solid angles of  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$  and  $2\pi$  steradians. For the 10 classes of direct luminaires there are utilances (reflectances 0/0/0) tabulated for different spacings and proximities expressed in form of a grid index and a proximity index respectively.

### **The Nordic Utilisation Factor Method**

The Nordic utilisation factor method is part of the NB-documentation of luminaires as specified in the NBDOC report [11]. In this standard documentation utilisation factors are given for 10 room indices between 0.60 and 5.00 and 9 reflectance combinations. The luminaires are arranged in ceiling mounted square arrays with spacing to height ratios of 0.50 and half spacings at the perimeter. They are regarded as point sources and the utilisation factors for direct illumination are evaluated using point-by-point calculations.

### **The CIE Utilisation Factor Method**

The CIE method for calculation of interior lighting has been published in two parts; i.e. the Basic Method [7] and the Applied Method [12]. The luminaires are regarded as point sources, and it is assumed that the luminous flux emitted by the luminaires in a cone (having as its axis the axis of the luminaire) can be represented as a function of the solid angle of that cone by a 4<sup>th</sup> order polynomial without a constant term. The coefficients of the polynomial are chosen to give exact agreement with the actual cumulative zone fluxes for the four zones of total solid angle  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$  and  $2\pi$  steradians. Under these conditions the luminous flux received by a rectangular surface from a source located vertically above a corner of the

rectangle is a linear function of the four zone fluxes. The weighting factors, called the geometric multipliers, are themselves functions of the ratios length to height and width to height of each of the sides of the rectangle. There are 12 standard rooms (room indices between 0.6 and 20) with a rectangular plan area (length to width ratio 1.6:1). The spacing to height ratios of the rectangular luminaire arrays increase with room index from about 0.8 to 1.35. For the standard luminaire classes utilances are tabulated for 22 reflectance combinations.

### **The European Utilisation Factor Method (EUFM) - a Proposal**

A harmonized utilisation factor method should reflect - as far as possible - current practice. Based on the results of extensive comparison calculations [13] the European utilisation factor method to be proposed should apply the CIE method for the calculation of the utilisation factors for direct illumination. To take advantage of more pronounced luminous intensity distributions the method should allow for luminaire arrangements with different spacing to height ratios, preferably between 1.00 and 2.00 in steps of 0.25. For the nominal spacing to height ratios luminaire arrangements have to be specified for real rectangular spaces. In addition to ceiling mounted systems the method should give utilisation factors for suspended arrangements with a fixed suspension ratio of 1/4. The standard sets of reflectance combinations should include higher reflectances for lighting systems with considerable indirect components. All these aspects have been taken into account in the current draft of the European Standard [6]. For the proposed nominal spacing to height ratios figure 5 shows the standard luminaire arrangements for a standard room with room index  $k=2.00$ . Using appropriate standard luminaire arrangements for the 10 standard rooms with room indices between 0.60 and 5.00 utilisation factors can be calculated for the different nominal spacing to height ratios (figure 6, reflectances of ceiling, walls, and

working plane are again 0.70, 0.50, and 0.20 respectively). The comparison shows that utilisation factors calculated according to the proposed European utilisation factor method reflect the influence of the spacing to height ratio similar to the CIBSE method (figures 4 and 6), and for a nominal spacing to height ratio of 1.00 they are somewhere in the middle of the methods being used today (figures 1 and 6).

### Benefits of a European Utilisation Factor Method

Although the elaboration and introduction of a harmonized European utilisation factor method will require some effort, it will be beneficial in many respects in a long term view. A unified method would ease the presentation of photometric data in any form of luminaire documentations. One set of data would be suitable for the whole European market. Lighting designers would appreciate a common European approach as a larger selection of luminaires could be compared at an early design stage based on the same underlying assumptions. On top of that the proposed European utilisation factor method is more comprehensive and/or reflects more current practice than all other methods. It will be possible to use different, i.e. more appropriate, spacing to height ratios; there will be an increased accuracy for suspended luminaire systems (also using a more realistic suspension ratio), and the standard sets of reflectance combinations will represent more closely situations found in practice.

### References

- [1] CIBSE Code for interior lighting, 1994.
- [2] CIBSE Technical Memoranda 10, The calculation of glare indices, 1985.
- [3] CIE Publication No 117, Discomfort glare in interior lighting, 1995.
- [4] Anderson, E.A., Coefficients of utilization, Trans. Ill. Eng. Soc., New York, 15, 1920, Harrison, W. No 2, p. 97-123.
- [5] Köhler, W., Lichttechnik, Leipzig, 1937.

- [6] prEN 13032-2, Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires - Part 2: Presentation of data for indoor and outdoor work places, 2002.
- [7] CIE Publication No 40, Calculations for interior Lighting, Basic method, 1978.
- [8] CIBSE Technical Memoranda 5, The calculation and use of utilisation factors, 1980.
- [9] LiTG Publikation 3.5, Projektierung von Beleuchtungsanlagen nach dem Wirkungsgradverfahren, 1988.
- [10] NF C71-121, Méthode simplifiée de prédétermination des éclairage dans les espaces clos et classification correspondante des luminaires, UTE, 1993.
- [11] NBD0C, A computer program for NB-documentation of luminaires, LTLI Notat 248, 1987.
- [12] CIE Publication No 52, Calculations for interior lighting, Applied method, 1982.
- [13] Stockmar, A., Comparison of utilisation factor methods, CEN TC169/WG2 document N184, 2001.

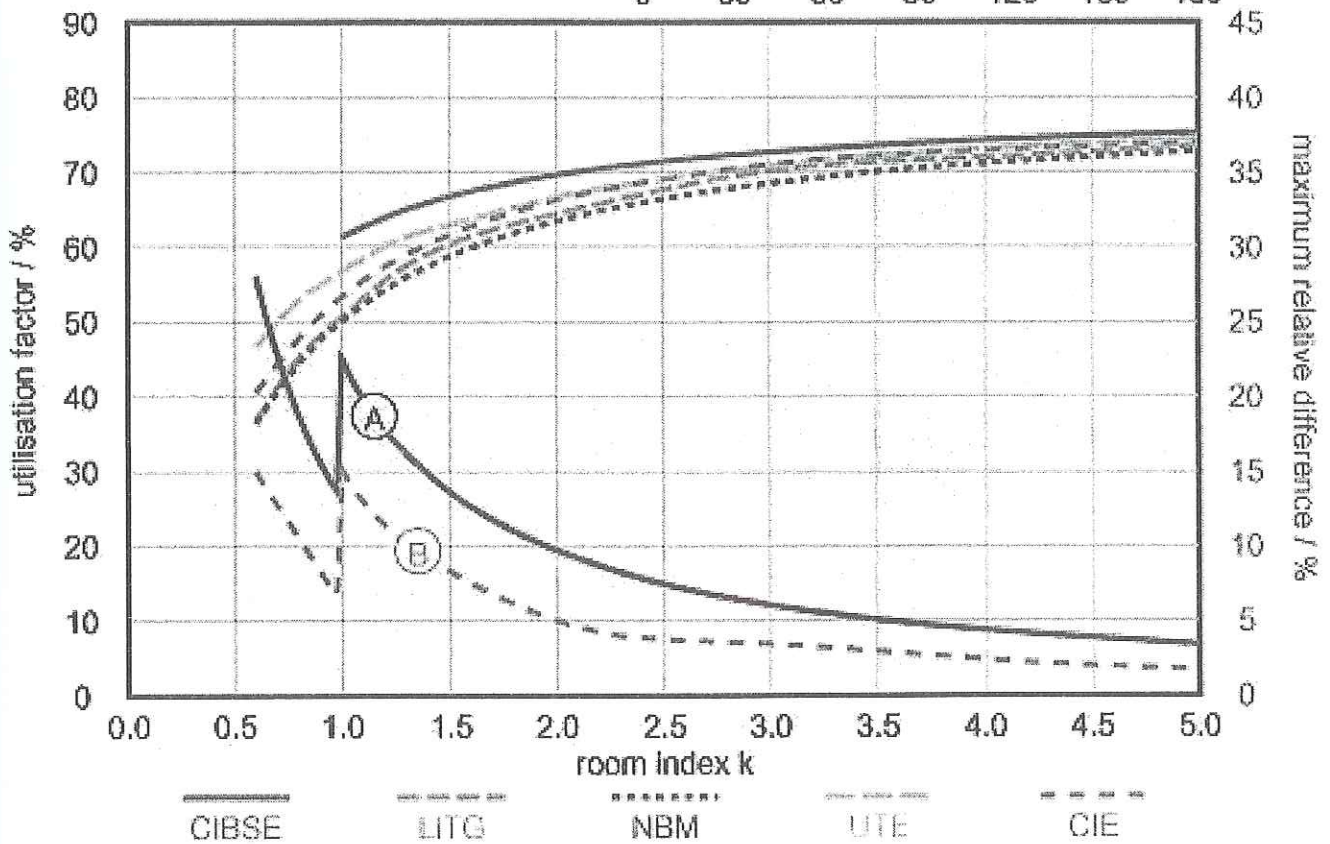
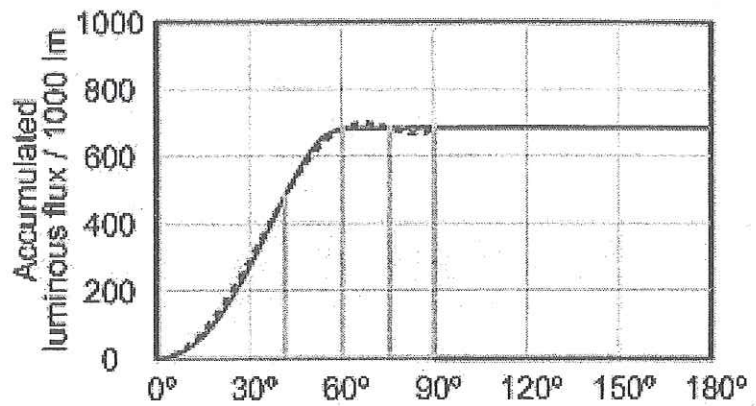
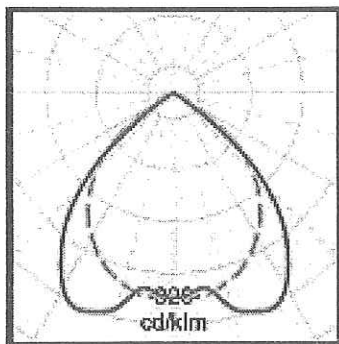
### Dipl.-Ing. Axel STOCKMAR

LCI Light Consult International  
Lindenallee 21A  
D-29227 Celle  
Tel.: +49-5141-83069, Fax: +49-5141-85268  
e-mail: A.Stockmar.LCI@T-online.de



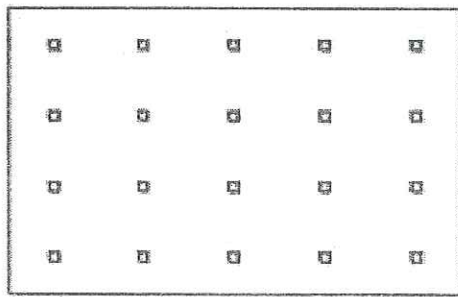
Graduate Electrical Engineer (Technical University Berlin), founder of LCI, a company which has specialised in the development of methods and computer programmes for lighting calculations and designs, visiting lecturer to the University of Applied Science and Arts Hanover, member of many German, European and International Committees on interior, exterior, sports, road, and tunnel lighting, President of the German National Committee of the International Commission on Illumination (CIE).

*Received at 27.01.2003*



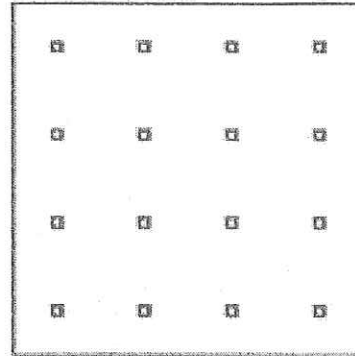
- (A) maximum relative difference between all methods (bandwidth)
- (B) maximum relative difference to CIE method

**Figure 1: Comparison of Utilisation Factor Methods**



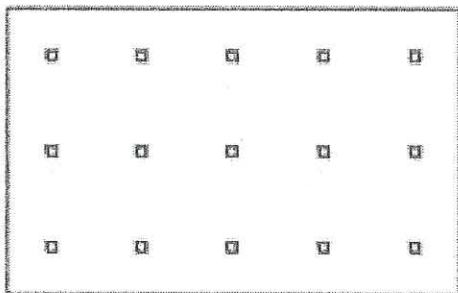
$n = 5 \times 4$

LITG



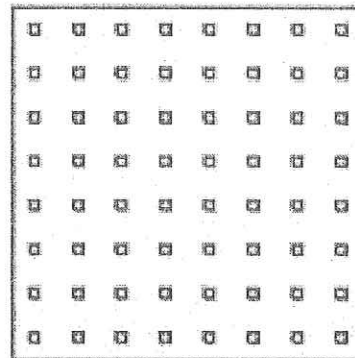
$n = 4 \times 4$

CIBSE  
 $a/h=1.00$



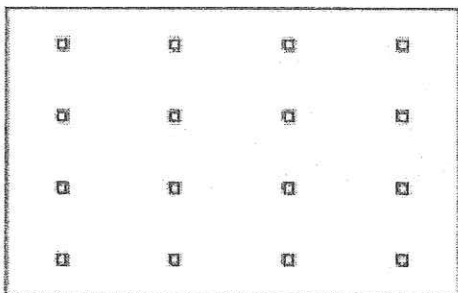
$n = 5 \times 3$

UTE



$n = 8 \times 8$

NBM



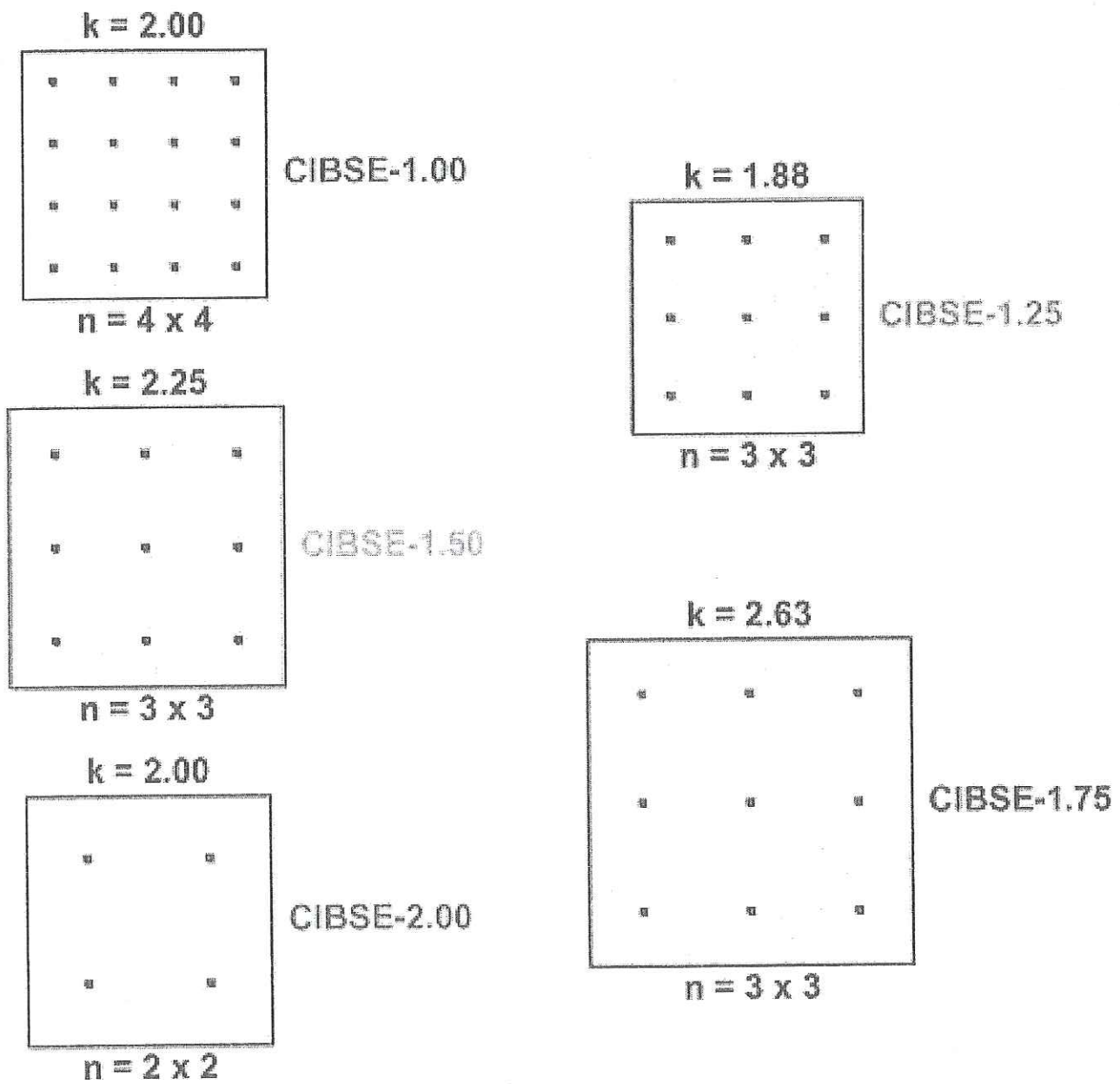
$n = 4 \times 4$

CIE

Room index  $k = 2.00$

Figure 2: Different Standard Luminaire Arrangements





Room index  $k$  as function of spacing to height ratio

Figure 3: CIBSE Original Luminaire Arrangements

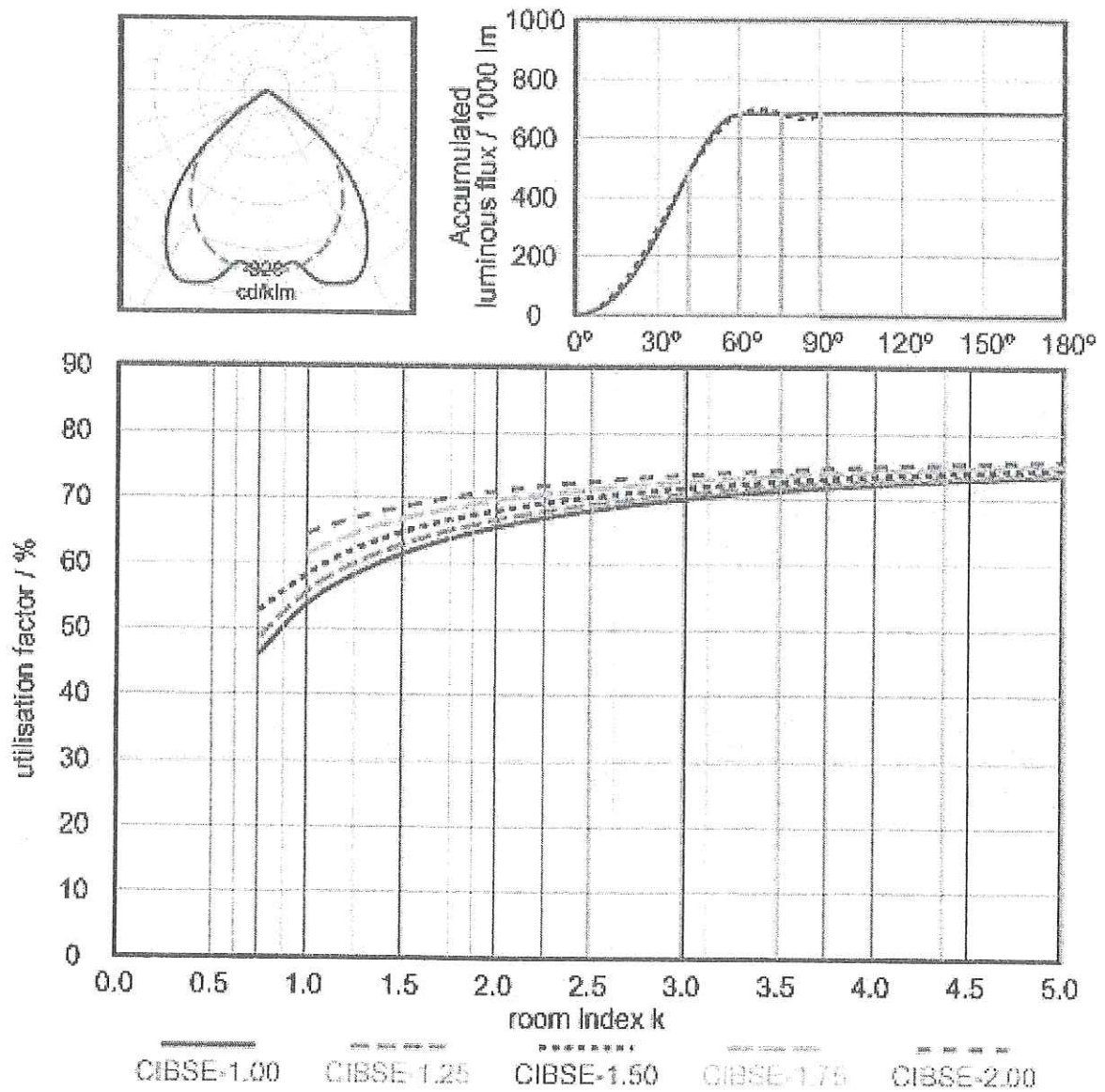
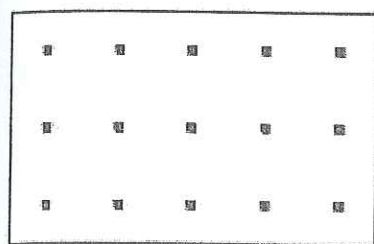
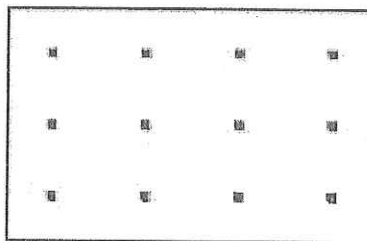


Figure 4: Utilisation Factors as Function of Spacing to Height Ratio (CIBSE)



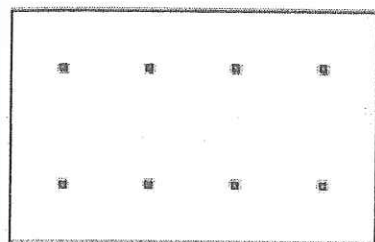
$n = 5 \times 3$

CEN/P-1.00



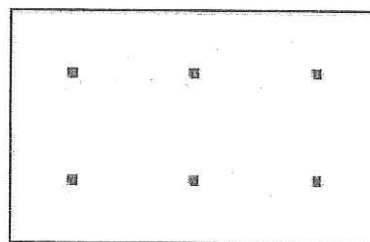
$n = 4 \times 3$

CEN/P-1.25



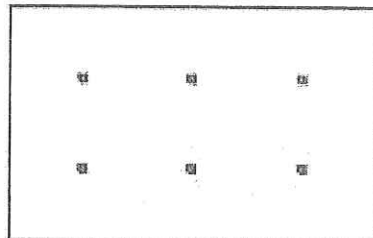
$n = 4 \times 2$

CEN/P-1.50



$n = 3 \times 2$

CEN/P-1.75



$n = 3 \times 2$

CEN/P-2.00

Room index  $k = 2.00$ , nominal spacing to height ratios

Figure 5: CEN Standard Luminaire Arrangements

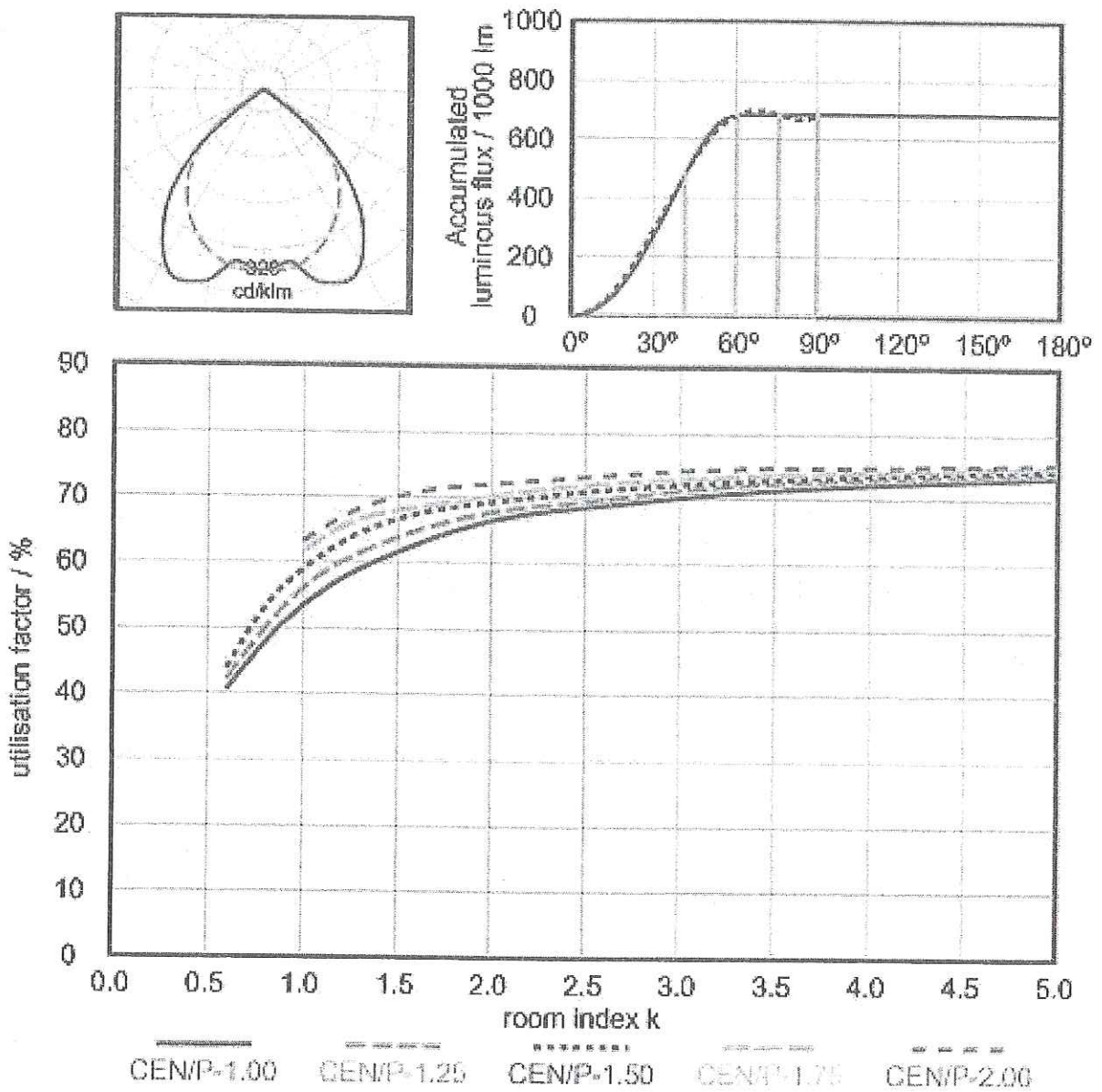


Figure 6: Utilisation Factors as Function of Spacing to Height Ratio (CEN)

# METODA EUROPEANĂ A FACTORULUI DE UTILIZARE

## Rezumat

În țările UE sunt folosite în prezent mai multe metode pentru calcularea factorilor de utilizare. Diferențele constatate între diferitele metode de calcul se datorează procedurilor aplicate pentru determinarea factorilor de utilizare în iluminatul direct. Factorii de influență cei mai importanți sunt amplasarea corpurilor de iluminat și modul în care este calculat fluxul direct pe suprafața de lucru.

Comparațiile au arătat ca factorii de utilizare calculați prin metoda CIE sunt undeva la mijlocul gamei de valori ale factorilor de utilizare obținuți prin alte metode. Pe baza acestor rezultate se propune o metodă europeană a factorului de utilizare.

## Introducere

Factorul de utilizare se definește ca raport între fluxul total primit de suprafața de referință și fluxul total al lămpilor din instalație. Teoretic, factorii de utilizare pot fi calculați pentru orice suprafață sau așezare a corpurilor de iluminat, dar, în practică, ei se pot determina doar pentru sisteme generale de iluminat cu o dispunere regulată a corpurilor de iluminat. Pentru condițiile standard cei mai mulți producători precalculează și publică factorii de utilizare sub formă tabelară pentru corpurile lor de iluminat. Într-un stadiu preliminar de proiectare, factorii de utilizare sunt folosiți pentru calcularea numărului de surse de lumină necesare pentru a obține o iluminare medie dată [1]. Sunt de asemenea folosiți pentru determinarea luminanței fondului în calculul indicilor de orbire [2] sau a evaluării orbirii [3].

Primele propuneri de evaluare a factorilor de utilizare au fost publicate încă din 1920 [4]. După 15 ani era deja un obicei să se folosească tabele simple de factori de utilizare în proiectarea iluminatului [5]. Astăzi sunt mai multe metode care se folosesc în Europa pentru calcularea factorilor de utilizare. Pentru un spațiu dat, discrepanțele dintre diferitele metode de calcul pot fi mai mari de 30%, ceea

ce este inadmisibil în termeni generali. Pentru a armoniza folosirea factorilor de utilizare în cadrul țărilor membre CEN se propune o metodă europeană a factorilor de utilizare (EUFM) [6], care se bazează pe codul de flux CIE [7] și care se manevrează cu ușurință și se calculează rapid.

## Ipoteze generale și Factori de influență

În toate metodele factorilor de utilizare considerate se presupune că interioarele sunt spații paralelipipede dreptunghice goale, fără obstrucții. Planul de lucru se consideră materializat printr-o suprafață, care este considerată ca una din suprafețele încăperii, cu reflexivitatea cavității pardoselii. Toate suprafețele încăperii (tavan, pereți și plan de lucru) reflectă uniform după legea lui Lambert. Sursele de lumină sunt aranjate după un model regulat în planul corpurilor de iluminat la o distanță specificată deasupra planului de lucru. Componenta indirectă a factorilor de utilizare se calculează folosind obișnuita teorie a transferului de flux. Factorii de transfer tabelari arată că nu sunt diferențe în evaluarea lor pentru încăperi de formă plană pătrată sau dreptunghiulară (lungime/lățime în raport de 1,6 la 1,0) [8] [9].

Diferențele constatate între diferitele metode de calculare a factorilor de utilizare se datorează procedurilor aplicate în calculul lor pentru iluminarea directă. Factorii de influență importanți sunt: amplasarea corpului de iluminat, descris cel mai bine de distanța relativă (raportul între distanța între două corpuri învecinate și înălțimea deasupra planului de lucru) și modul în care este calculat fluxul direct pe suprafața de lucru - multiplicatori zonali, calculul punct cu punct etc. Pentru diferitele metode utilizate în Europa, figura 1 arată factorii de utilizare în funcție de indicele încăperii pentru un corp de iluminat linear (reflexivitatea medie a tavanului, pereților și planului de lucru sunt 0,70, 0,50 și respectiv 0,20). Discrepanțele sunt cauzate în principal de diferitele aranjamente standard ale

corpurilor de iluminat arătate în figura 2 pentru un indice al încăperii  $k = 2,00$ .

### Metoda CIBSE a factorilor de utilizare

În Marea Britanie calcularea și folosirea factorilor de utilizare urmărește metoda descrisă în CIBSE Technical Memoranda nr. 5 [8]. În tabelele standard factorii de utilizare sunt dați pentru maximum 9 valori ale indicelui încăperii (între 0,75 și 5,0) și 10 combinații ale reflectivității. Sursele de lumină sunt dispuse într-un aranjament pătrat, cu o valoare nominală a raportului dintre distanța între două corpuri învecinate și înălțimea deasupra planului de lucru și a jumătății distanței până la marginea perimetrală a încăperii. Ele sunt considerate ca surse punctiforme cu o distribuție simetrică a intensității față de axa verticală. Pentru evaluarea raportului dintre distanța între două corpuri învecinate și înălțimea deasupra planului de lucru, sursele liniare sunt tratate diferit. Factorii de utilizare pentru iluminatul direct sunt calculați folosind multiplicatorii zonali tabelari. Pentru valorile standard ale indicelui încăperii acești multiplicatori zonali provin din interpolarea Aitken-Lagrange pentru valorile medii ale multiplicatorilor zonali calculați pentru o serie de aranjamente de formă pătrată a 1, 4, 8, 16, etc. corpuri de iluminat și pentru toate valorile nominale ale distanței relative (între 0,5 și 2,5 în intervale de 0,25). Figura 3 prezintă unele încăperi standard cu aranjarea corpurilor de iluminat bazată pe unele valori date ale distanței relative. Factorii de utilizare ce rezultă în funcție de indicii încăperii pentru diferite valori nominale ale distanței relative sunt reprezentați în figura 4 (reflectanțele medii ale tavanului, pereților și planului de lucru sunt din nou 0,70, 0,50, și 0,20)

### Metoda LiTG a factorului de utilizare

O descriere detaliată a metodei germane a factorului de utilizare germană poate fi găsită în publicația LiTG nr. 3.5 [9]. În formatul standard, factorii de utilizare sunt dați sub formă tabelară pentru 10 indici ai încăperii

(între 0,6 și 5,0) și 15 combinații de reflectanțe. Încăperile standard au suprafața plană dreptunghiulară cu un raport lungime/lățime de la 1,6 la 1,0. Corpurile de iluminat sunt dispuse în aranjamente dreptunghiulare particulare, numite aranjamente LiTG. Ele sunt considerate atât ca surse de lumină punctiforme cu distribuția intensității simetrică față de axa verticală cât și ca surse liniare cu distribuția relativă a intensității după axa longitudinală, care poate fi descrisă ca o sumă a două funcții cosinus. Corpurile de iluminat sunt montate pe tavan sau suspendate într-un raport de 1/3, altfel spus distanța dintre tavan și planul corpului de iluminat să fie jumătate din distanța dintre corpul de iluminat și planul de lucru. În cazul aranjamentelor suspendate se presupune că friza are aceeași reflectanță ca și pereții dintre corp și planul de lucru. Factorii de utilizare pentru iluminatul direct sunt calculați folosind multiplicatorii zonali pentru corpurile de iluminat considerate ca surse punctiforme și se folosesc multiplicatori liniari (de tip bandă) pentru corpurile de iluminat considerate ca surse liniare.

### Metoda UTE a factorului de utilizare

Metoda franceză simplificată pentru predeterminarea iluminărilor este descrisă în norma franceză C71-121 [10]. Folosind această metodă eeste posibilă calcularea iluminărilor medii pentru corpuri de iluminat dispuse regulat într-un aranjament dreptunghiular cu distanțele relative și perimetrice date. Zece încăperi standard (indicii încăperilor între 0,6 și 5,0) au o suprafață plană dreptunghiulară cu raportul lungime/lățime de 1,6 la 1,0. Corpurile de iluminat sunt considerate ca surse punctiforme cu distribuția intensității simetrică față de axa verticală, ele pot fi montate pe tavan sau suspendate cu raportul de suspendare de 1/3. Coeficienții pentru calculul iluminării medii sunt tabelați pentru 13 combinații de reflectanțe. Utilanțele și, de aici, factorii de utilizare pot fi obținuți din acești coeficienți prin operațiuni matematice simple. Întreaga metodă este construită pe un sistem de clasificare a corpurilor de iluminat, care se

bazează pe distribuția acumulată a fluxului luminos. Corpurile de iluminat se clasifică în concordanță cu fluxul acumulat în emisfera inferioară în unghiuri solide de  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$  și  $2\pi$  steradiani. Pentru cele 10 clase ale corpurilor de iluminat cu distribuție directă sunt date utilanțele (reflectanțe 0/0/0) sub forma tabelară pentru diferite distanțe relative și proximități exprimate sub forma unui index rețea și, respectiv, un index proximitate.

### **Metoda Nordică a factorului de utilizare**

Metoda factorului de utilizare nordică este o parte a documentației NB a corpurilor de iluminat după cum este specificat în raportul NBD0C [11]. În această documentație standard factorii de utilizare sunt dați pentru 10 indici ai încăperilor între 0,6 și 5,00 și 9 combinații de reflectanțe. Corpurile de iluminat sunt aranjate pe tavan sub forma unui pătrat cu distanța relativă de 0,50 și jumătatea distanțelor la marginea perimetrală. Ele sunt considerate ca surse punctiforme și factorii de utilizare pentru iluminarea directă sunt determinați folosind metoda punct cu punct.

### **Metoda CIE a factorului de utilizare**

Metoda CIE pentru calculul iluminatului interior a fost publicată în două părți, ca Metodă fundamentală [7] și Metodă aplicată [12]. Corpurile de iluminat sunt considerate ca surse punctiforme și aceasta presupune că fluxul luminos emis de corpul de iluminat lămpi într-un con (având ca axă, axa corpului de iluminat) poate fi reprezentat ca funcție de unghiul solid al aceluși con printr-un polinom de ordinul 4 fără termen constant. Coeficienții polinomului sunt aleși pentru a obține exact valorile cumulative ale fluxurilor zonale pentru cele patru zone ale unghiului solid de  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$  și  $2\pi$  steradiani. În aceste condiții fluxul luminos primit de o suprafață dreptunghiulară de la o sursă poziționată pe verticala dusă dintr-un colț al dreptunghiului este o funcție liniară a celor patru fluxuri zonale. Factorii de ponderare,

numiți multiplicatori geometrici, sunt ei înșiși funcții ale raporturilor lungime/înălțime și lățime/înălțime pentru fiecare latură a dreptunghiului. Sunt 12 încăperi standard (indicii încăperii între 0,6 and 20) cu suprafața plană dreptunghiulară (raportul lungime/lățime de 1,6:1). Distanțele relative pentru aranjamentul dreptunghiular al corpurilor de iluminat crește cu indicele încăperii de la 0,8 la 1,35. Pentru clasele corpurilor de iluminat standard utilanțele sunt tabelate pentru 22 de combinații de reflectanțe.

### **Metoda Europeană a factorului de utilizare (EUFM) – propunere**

O metodă a factorului de utilizare armonizată va trebuie să reflecte - în măsura posibilităților - o practică curentă. Bazată pe rezultatele unor calcule comparative extensive [13], metoda Europeană a factorului de utilizare propusă va aplica metoda CIE pentru calcularea factorului de utilizare pentru iluminarea directă. Pentru a obține avantajul unei distribuții a intensității luminoase mai pronunțate, metoda va permite aranjarea corpurilor de iluminat cu diferite distanțe relative, de preferat între 1,00 și 2,00 cu pași de 0,25. Pentru valorile nominale ale distanței relative, aranjamentele corpurilor de iluminat trebuie să fie specificate pentru spații dreptunghiulare reale. În completarea sistemelor de montare pe tavan, metoda ar trebui să ofere factorii de utilizare pentru amplasarea suspendată cu raportul fix de 1/4. Seturile standard ale combinațiilor de reflectanțe ar trebui să includă reflectanțele mari pentru sistemele de iluminat cu componente dindirecte considerabile. Toate aceste aspecte au fost luate în considerație în propunerea actuală a Standardului European [6]. Pentru valorile nominale ale distanței relative propuse, figura 5 arată aranjamentele standard ale corpurilor de iluminat pentru o încăpere standard cu indicele încăperii  $k=2,00$ . Utilizând aranjamente standard ale corpurilor de iluminat convenibile pentru 10 încăperi standard cu indicii încăperii cuprinși între

0,6 și 5,00 factorii de utilizare pot fi calculați pentru diferite valori nominale ale distanței relative (figura 6, reflectanțele tavanului, pereților și a planului de lucru sunt din nou 0,70, 0,50, și respectiv 0,20). Compararea arată că factorii de utilizare calculați în conformitate cu metoda Europeană a factorului de utilizare propusă reflectă influența distanței relative în mod similar cu metoda CIBSE (figura 4 și 6) și pentru valoarea nominală a distanței relative de 1,00, ei sunt undeva la mijlocul metodelor folosite în prezent (figurile 1 și 6).

### **Beneficiile Metodei Europene a factorului de utilizare**

Deși elaborarea și introducerea unei metode Europene a factorului de utilizare armonizate va pretinde un oarecare efort, va fi benefică în multe privințe pe termen lung. O metodă

unificată ar ușura prezentarea datelor fotometrice în orice formă a documentațiilor corpurilor de iluminat. Un set de date ar fi corespunzător pentru întreaga piață europeană. Proiectanții sistemelor de iluminat ar aprecia o abordare europeană comună ca o mai largă selecție a copruilor de iluminat ce ar putea fi comparate într-un stadiu preliminar de proiectare bazate pe aceleași ipoteze de lucru. Cel mai important aspect este acela că metoda Europeană a factorului de utilizare propusă este mult mai cuprinzătoare și/sau reflectă practica curentă mai mult decât oricare alte metode. Va fi posibil să se folosească valori ale distanțelor relative diferite și mai potrivite, care vor asigura o precizie îmbunătățită pentru sistemele de iluminat suspendate (utilizând un raport de suspendare mai realist) și seturile standard ale combinațiilor de reflectanțe vor fi mai apropiate de situațiile întâlnite în practică



**CIE**

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

**CNRI**

**ORGANIZERS**



**TECHNICAL UNIVERSITY OF CLUJ-NAPOCA**  
Lighting Engineering Center - UTC-N



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



**ENERGOBIT SCHRÉDER LIGHTING S.R.L.**



**Conferința  
internațională  
ILUMINAT  
2 0 0 3**  
8-9 mai, Cluj-Napoca

**The 2nd International Lighting Conference Cluj-Napoca, Romania**  
**8-9 May 2003**

**ILUMINAT 2003**

**First Announcement**

The conference main topic is **Energy Efficiency in Lighting** developed on the following sections:  
Vision and Color, Interior Environment and Lighting Design, Exterior Lighting,  
General Aspects of Lighting, and Other Applications

**Dates**

Submission of abstracts and/or return of provisional registration form: February 28th 2003  
Notification of acceptance: March 28th 2003  
Submission of final paper: April 18th 2003

**Languages**

The official languages are Romanian and English (with translation)

**Registration fees**

100 Euro

**Accommodation**

Participants can choose between 2 and 4 stars hotels  
(rates are between 30...40 Euro and 70...80 Euro)

**CONFERENCE SECRETARIAT**

Technical University of Cluj-Napoca  
Lighting Engineering Center  
Dr. Dorin BEU, Reader  
15, Daicoviciu Str., RO-3400 Cluj-Napoca, ROMANIA  
Tel.: +40-723-661536 • Fax: +40-264-192055 • E-mail: lec@colective.utcluj.ro

**PRESIDENT OF ORGANIZING COMMITTEE**

Dr. Florin POP, Professor  
Vice-president of CNRI  
E-mail: florin.pop@insta.utcluj.ro

The 2<sup>nd</sup> International Lighting Conference Cluj-Napoca, Romania, 8-9 May 2003

## **ILUMINAT 2003**

### **ORGANIZING COMMITTEE**

**Florin POP  
Gabriel RUGA  
Dorin COSTEA  
Pal PÉTER  
Dorin BEU**

### **SCIENTIFIC BOARD**

**Wout van BOMMEL, The Netherlands  
Cornel BIANCHI, Romania  
David CARTER, United Kingdom  
Marc FONTOYNONT, France  
Luciano DI FRAIA, Italy  
Liisa HALONEN, Finland  
Jozsef HORVATH, Hungary  
Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU, Turkey  
Ramon SAN MARTIN, Spain  
Axel STOCKMAR, Germany  
Dorin BEU, Romania  
Cătălin GĂLĂȚANU, Romania  
Florin POP, Romania**

### **CONFERENCE SERVICES**

*Cocktail Time  
event management*

**CIE**

**COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE  
COMITETUL NAȚIONAL ROMÂN DE ILUMINAT**

**CNRI**

**ORGANIZATORI**



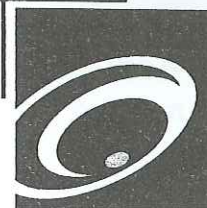
UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA  
Centrul de Ingineria Iluminatului - UTC-N



S.C. FILIALA DE DISTRIBUȚIE ȘI FURNIZARE  
A ENERGIEI ELECTRICE TRANSILVANIA NORD S.A.



ENERGOBIT SCHRÉDER LIGHTING S.R.L.



Conferința  
internațională  
**ILUMINAT**  
**2 0 0 3**  
8-9 mai, Cluj-Napoca

**A II-a Conferință internațională de iluminat Cluj-Napoca  
8-9 mai 2003**

**ILUMINAT 2003**

**Primul Anunț și Solicitarea de Lucrări**

Tema principală a conferinței este **Eficiența Energetică în Iluminat** dezvoltată pe următoarele secțiuni:  
Vedere și culoare, Mediu interior și proiectarea iluminatului, Iluminatul exterior  
Aspecte generale ale iluminatului, Alte aplicații

**Date:** Înscrierea și trimiterea rezumatelor și a formularelor de înscriere: 28 februarie 2003  
Notificarea acceptării: 28 martie 2003  
Trimiterea formei finale a lucrării: 18 aprilie 2003

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

**Taxa de participare** este de 50 euro (la cursul BNR)

**Cazarea** se asigură la hoteluri de 2 - 4 stele, pe cheltuiala participanților

**SECRETARIATUL CONFERINȚEI**

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca  
Centrul de Ingineria Iluminatului  
Dr. **Dorin BEU**, Conferențiar  
Str. C. Daicoviciu Nr. 15, 3400 Cluj-Napoca  
Tel.: 0723-661536 • Fax: 0264-192055 • 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

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

**Florin POP**

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N Lighting Engineering Center (LEC) a luat ființă ca urmare a programului Tempus-Phare CME-03551-97 [15 decembrie 1998 – 14 martie 2000] – informații în pagina web

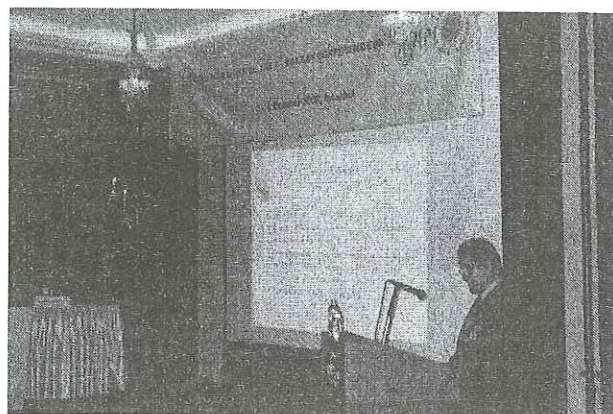
<http://bavaria.utcluj.ro/~lec>.

Activitatea Centrului a fost prezentată în numerele anterioare al revistei pentru acțiunile organizate începând cu înființarea acestuia în **25 aprilie 2000** prin decizie a Biroului Senatului Universității Tehnice, până în **septembrie 2002** când s-a tipărit numărul 9 (Winter) 2002 al revistei.

**1 septembrie 2002** *Programul NAS-EnerBuild RTD, Energy Environment & Sustainable Development.* Centrul de Ingineria Iluminatului UTC-N devine membru al Rețelei Tematice NAS-EnerBuild RTD coordonată de National University of Ireland, Dublin, care cuprinde 57 membri din UE și 17 membri din țările NAS – (Newly Associated States) nou asociate sau candidate la asociere (prezentare detaliată în paginile revistei nr. 9 și în paginile web [www.enerbuild.net](http://www.enerbuild.net), <http://bavaria.utcluj.ro/~lec>

**10-12 septembrie 2002** Energy Sector on the Move, 5<sup>th</sup> International Conference ENEF 2002, Banska Bystrica. S-a prezentat lucrarea “Residential and Commercial Survey for a Romanian Energy Efficient Lighting Program” autori Dorin BEU, Florin POP

**3 -4 octombrie 2002** *The 2<sup>nd</sup> Balkanlight Conference on Lighting, Energy Saving and New Trends in Lighting, Istanbul, Turcia.* S-a prezentat lucrarea “Lighting Education in Romania”, autori Florin POP, Dorin BEU. Cu această ocazie a avut loc întâlnirea membrilor



Societății Balcanice de Iluminat care a aprobat Statutul Societății și a stabilit programul de activitate al Societății. Dr. Florin POP a fost ales președinte în exercițiu pentru perioada 2002-2005 având în vedere organizarea în România a celei de-a treia Conferințe Balcanice de Iluminat, Cluj-Napoca, mai 2005.

Participarea Prof. Florin POP a fost parțial sponsorizată de OSRAM România.

**8-10 octombrie 2002** Simpozion Internațional de Eficiență Energetică, Electrica S.A. Transilvania Nord, Cluj-Napoca. S-a prezentat lucrarea “Sisteme de iluminat eficiente energetic în clădiri – componentă a programului NAS-EnerBuild – energy environment & sustainable development” autor Florin POP.



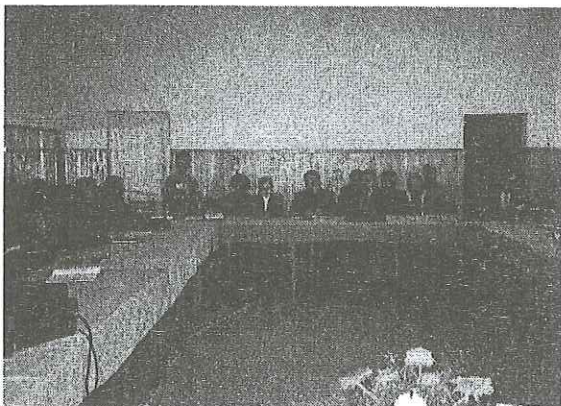
Masa rotundă "Eficiența energetică în iluminat"  
moderator Dr. Florin POP, profesor a cuprins  
prezentările:

Abordarea aspectelor de eficiență energetică în  
instalațiile de iluminat prin prisma reglementărilor  
europene

Florin POP, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Competiția europeană în domeniul realizării unor  
corpuri de iluminat de maximă eficiență energetică  
pentru utilizatori casnici, ediția 2002

Camelia BURLACU, S.C. Electrica S.A. București



Modelarea cu ajutorul rețelelor neuronale a  
dependenței iluminare-tensiune de alimentare a  
lămpilor, în cadrul unui sistem de reglare a iluminării  
în funcție de aportul luminii naturale  
Horațiu GRIF, Adrian GLIGOR, Universitatea "Petru  
Maior" Târgu Mureș

Sistem de control supervizat bazat pe magistrală  
pentru clădirile inteligente  
Adrian GLIGOR, Vasile DUB, Universitatea "Petru  
Maior" Târgu Mureș

Eficiența energetică a sistemelor de iluminat pentru  
spații comerciale corelată cu satisfacția și confortul  
utilizatorilor  
Mihaela MUSCHEVICI, drd., Universitatea Tehnică  
din Cluj-Napoca

Abordarea eficient-energetică a proiectelor de  
instalații electrice de iluminat și a execuției acestora  
Prezentare a principalilor proiectanți, constructori și  
dealeri din zona Clujului

**17-19 octombrie 2002** Daylight Control with  
Neural Network, Proceedings on the International  
Conference on Applied and Theoretical  
Electricity, Craiova/Băile Herculane, autori  
Horațiu Șt. GRIF, Adrian GLIGOR, Florin POP,  
Dorin BEU

**22-23 octombrie 2002** *Nas-EnerBuild RTD  
Workshop Lyon.* Workshop de încheiere a  
activității Rețelei tematice EnerBuild și de  
începere a activității de diseminare și informare  
în cadrul Rețelei NAS-EnerBuild.

**25 noiembrie 2002** *Soluții SCHNEIDER în  
domeniul instalațiilor electrice,* Seminar organizat  
în colaborare cu S.C. SCHNEIDER Electric  
România pentru studenții anului V Instalații.

D-l Mihai BRANA, responsabil DO și ing.  
Mihai KISS-GECI au prezentat sistemele de  
protecție electrică a instalațiilor de utilizare și  
sistemele de distribuție la consumatori.

**28-30 noiembrie 2002** *Light&Lighting 2002,*  
International conference, "Comfort and Efficiency  
within Interior and Exterior Lighting Systems"  
București. S-au prezentat lucrările "Light as  
Entertainment", autor Dorin BEU, "Lighting in  
the Built Environment", autori Florin POP,  
Dorin BEU, Mihaela POP, "Neuro-Fuzzy  
Daylight Control", autori Horațiu Ștefan GRIF,  
Adrian GLIGOR, Florin POP.

**24-25 ianuarie 2003** *Nas-EnerBuild RTD  
Workshop Budapesta.* Dr. Florin POP a prezentat  
lucrarea "Energy Efficiency in Lighting, between  
regulations and reality" (publicată în acest  
număr al revistei)

**27-28 ianuarie 2003** *Nas-EnerBuild RTD  
Workshop Praga.*

Editarea revistei **Ingineria Iluminatului** cu  
o apariție semestrială, în colaborare cu S.C.  
Electrica S.A. prin Sucursala de Distribuție  
Cluj și editura MEDIAMIRA Cluj-Napoca.  
Numărul următor - anul 5, nr. 11/Summer - va  
apărea în iunie 2003.

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

În conexiune cu activitatea desfășurată pe  
linie universitară, este de menționat continuarea  
colaborării internaționale în cadrul programului  
european ERASMUS, în baza Contractului  
Instituțional SOCRATES-ERASMUS 2002-2003.

Între Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca și Helsinki University of Technology, Universitat Politecnica de Catalunya și University of Liverpool sunt încheiate Acorduri Bilaterale de colaborare în domeniul ingineriei iluminatului, la care vor participa Dr. Florin POP și Dr. Dorin BEU. Se continuă astfel parteneriatul cu Profesor Liisa HALONEN – Lighting Laboratory, Profesor Ramon SAN MARTIN – Estudios Luminotécnicos și Dr. David CARTER – Lighting Research Unit început prin numeroasele programe de cercetare și schimburi academice desfășurate în colaborare în ultimii ani.

Centrul de Ingineria 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, prin organizarea unor cursuri postuniversitare și a sponsorizărilor oferite cu generozitate de diferite firme de specialitate și ale unor absolvenți ai secției de Instalații pentru Construcții:

**PHILIPS România / FLASH Transilvania**  
**TOTAL Quality/ACI Antrepriza Construcții Instalații**  
**LEGRAND România / Electro Daniella**  
**OSRAM România**  
**PRAGMATIC Comprest**  
**ABB România**  
**ELBA**  
**RH Trust**  
**SOCLU**  
**ROMINSTAL Construct**  
**TIM Trustul Instalații Montaj**  
**DALKIA România**  
**MEGAVOX Confort**  
**BURIDAVA 2000 Serv**  
**LIDER ProdCarn**  
**ARGOS**

## UN INSTRUMENT DE EVALUARE RAPIDĂ ȘI SIMPLĂ A ILUMINATULUI NATURAL ȘI ELECTRIC BAZAT PE O PAGINĂ WEB A Quick and Easy WEB-Based Assessment Tool for Day/Electric Lighting

Konstantinos PAPAMICHAEL  
Lawrence Berkeley National Laboratory

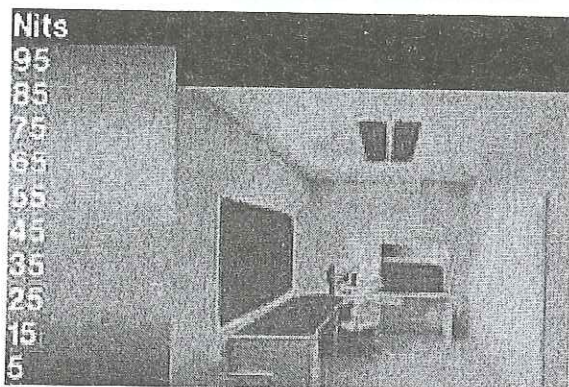
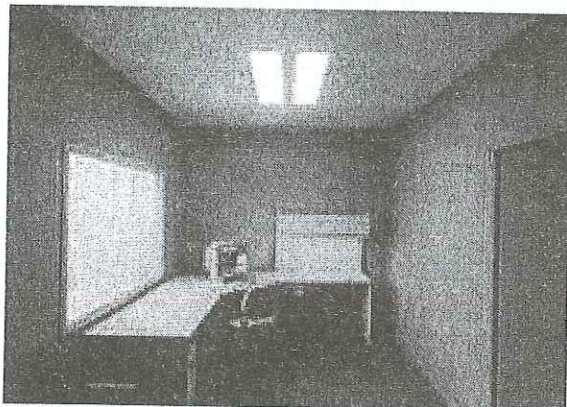
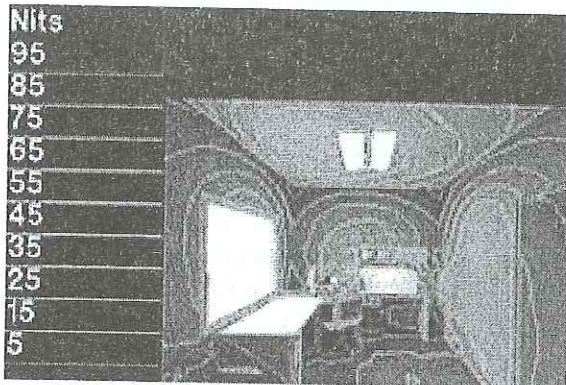
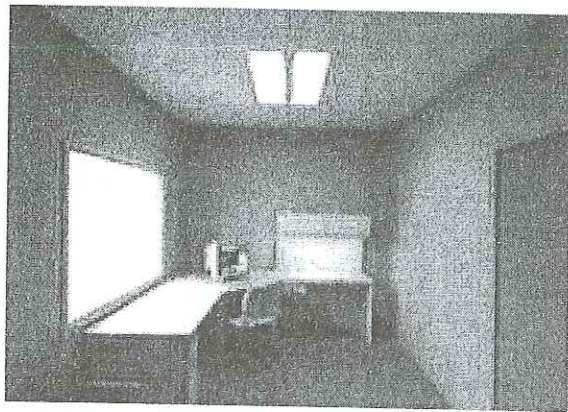
*Notă: De la data publicării articolului original, instrumentul de evaluare a fost redenumit sub numele "Virtual Lighting Simulator" și poate fi găsit pe pagina web <http://gaia.lbl.gov/vls>.*

Pentru a ajuta arhitecții, inginerii, proiectanții în iluminat și consultanții să respecte cerințele tot mai stringente ale Title 24 (standard privind eficiența energetică a clădirilor din California), Compania Edison din California de Sud și alte companii din California au început să dezvolte instrumente pentru obținerea de economii cu ajutorul programului de proiectare. Acest program ajută managerii de clădiri care deseori nu beneficiază de mijloace rapide și simple de evaluare a performanțelor iluminatului artificial și natural. La luarea deciziilor privind iluminatul trebuie luați în considerare parametrii cheie care au impact asupra utilizării energiei și care afectează calitatea mediului luminos. Acești factori cuprind, printre altele, dimensiunea și orientarea ferestrei, tipul geamului, tipul și amplasarea corpurilor de iluminat și reflectanța suprafețelor interioare.

Pentru ca un iluminat natural sau artificial să fie considerat corespunzător, cei în măsură să ia deciziile trebuie să utilizeze instrumente de simulare în iluminat care calculează iluminarea în planul de lucru și, în multe cazuri, valorile luminanței suprafeței. Totuși, astfel de instrumente prezintă dificultăți de învățare și necesită mult timp, ceea ce duce la creșterea costurilor de proiectare. Există o necesitate clară de găsire a opțiunilor pentru evaluarea aspectelor cantitative și calitative ale proiectelor de iluminat artificial și electric care depășesc cerințele Title 24, dar într-o manieră mai eficientă din punct de vedere al costurilor decât prin metoda convențională de utilizare a instrumentelor de simulare.

Pentru a exprima această necesitate, Departamentul de Tehnologia Construcțiilor al EETD dezvoltă un instrument bazat pe pagină web care permite proiectanților de iluminat natural sau artificial să evalueze rapid și simplu efectele parametrilor cheie asupra aspectelor cantitative și calitative ale iluminatului natural și artificial. Instrumentul utilizează o bază de date cu imagini și date statistice care au fost generate prin simulări parametrice în iluminat, în spații arhitecturale prototip. Datele au fost generate prin programul RADIANCE de redare și simularea luminoasă (<http://radsite.lbl.gov>). Rezultatul final este echivalent cu un simulator virtual în iluminat, bazat pe o pagină web, care permite utilizatorilor să modifice valorile parametrilor cheie tehnici sau de context și care afișează informații și imagini corespondente pentru evaluarea cantitativă și calitativă a performanței luminoase.

Instrumentul, cunoscut sub numele de "Baza de date de imagini RADIANCE" este disponibil la adresa web <http://gaia.lbl.gov/rid> (în prezent "Virtual Lighting Simulator" la adresa web <http://gaia.lbl.gov/vls> – vezi nota introductivă). Versiunea actuală prezintă două module principale, unul axat pe iluminatul natural în spațiul unui birou mic, iar celălalt axat pe iluminatul electric în cinci spații tip: o sală de clasă, un birou mic, un birou mare cu separeuri, un depozit mare și un magazin de vânzare cu amănuntul mic. Interfața utilizatorului permite selectarea simplă și rapidă a valorilor parametrilor cheie care au variat în simulări și asigură răspunsul instantaneu prin afișarea datelor și imaginilor corespondente calculate preliminar.



**Figura 1.** Fiecare imagine este disponibilă în patru moduri de afișare: (a) imagine fotografică cu curbele iso-contur ale luminanței sau iluminării (b) imagine vizuală, bazată pe sensibilitatea și adaptarea ochiului uman (c) și modul color fals, indicând magnitudinea luminanței sau iluminării

Interfața utilizatorului este proiectată astfel încât să permită compararea în paralel a scenariilor alternative sau a aceluiași scenariu în moduri diferite de afișaj. Modurile de afișaj pot fi: afișarea imaginii iluminate ("camera exposure") care este echivalentul a ceea ar produce în mod obișnuit un aparat foto; afișarea percepției ochiului uman, ("human exposure") care ajustează imaginea pentru a reflecta sensibilitatea și adaptarea ochiului uman și afișarea curbelor izolux ("iso-contur") și a reprezentării colorate ("fals-color") a iluminării pentru evaluarea cantitativă (vezi fig. 1).

Rezultatul (fig. 2) include vederi de perspectivă ale spațiilor arhitecturale, indicându-se valoarea luminanței și vederi plane în care sunt prezentate valorile iluminării în planul de lucru. De asemenea, sunt date informații statistice cantitative sub forma iluminării minime, medii și maxime în planul de lucru. Modulul de iluminat artificial oferă, de asemenea, informații cantitative privind densitatea de putere instalată și consumată, ultima menționată variind pentru scenarii ce includ corpuri de iluminat deconectate („switched”) sau reglate („dimmed”).

Toate proiectele în iluminat sunt cu cel puțin 10% mai eficiente din punct de vedere energetic decât Title 24 pentru a demonstra eficacitatea și a încuraja utilizarea proiectelor de iluminat eficiente energetic.

### Mulțumiri

Dezvoltarea Bazei de date de imagini RADIANCE a fost finanțată de către Edison California de Sud (SCE) prin Institutul de Eficiență Energetică din California (CIEE), un departament de cercetare din cadrul Universității din California. Publicarea rezultatelor cercetării nu implică susținerea și acordul asupra lor de către CIEE sau orice sponsor CIEE. Această lucrare fost, de asemenea, susținută de către Secretarul Asistent pentru Eficiența Energetică și Energie Reutilizată, Departamentul de Tehnologie Construcțiilor (Office Building Technology), Programe de stat și comunitare, Departamentul de Sisteme de Construcții



(Office of Building Systems) a Departamentului Energetic al SUA (U.S. Department of Energy) în cadrul Contractului nr. DE-AC03-76SF00098. Proiectele arhitecturale și de iluminat electric s-au bazat pe date primite de la Lisa Heschong de la Heschong Mahone Group și James Benya de la Benya Lighting Design. Din echipa de dezvoltare a făcut parte Judy Lai, Daniel Fuller și Tara Tariq.

**Konstantinos PAPAMICHAEL**  
 (510) 486-6854; fax (510) 486-4089  
 K\_Papamichael@lbl.gov

Articol preluat din Lawrence Berkeley National Laboratory Environmental Energy Technologies Division News vol. 3, No. 4  
 e-Mail: JMLambert@lbl.gov  
 Web page <http://eetd.lbl.gov/newsletter/>

Revista este distribuită gratuit, la cerere

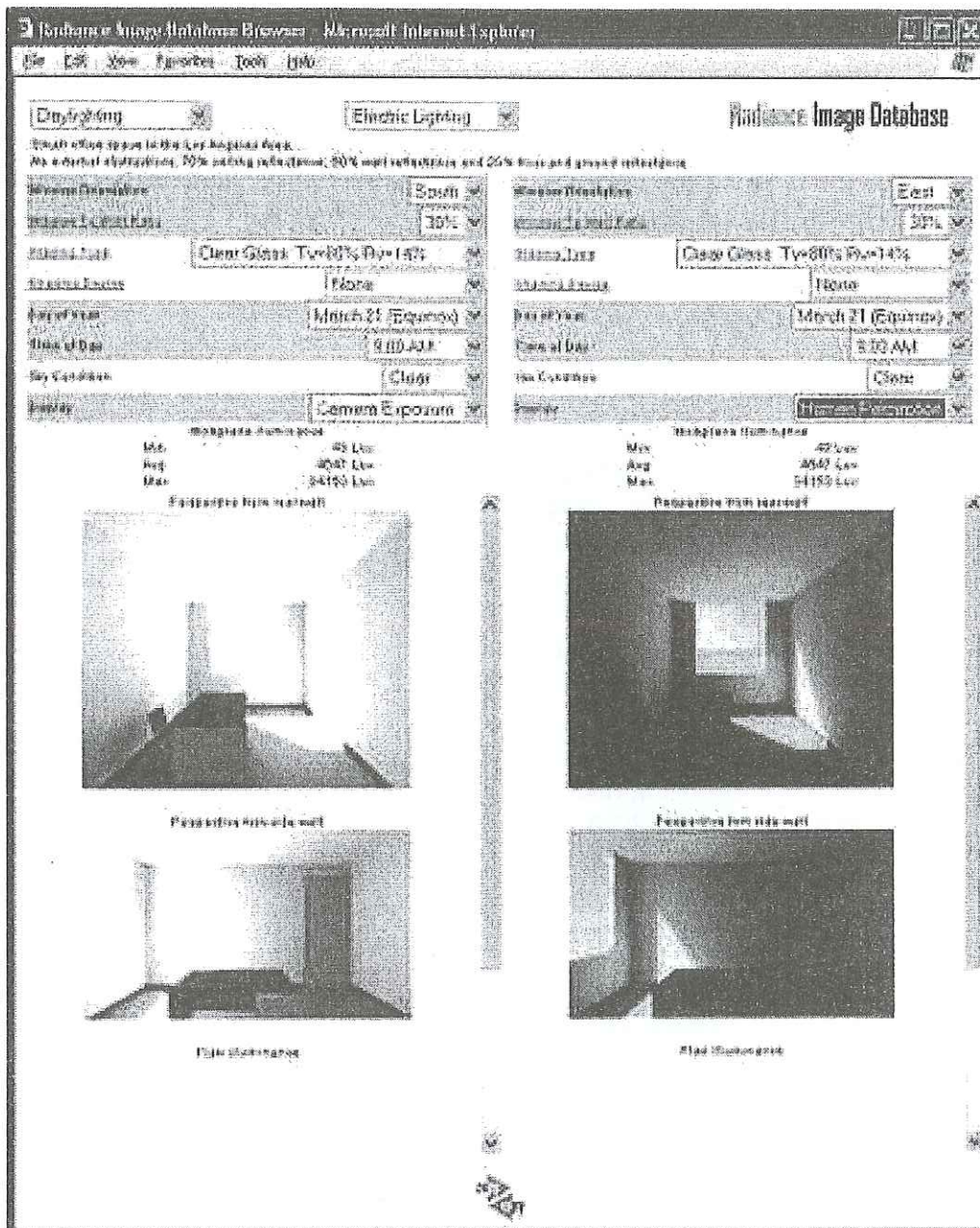


Figura 2 Rezultate ale execuției programului

## LIGHTING IN THE NEW WORLD

Cristian ȘUVĂGĂU  
BC Hydro, Vancouver

### Current and upcoming research topics in lighting

It is no news or secret that lighting affects our daily lives in a major way. From residential use to commercial and transportation use, innovations in lighting technologies have profoundly transformed the way we live, work, travel or enjoy leisure activities. Safety, productivity, behaviour and response, visibility and perception, comfort and well being are just some of the key factors that modern lighting research has to focus on.

Lighting research is no longer left alone to universities and manufacturers labs, but has become political agenda in North America. The rationale is simple: specific strategic developments occur more rapidly with combined efforts. Were universities and manufacturers may need years to develop, test and market products, governments, utilities, trade and professional organisations can join efforts and shorten considerably this time.

To be successful, lighting research and development has to follow the following rules:

- state long term propositions (ex: by 2010, all ballasts produced will be electronic),
- develop broader applications (ex: LED's to be use in commercial, entertainment, transportation, etc),
- general product effect and practices (ex: T5 fluorescent lamps are going to replace T12 and T8 lamps and have led to slimmer forms for indirect pendant luminaires),
- determine the short and long financial effects and share best practices. This is where many research programs fail, by developing a product with little sustain from the market, mostly because of high capital costs.

The prime political drive for today lighting research is the energy conservation aspect. Here are some facts to justify this:

- Lighting (in North America) uses almost 25% of the continent electricity—nearly 600 million megawatt hours per year. Over 40% of the energy used in commercial buildings is for lighting.
- Consumers and businesses spend some \$50 billion per year to light homes, offices, factories, and other places of business.
- The heat generated by lighting has a multiplier effect, increasing the amount of energy required to air-condition buildings (1 kW used in HVAC for every 10kW of lighting).

Therefore, over the last 10 years, technical advances have produced more energy-efficient and cost-efficient lighting products. The Department of Energy (USA) and National Resources Canada have assisted in the commercialisation of several efficient lighting technologies, notably: compact fluorescent lamps (CFLs), sulfur lamps, and electronic ballasts for fluorescent lamps.

The Goals of the American and Canadian governments are

- to continue developing technology that will reduce lighting energy use 50% by the year 2010, saving consumers \$20 billion a year
- to significantly reducing the emission of greenhouse gases from coal-fired power plants.

To achieve these goals, a multitude of lighting programs have been generated as collaborative programs with manufacturers, utilities, user groups, and trade and professional organisations (like IESNA). The programs support research and development in three areas:

- *Advanced light sources*, consisting of near-, mid-, and long-term research heavily cost-shared with industry to advance lighting technology, with the goal of developing

replacements for the inefficient incandescent lamp. The program supports improvements to compact fluorescent lamps, and new lamps using improved incandescent, fluorescent, high-intensity discharge (HID), and electrodeless technologies.

- *Lighting fixtures, controls and distribution systems*, consisting of cost-shared research on lighting controls in commercial buildings and light fixtures for advanced light sources, primarily compact fluorescent lamps.
- *The impact of lighting on vision*, consisting of industry cost-shared research on outdoor lighting.

### Vision 2020

Can you go back 120 years in time and imagine how your life would be without electrical lighting? Now, imagine that in the advent of electronics revolution the next 20 years could dwarf the spectacular exploits of the last century.

Vision 2020 - The Lighting Technology Roadmap describes an exciting future for lighting in the coming decades. The document is the result of nearly two years of work by the US Department of Energy and over 180 organisations representing a broad range of lighting manufacturers and professionals, as well as over 300 members of the academic, government, and research communities. You can view the whole document at <http://www.eren.doe.gov/buildings/vision2020>.

This industry-defined public document charts a future course for lighting research and development, design and construction practices. Moreover it provides strategies to both government and industry on the direction of future activities and how to overcome technological and market barriers. It is intended to accelerate the development of new lighting technology solutions to meet the challenges of today's and tomorrow's buildings.

The Vision Statement predicts that in 2020, lighting systems in buildings and other applications will:

- Enhance the performance and well being of people.

- Adapt easily to the changing needs of any user.
- Use all sources of light efficiently and effectively.
- Function as true systems, fully integrated with other systems (rather than as collections of independent components).
- Create minimal impacts on the environment during their manufacturing, installation, maintenance, operations, and disposal.

The principal strategies to reach the 2020 goals are listed below:

#### *Market Transformation Strategies:*

- Develop clear definitions and standards for lighting quality.
- Increase demand for high-quality lighting solutions by quantifying, demonstrating, and promoting life-cycle benefits to broad audiences.
- Strengthen industry education and credential lighting professionals.
- Accelerate the market penetration of advanced lighting technologies and systems, by providing incentives for R&D and reducing barriers inherent in today's specification and distribution methods.

#### *Technology Development Strategies:*

- Develop advanced source and ballast technologies that enhance quality, efficiency, and cost effectiveness. Example:
  - ✓ For fluorescent lamps, develop two-photon phosphor technologies with efficiencies approaching 200 lumens per watt with CRI greater than 90.
  - ✓ For incandescent lamps, improve IR films to increase efficiency (50 to 100+ lumens per watt).
  - ✓ Develop electrodeless metal halide technology, replacing mercury with xenon.
  - ✓ Develop new phosphor materials, electrode materials, and advanced ballast designs with quantum efficiencies greater than 1.5.
- Develop lighting controls with high levels of intelligence, interface capabilities, multiple levels of control, and ease of configuration. Example:
  - ✓ Develop controls that are self-teaching, intuitive, easy to use and adapt to user preference
  - ✓ Develop universal control and communication protocols for component interconnection
- Develop luminaires and systems that enhance the quality and flexibility of light delivery.

Example:

- ✓ Develop configurable reflectors.
- ✓ Enable users to easily adjust quantity and direction of light (e.g., adjustable louvers, and configurable reflector/diffuser).
- ✓ Develop smart fixtures that communicate with the control system, have intuitive learning capabilities, and perform diagnostics to enable preventive maintenance.
- ✓ Develop systems that capture daylight for later transmission and distribution.

Just for the curious people, here are some of the Vision 2020 milestones, some of them already in works:

*2003: Lighting systems will exhibit increased flexibility, using a single universal protocol for component interconnection; controls will learn and adapt to user preferences.* In truth, this is exactly what the DALI protocol does.

*2010: Lighting systems will become intelligent and more integrated, communicating with the control system, and perform self-diagnostics. High power flux LED's and OLED's will make their way into architectural lighting. Fluorescent sources driven by universal ballasts will reach efficiencies of 200 lm/w while maintaining CRI's above 90.*

*2020: Technology will be available to capture daylight for later transmission and distribution at night (Ledalite-Canada is working on MesoOptics, a holographic material that can redirect the rays of light as wished; more at <http://www.ledalite.com/download/brochures/meso-tech.pdf>). LED/OLED programmable flat panel luminaires will create unseen theatrical effects (similar to the PC's screen savers). While fluorescent discharge sources will be highly efficient and low mercury content, incandescent lamps will use revolutionary technologies that will push their efficiency over 60 lm/W (Sandia National Laboratories-USA are working on filaments made of miniature photonic crystals that have the potential to transmute the majority of the standard tungsten filament's wasted infrared energy into the frequencies of visible light; more at*

<http://www.sandia.gov/media/NewsRel/NR2002/tungsten.htm>).

As a conclusion, following are some "hot" research topics that are and will be on the North American R&D agenda for the next 20 years.

#### LED/ OLED's.

There have been no fundamental breakthroughs in traditional lighting technologies for about 40 years. Never the less, there have been significant incremental improvements increasing the efficiency of building lighting technologies by *up to 50 percent*. Even with these improvements, new scientific knowledge indicates that there is potential for additional improvements of up to 100 percent.

Recently solid state lighting technologies have made breakthroughs that allow light emitting diodes (LED) to create white light and have increased the efficiencies for cost-effective applications such as traffic lights. LED lighting applications for commercial and residential building use are just emerging. There is significant R&D required increasing the white LED efficiencies, performance characteristics, cost and practical lighting fixture development. Currently available white LED's are low power, have efficacies of 15 to 20 lm/w, and have inconsistent performance and lifetimes. R&D projections for LED technology is to double or triple the efficacy and performance of white LED's in the next 3 years. The majority of LED lighting uses are for signal lights, exit signs, automobiles and display panels. There are only a few specialised LED luminaires available in the market, yet there is a significant potential for building LED applications to save energy and money. All three major lamp manufacturers (GE, Philips and Osram-Sylvania) have embraced this "opportunity to invent lighting" and cooperate in research projects.

Organic LED (OLED) are lighting emitting polymers relying on organic materials that give off light when tweaked with an electrical current. Mostly used in display technologies, OLED's hold a promising future for surface luminaires, or better said "intelligent and

programmable luminous panels" that will make us to rethink the way we design lighting.

### Sulfur Lamps

Take a golf-ball size sphere of quartz, add the element sulfur, and bombard it with microwaves. The result is the sulfur lamp ([http://www.pge.com/003\\_save\\_energy/003b\\_bus/pdf/sulfur\\_lamp.pdf](http://www.pge.com/003_save_energy/003b_bus/pdf/sulfur_lamp.pdf)) developed by the Fusion Lighting in the late 90's, and re-designed now for smaller dimensions. The sulfur lamp marries the advantages of the RF-powered electrodeless lamps with the high colour-rendering spectrum of the sulfur element:

- It uses less than 15% of the energy of a traditional incandescent lamp of equivalent brightness.
- Its output remains constant over time, instead of weakening like conventional lamps; there is no need to compensate for lumen depreciation by using an excessively powerful lamp.
- Its lifetime is nearly unlimited because it does not have filaments or electrodes to burn out.
- It has exceptional colour quality, closely matching the spectrum of sunlight. Unlike other high-efficiency lamps, the sulfur lamp uses no mercury and produces 50% less ultraviolet light.

### Fluorescent and HID's

Lamp researchers are working to extend the lifetime and increase the efficiency of the fluorescent sources. Barrier coating for fluorescent tubes will allow the production of lamps with very low mercury content and thinner phosphor coats. Also, this will lead to extended life over the 30,000 hrs as reached currently.

Compact fluorescent lamps (CFL), especially the ballast integral ones (screw-in), are the "wonder-kid" of the fluorescent technology, now with wattages from 2W to 100W. Researchers are working to produce smaller diameters, better starting and dimming abilities (the prototype of a universal dimmer that works on incandescent as well as screw-in CFL has been shown at the 2002 Lightfair).

HID's are probably the most researched lamps, due to the high efficiency potential. Currently enhanced MH pulse-start and ceramic lamps are produced in wattages from 30 to 1000 W.

Electronic MH and HPS ballasts are currently developed to cover most of these wattages.

Researchers are testing more metals to identify new high-efficient discharge radiators. One US Lab announced that ionised atoms of Barium (Ba) could lead to efficiencies of 300 lm/W, but the spectral colour is heavily shifted towards green. A better compromise could be obtained in a lower pressure discharge for Ba.

### Lighting controls

The DALI protocol (see "Ingineria Iluminatului" no. 6) is going to be the choice lighting control protocol for interconnected systems. Manufacturers are spending significant R&D budgets to develop more DALI-ready equipment (not only for fluorescent ballasts): incandescent and HID lamps, dimmers and occupancy/photo controls. ([http://www.archenergy.com/lrp/lightingperf\\_standards/project\\_5\\_4.htm](http://www.archenergy.com/lrp/lightingperf_standards/project_5_4.htm)).

Other manufacturers like Ledalite have developed networked lighting systems that have integral occupancy and photocontrol sensors to maximise their energy efficiency (<http://www.ledalite.com/download/brochures/ergolight.pdf>).

### Cristian ȘUVĂGĂU

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

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

Tel.: + 604 - 453-6478

Fax: + 604 - 453-6286

e-Mail: [cristian.suvagau@bchydro.bc.ca](mailto: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.

Received at 9.01.2003

## ILUMINATUL ÎN LUMEA NOUĂ

### Teme de cercetare curente și viitoare în iluminat

Nu este o știre sau un secret faptul că iluminatul afectează viața noastră zilnică în mod esențial. De la utilizarea sa în locuințe până la folosința comercială sau în transport, inovațiile în tehnologia iluminatului au transformat profund modul în care noi trăim, muncim, călătorim sau ne odihnim. Siguranța, productivitatea, conduita și răspunsul, confortul și starea de satisfacție sunt numai câțiva din factorii cheie pe care este focalizată cercetarea modernă în iluminat.

Cercetarea în iluminat nu mai este demult lăsată doar în grija universităților sau laboratoarelor producătorilor, ci a devenit agendă politică în America de Nord. Rațiunea este simplă: dezvoltări strategice specifice sunt mult mai rapid realizate prin eforturi combinate. Acolo unde universitățile și producătorii au nevoie de ani pentru a dezvolta, testa și introduce produsele pe piață, organizațiile guvernamentale, de servicii, comerciale și profesionale pot să-și unească eforturile și să scurteze considerabil acest timp.

Pentru a fi de succes, cercetarea și dezvoltarea în iluminat trebuie să urmeze următoarele reguli:

- să definească propuneri pe termen lung (de ex: până în 2010, toate balasturile produse vor fi electronice),
- să dezvolte aplicații largi (de ex: LED-urile să fie utilizate în domeniile comercial, de distracții, transport etc.),
- să producă efecte generale și practice (de ex: lămpile fluorescente T5 vor înlocui lămpile T12 și T8 și vor asigura o formă mai subțire pentru corpurile de iluminat indirect atârinate),
- să determine efecte financiare pe termen scurt și lung și să fie prezentate cele mai bune realizări. Din acest motiv cad unele programe, pentru că dezvoltă un produs cu o mică susținere pe piață, aceasta și din cauza costurilor de capital ridicate.

Prima cale politică către cercetarea în iluminat de astăzi este aspectul conservării energiei. Iată câteva aspecte justificative:

- Iluminatul (în America de Nord) utilizează circa 25% din electricitatea continentului –

aproape 600 milioane megawatt ore anual. Peste 40% din energia folosită în clădirile comerciale este pentru iluminat.

- Consumatorii și oamenii de afaceri cheltuiesc aproape \$50 miliarde anual pentru iluminatul locuințelor, birourilor, fabricilor și altor locuri de muncă.
- Căldura generată de iluminat are un efect multiplu, majorând cantitatea de energie necesară climatizării clădirilor (1 kW folosit în HVAC – “încălzire, ventilare, aer condiționat” pentru fiecare 10 kW în iluminat).

De aceea, în ultimii 10 ani, tehnica modernă a oferit multe produse eficiente energetic și economice. Departamentul de Energie al SUA și Departamentul Național de Resurse Canada au susținut comercializarea a numeroase tehnologii eficiente în iluminat, printre care: lămpi fluorescente compacte (CFL), lămpi cu sulf și balasturi electronice pentru lămpi fluorescente.

Scopurile guvernelor american și canadian sunt:

- să continue dezvoltarea tehnologică care va reduce energia utilizată în iluminat cu până la 50% în anul 2010, economisind \$20 miliarde anual pentru consumatori
- să reducă semnificativ emisiile de gaze pentru casele ecologice de către centralele de putere pe cărbuni.

Pentru atingerea acestor scopuri, au fost generate o mulțime de programe în iluminat ca programe de cooperare între producători, servicii, grupe de utilizatori și organizații comerciale și profesionale (precum IESNA). Programele susțin cercetarea și dezvoltarea în trei arii de activitate:

- *Surse de lumină avansate*, constând din cercetarea pe termen imediat, mediu și lung, împărțind cu industria costurile necesare pentru a produce tehnologie avansată, în scopul dezvoltării alternativelor la lămpile cu incandescență ineficiente. Programul susține îmbunătățiri ale lămpilor fluorescente compacte și realizări de lămpi noi bazate pe tehnologiile specifice lămpilor inandescente, fluorescente, cu descărcări de inensitate ridicată (HID) și fără electrozi.
- *Aparate de iluminat, dispozitive de control și sisteme de distribuție*, ce constau din cercetare în colaborare privind controlul iluminatului în clădiri comerciale, și aparate de iluminat pentru surse de lumină avansate, în primul rând pentru lămpi fluorescente compacte.

- *Impactul iluminatului asupra vederii*, ce constau în cercetare în colaborare cu industria privind iluminatul exterior.

### Viziunea anului 2020

Putem să ne întoarcem în urmă cu 120 ani și să ne imaginăm cum ar fi arătat viața noastră fără iluminatul electric? Acum, să ne imaginăm impactul revoluției electronice în următorii 20 ani prin miniaturizarea rezultatelor spectaculoase ale secolului trecut.

Vision 2020 – Atlasul Tehnologiei în Iluminat descrie un viitor excitant pentru iluminatul următoarelor decade. Documentul este rezultatul a aproape doi ani de muncă a Departamentului pentru Energie al USA, a peste 180 organizații reprezentând un spectru larg al producătorilor și profesioniștilor în iluminat și a peste 300 membri ai comunității academice, guvernamentale și de cercetare. Documentul este prezentat în întregime pe pagina de internet a guvernului <http://www.eren.doe.gov/buildings/vision2020>.

Acest document public cu caracter industrial trasează evoluția viitoare în cercetarea iluminatului și practicile de dezvoltare, proiectare și execuție. De asemenea, documentul oferă guvernului și industriei strategiile privind viitoarele activități și modul în care pot fi depășite barierele tehnologice și de piață. Aceasta în dorința accelerării dezvoltării unor soluții tehnologice noi în iluminat care să răspundă schimbărilor produse în clădirile prezente și viitoare.

*Vision Statement* prezice că în anul 2020, sistemele de iluminat în clădiri și alte aplicații:

- Vor îmbunătăți performanța și starea de bine a populației.
- Se vor adapta cu ușurință la cerințele în schimbare ale oricărui utilizator.
- Vor utiliza surse de lumină eficiente și economice.
- Vor funcționa ca un sistem adevărat, integrat complet cu alte sisteme (mai degrabă decât o colecție de componente independente).
- Vor avea un impact minim asupra mediului ambiant în timpul producerii, instalării, exploatării, întreținerii și înlocuirii.

Principalele strategii prin care se vor atinge obiectivele anului 2002 sunt:

### Strategii de transformare a pieței:

- Dezvoltarea unor definiții și standarde clare pentru calitatea iluminatului.
- Creșterea cererii pentru soluții de înaltă calitate, promoții și demonstrații de audiență largă a beneficiilor obținute pe durata de viață.
- Educarea și formarea unor profesioniști în iluminat în strânsă legătură cu industria.
- Accelerarea pătrunderii pe piață a tehnologiilor și sistemelor avansate prin asigurarea unor subvenții pentru Cercetare & Dezvoltare și prin reducerea barierelor inerente ale metodelor actuale de distribuție și specificație.

### Strategii de dezvoltare tehnologică:

- Dezvoltarea tehnologiilor pentru surse de lumină și balasturi avansate care îmbunătățesc calitatea, eficiența energetică și economicitatea costurilor. De exemplu:
  - ✓ Pentru lămpile fluorescente, dezvoltarea tehnologiile bi-fosfor cu eficacități de până la 200 lm/W și un indice de redare a culorilor mai mare de 90.
  - ✓ Pentru lămpile cu incandescență, pelicule infraroșii îmbunătățite pentru creșterea eficacității (50 până la 100 lm/W și mai mult).
  - ✓ Dezvoltarea tehnologiei lămpilor cu ioduri metalice fără electrozi, înlocuind mercurul cu xenon.
  - ✓ Dezvoltarea unor noi materiale pentru pulberile fluorescente și electrozi și proiectarea avansată a balasturilor, cu o creștere a eficacității de peste 50%.
- Dezvoltarea controlului iluminatului cu niveluri de inteligență și interfețe înalte, niveluri de control multiple și o configurație accesibilă. De exemplu:
  - ✓ Dezvoltarea controlului cu auto-învățare, intuitiv, ușor de folosit și de adaptat la preferințele utilizatorilor. Dezvoltarea controlului universal și protocoalelor de comunicare pentru interconexiunea componentelor
- Dezvoltarea corpurilor de iluminat și sistemelor care îmbunătățesc calitatea și flexibilitatea luminii emise. De exemplu:
  - ✓ Dezvoltarea reflectoarelor configurabile
  - ✓ Oferirea utilizatorilor a posibilității de ajustare a cantității și direcției luminii (de exemplu, prin lamele reglabile și configurarea sistemului optic reflector/difuzor)
  - ✓ Dezvoltarea unor armături inteligente care comunică cu sistemul de control, au o

capacitate intuitivă de învățare și realizează diagnosticarea funcționării pentru a asigura o întreținere preventivă

- ✓ Dezvoltarea sistemelor de captare a luminii naturale pentru transmiterea și distribuția acesteia spre interiorul clădirii

Pentru cei interesați, iată câteva din reperele Vision 2020, unele dintre ele aflate deja în lucru:

**2003:** sistemele de iluminat vor avea o flexibilitate mărită, utilizând un singur protocol universal pentru interacțiunea componentelor; controlul va învăța și se va adapta cerințelor utilizatorilor. Întradevăr, acesta este ceea ce face protocolul DALI.

**2010:** sistemele de iluminat vor deveni inteligente și mai mult integrate, comunicând cu sistemul de control și realizând proceduri de auto-diagnosticare. LED-uri și OLED-uri cu flux luminos puternic își vor crea drumul către iluminatul arhitectural. Sursele fluorescente conduse de balasturi universale vor atinge eficiență de 200 lm/W menținând un indice de redare a culorilor peste 90.

**2020:** Va fi disponibilă tehnologia necesară pentru captarea luminii naturale pentru transmiterea și distribuția ulterioară în cursul nopții (Ledalite-Canada lucrează la sistemul MesoOptics, un material holografic care poate redirecționa razele de lumină după dorință; vezi <http://www.ledalite.com/download/brochures/meso-tech.pdf>). Panouri luminoase plate programabile LED/OLED vor crea efecte teatrale nemaivăzute (similare celor obținute de sistemele PC's screen savers). În timp ce sursele fluorescente cu descărcări vor atinge eficiență ridicată și vor avea un conținut redus de mercur, lămpile incandescente vor utiliza o tehnologie revoluționară care va duce eficiența acestora până dincolo de 60 lm/W (Sandia National Laboratories-USA lucrează asupra filamentelor realizate din cristale fotonice miniaturale ce pot să transfere energia infraroșie radiată de filamentul de wolfram standard în domeniul de lungimi de undă al luminii vizibile; vezi <http://www.sandia.gov/media/NewsRel/NR2002/tungsten.htm>).

Ca o concluzie, să vedem câteva din subiectele "fierbinți" aflate pe agenda de cercetare și dezvoltare a Americii de Nord pentru următorii 20 de ani

### LED/ OLED

Nu vor exista rupturi fundamentale față de tehnologiile tradiționale în iluminat pentru următorii 40 ani. Cu toate acestea, vor fi implementate îmbunătățiri semnificative ce vor conduce la creșterea eficienței tehnologiilor în iluminatul clădirilor cu peste 50%. Chiar și cu aceste îmbunătățiri, noile informații științifice indică un potențial suplimentar de îmbunătățire de până la 100%.

Tehnologii recente de iluminat de "corp solid" au creat diode emise de lumină (LED) cu lumină albă și o eficiență mărită pentru aplicații cu cost scăzut cum sunt semafoarele de trafic. Aplicațiile LED în iluminatul clădirilor comerciale și rezidențiale sunt iminente. Există o solicitare de piață semnificativă în cercetarea LED-urilor cu lumină albă privind creșterea eficienței, a caracteristicilor de funcționare, reducerea costurilor și dezvoltării unor armături de iluminat practice.

LED-urile cu lumină albă disponibile pe piață sunt de putere mică, au o eficiență de 15 - 20 lm/W și nu au aceleași performanțe și durate de viață. Perspectivele de cercetare/dezvoltare pentru tehnologia LED vizează dublarea sau triplarea eficienței și performanței în următorii trei ani. Majoritatea aplicațiilor actuale sunt pentru semnale luminoase, indicatoare de ieșire, panouri de afișaj și automobile. Pe piață sunt puține corpuri de iluminat specializate cu LED, chiar dacă există un potențial semnificativ de construire a unor aplicații care să economisească energie și costuri. Toți cei trei mari producători de lămpi (GE, Philips și Osram-Sylvania) au îmbrățișat această "oportunitate de a inventa lumina" și cooperează în proiecte de cercetare.

LED Organic (OLED) este un polimer emisiv de lumină cu suport din materiale organice care emite lumină atunci când este supus unui curent electric. Folosit mai mult în tehnologia de afișare, OLED-urile au o perspectivă promițătoare pentru corpuri de



iluminat de suprafață, mai bine spus “panouri luminoase inteligente și programabile” care ne vor face să regândim modul în care proiectăm iluminatul.

### Lămpile cu sulf

Se ia o sferă de cuarț cu dimensiunea unei mingi de golf, se adaugă elementul sulf și se bombardează cu microunde. Rezultatul este lampa cu sulf dezvoltată spre sfârșitul anilor 90 ([http://www.pge.com/003\\_save\\_energy/003b\\_b\\_us/pdf/sulfur\\_lamp.pdf](http://www.pge.com/003_save_energy/003b_b_us/pdf/sulfur_lamp.pdf)) de Fusion Lighting și reproiectată în prezent pentru dimensiuni mai mici. Lampa cu sulf îmbină avantajele lămpilor fără electrozi alimentate în frecvență radio cu spectrul de radiație ce asigură o înaltă redare a culorilor al elementului sulf:

- Ea folosește mai puțin de 15% din energia lămpii cu incandescență clasice cu aceeași strălucire.
- Fluxul luminos emis rămâne constant de-a lungul duratei de viață; nu este astfel necesar să se compenseze pierderea de flux luminos prin utilizarea unei lămpi de putere mai mare.
- Durata de viață este aproape nelimitată datorită lipsei filamentului sau electrozilor care să se distrugă prin ardere.
- Are o calitate cromatică excepțională, foarte aproape de spectrul solar. Spre deosebire de alte lămpi de mare eficacitate, lampa cu sulf nu utilizează mercur și produce cu 50% mai puțină radiație ultravioletă.

### Lămpile fluorescente și lămpile cu descărcări de înaltă intensitate

Cercetătorii din domeniul lămpilor lucrează pentru extinderea duratei de viață și creșterea eficacității surselor fluorescente. Pelicula-barieră a tuburilor fluorescente va asigura producerea unor lămpi cu un conținut de mercur extrem de scăzut și un strat fluorescent mai subțire. Prin aceasta se va extinde durata de viață peste cele 30.000 ore obținute în mod curent.

Lămpile fluorescente compacte, în special cele cu balast integral (cu dulie filetată), sunt “copilul minune” ale tehnologiei fluorescente, având în prezent puteri de la 2 W la 100 W. Cercetătorii lucrează la obținerea unor diametre mai mici, pornire mai bună și posibilități de

dimming - reglare a fluxului luminos – (prototipul unui regulator universal care lucrează atât cu lămpi cu incandescență cât și cu lămpi fluorescente compacte a fost arătat la LightFair 2002.

Lămpile cu descărcări de înaltă intensitate sunt, probabil, cele mai cercetate lămpi, datorită posibilității obținerii unei mari eficacități. Lămpi MH îmbunătățite având aprinderea prin impulsuri și lămpile ceramice sunt produse în gama de puteri de la 30 W până la 1000 W.

Balasturi electronice pentru lămpile MH (ioduri metalice) și HPS (sodiu de înaltă presiune) sunt realizate în mod curent pentru a acoperi întreaga gamă de puteri. Cercetătorii testează mai multe metale pentru a identifica noi radiatoare de descărcare de înaltă eficacitate. Un laborator din Statele Unite a anunțat că atomii ionizați de Barium (Ba) ar putea să conducă la eficacități de 300 lm/W, dar spectrul de culori este intens deplasat spre zona verde. Un compromis este posibil de obținut la o descărcare de joasă presiune în Barium.

### Controlul iluminatului

Protocolul DALI (vezi “Ingineria Iluminatului” nr. 6) este pe cale de a fi ales ca protocol de control al iluminatului pentru sisteme interconectate. Producătorii au cheltuit bugete semnificative pentru Cercetare&Dezvoltare pentru a realiza echipament adaptat DALI (nu numai pentru balasturi fluorescente): lămpi incandescente sau cu descărcări de înaltă intensitate, regulatoare și control de prezență sau de lumină (fotocelule)

([http://www.archenergy.com/lrp/lightingperf\\_standards/project\\_5\\_4.htm](http://www.archenergy.com/lrp/lightingperf_standards/project_5_4.htm)).

Alți producători, precum Ledalite, au dezvoltat rețele pentru sisteme de iluminat care au senzori de prezență sau de lumină integrați, pentru a maximiza eficacitate energetică a acestora

(<http://www.ledalite.com/download/brochures/ergolight.pdf>)

## Recomandări de redactare a lucrărilor pentru revista INGINERIA ILUMINATULUI

Redactarea se face în Microsoft Word, cu caracterele românești implicite, pentru a se putea face prelucrarea textului.

Articolul va avea un număr par de pagini.

### Setare pagina A4

Top 2.5

Bottom 2.5

Left 1.5 (Inside)

Right 2 (Outside)

Header 1

Footer 1.5

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 8.13 cm, Spacing 1.25 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 (cu caracter size 11 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, anul, titlul lucrării, revista sau cartea, editura, pagina.

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 (cu caracter size 11, 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 (compactat) și prin poștă - două copii listate și, eventual, originalul pe dischetă.

Autorii sunt responsabili de forma de prezentare a articolelor și de conținutul lor științific. Articolele NU vor cuprinde informații comerciale sau de reclamă pentru produse de firmă. 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**

UTC-N – Universitatea Tehnică

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

Fax: (0264) 192055; Tel. acasă: (0264) 197254

e-Mail: [florin.pop@insta.utcluj.ro](mailto:florin.pop@insta.utcluj.ro)

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



**Editura MEDIAMIRA**  
**ISSN 1454-5837**