

# CRITERII MODERNE ÎN CONCEPȚIA SISTEMELOR DE ILUMINAT INTERIOR

Cornel BIANCHI, Oana DOBRE  
Universitatea Tehnică de Construcții București

## Rezumat

Pe baza cercetării internaționale/naționale și a normelor CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) sunt abordate criteriile moderne ale concepției sistemelor de iluminat interior și câteva aspecte esențiale determinate pentru realizarea ambiantului luminos, confortabil, funcțional, estetic și economic din punctul de vedere energetic.

## 1. Aspecte determinate ale concepției moderne

Lucrarea de față propune structura tratării “up to date” a concepției sistemelor de iluminat interior, pe baza unor criterii specifice determinate atât de experiența/cercetarea și normarea pe plan internațional cât și de contribuțiile realizate pe plan național.

Astfel, soluția trebuie determinată pe baza aspectelor cantitative și calitative ale mediului luminos confortabil, funcțional și estetic, în conexiune cu cerințele/aspectele specifice ale sistemului de iluminat, în funcție de destinația sa, pentru ca apoi să se ajungă la soluția de sistem, fără a neglija recomandarea Ghidului de Iluminat Interior CIE (Capitolul 1. Introducere) și anume: *“Trebuie ținut seama de faptul că iluminatul nu este o știință exactă, el se ocupă atât de oameni, cât și de obiecte, iar iluminatul într-un interior dat nu este bun dacă ocupanții nu-l plac. Conștientizarea faptului că iluminatul este mai mult artă decât știință este într-adevăr determinantă pentru o apreciere globală și corectă a ceea ce este important în iluminatul interior”*.

În figura 1 este indicată procedura de tratare a concepției/proiectării sistemelor de iluminat interior.

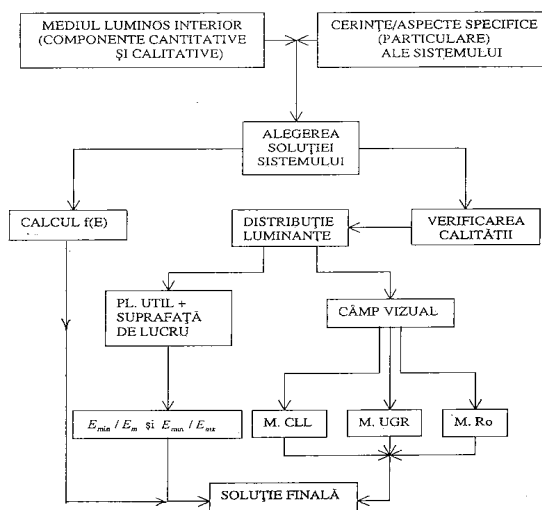


Fig. 1 Structura tratării concepției/proiectării sistemelor de iluminat interior. (S-au notat M.CLL – metoda curbelor de luminanță limită; M. UGR – metoda UGR “Unified Glare Rating”; M. RO – metoda românească).

Componentele determinate ale mediului luminos pot fi urmărite în figura 2, care le sintetizează selectiv pe cele cantitative (iluminare și luminanță, distribuție spațială a fluxului emis de corpurile de iluminat) și pe cele calitative (distribuția luminanțelor în planul de activitate și câmpul vizual, modelarea sarcinilor vizuale și direcționarea luminii, culoarea luminii (a. surse - redare, culoarea aparentă și b. suprafețe reflectante). De asemenea, figura relevă și conexiunile determinate între componente.

Semnificațiile conexiunilor sunt următoarele:

- C1 - cu cât nivelul de iluminare este mai ridicat cu atât redarea culorilor este mai bună;
- C2 - distribuția fluxului, respectiv fluxul inferior determină nivelul iluminării;
- C3 - de asemenea, distribuția fluxului determină distribuția luminanțelor în câmpul vizual (C5) care este influențată (reciproc) de

direcționarea luminii, aceasta fiind evident determinată (C4) de tipul și poziția corpului (adică de distribuția fluxului);

C3' - nivelul de iluminare (sau așa cum mai este definit densitatea de flux în planul util) influențează și distribuția luminanțelor în planul util.

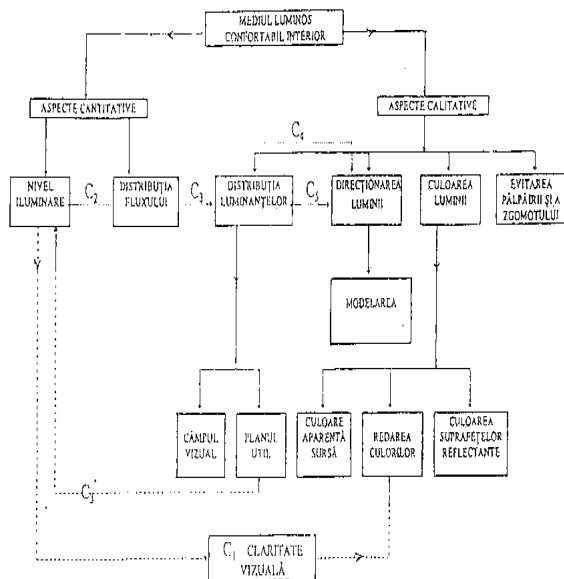


Fig. 2 Mediul luminos interior confortabil - componentele determinante.

Criteriile/cerințele specifice ale sistemelor depind evident de tipul activității. De exemplu pentru birouri (încăperi pentru activitate intelectuală) sunt:

- redarea corectă a sarcinii vizuale plane (scris, citit, desenat);
- evitarea contrastelor în planul util, câmpul vizual central și periferic, ce produc orbirea psihologică;
- redarea corectă a sarcinii vizuale pe ecranul calculatoarelor;
- evitarea reflexiilor de voal pe suprafețele de lucru clasic, dar mai ales pe ecranele calculatoarelor.

Pentru spațiile comerciale, iluminatul trebuie să realizeze o ambianță globală caldă, atractivă, cu accentuări și modelări ale exponatelor și cu o redare foarte bună către excelentă a culorilor, uneori intervenind neuniformități de iluminare în anumite limite acceptabile, pentru punerea în evidență a unor produse.

Trebuie menționat că cerințele specifice în funcție de destinație sunt date în literatura de

specialitate, menționând Ghidul de iluminat interior CIE [4], apărut în aprilie 1999, într-o ediție redusă în România, prin grija CNRI și publicațiile menționate în bibliografie [1, 2, 3, 5].

Pentru magazine, în afara celor amintite, publicațiile PHILIPS aduc contribuții deosebite (colecția INTERNATIONAL LIGHTING REVUE și LIGHTING MANUAL 93).

În afara modului de tratare menționat al concepției sistemelor, trebuie luate în considerare și alte aspecte moderne deosebite descrise mai departe.

1) Integragrea arhitecturală a sistemelor de iluminat, condiție "sine qua non" pentru realizarea ambianței luminoase și estetice, atât a iluminatului natural și a celui artificial cât și a combinației celor două.

2) Integrarea funcțională a sistemelor de iluminat artificial și natural prin realizarea unui sistem *permanent dinamic* acordat cu variațiile permanente ale luminii naturale.

Numai un astfel de sistem poate asigura parametri necesari confortului (nivel, uniformitate în planul activității și în câmpul vizual) și estetice în condițiile utilizării luminii naturale combinată cu cea artificială, menită să compenseze neuniformitățile iluminatului natural.

3) Concepția unor sisteme de iluminat flexibile în timp și spațiu capabile să se adapteze la schimbări funcționale sau recompartimentări la birouri (administrație, proiectare ș.a.), fie la schimbări determinate de variația în timp a esteticii, stilului, mentalității, modei ș.a., așa cum se întâmplă în alte interioare (locuințe, spații comerciale, muzee ș.a.), fie la schimbări tehnologice (în industrie).

4) Utilizarea echipamentului modern ca: surse de lumină noi sau relativ noi, corpuri de iluminat noi, inclusiv cele cu posibilități de modificare a distribuției fluxului și echipamentul anex de control, stabilizare, amorsare și reglare, din noua generație, care crează pe ansamblu posibilitatea reglajului permanent și creșterea eficacității globale (de exemplu: sursă+balast electronic).

În continuare se vor pune în evidență și detalia într-o măsură moderată, cele patru aspecte moderne relevate, determinante în concepția

unor sisteme de iluminat moderne confortabile, economice, funcționale și estetice.

## 2. Structura și funcționarea sistemelor integrate și flexibile.

Primele trei aspecte relevate (integrarea iluminatului cu arhitectura, integrarea iluminatului artificial cu cel natural și realizarea unor sisteme de iluminat flexibile în timp și spațiu) trebuie armonizate pas cu pas, atunci când se concepe/proiectează sistemul de iluminat interior.

Dacă, în mod curent, sistemele de iluminat artificial au fost și sunt uzual concepute ca un sistem în general STATIC, cu eventuale posibilități de reglaj în trepte manual, funcție de aportul de lumină naturală, noua mentalitate promovată și în România din 1975-1980 de către Colectivul/Catedra de Luminotehnică a Universității Tehnice de Construcții București, constă în crearea unui sistem de iluminat permanent DINAMIC, cu posibilități de reglare automată în funcție de aportul luminii de zi (foarte variabilă), a iluminatului artificial, care reprezintă o componentă compensatoare a variației foarte mari a luminii naturale, atât din punctul de vedere al schimbării diurne cât și a gradului de acoperire a cerului.

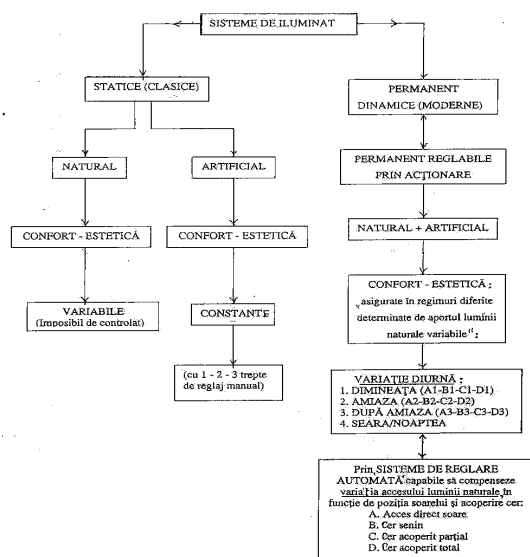


Fig. 3 Sisteme de iluminat artificial și natural statice și permanent dinamice.

În figura 3 sunt prezentate schematic sistemele de iluminat natural și artificial în varianta statică (clasică) și dinamică (modernă).

Pentru a se asigura o integrare corespunzătoare a iluminatului natural extrem de variabil și cu acces, în general, total asimetric (ferestrele se prevăd uzual numai pe una din părțile laterale ale încăperii, în așa fel încât iluminarea scade rapid către interior), este necesară realizarea unui sistem artificial permanent dinamic, care prin procesare automată să compenseze această variație pentru a realiza echilibrul distribuției iluminării în planul util și al distribuției luminanțelor în câmpul vizual.

În figura 4 se poate urmări variația iluminării naturale 1 și a celei artificiale 2 - produsă de funcționarea surselor B, pentru un sistem asimetric dirijat, precum și a valorilor însumate 3 care pot astfel asigura uniformitatea acceptabilă, la punerea în funcțiune a șirului de corpuri de iluminat din zona centrală.

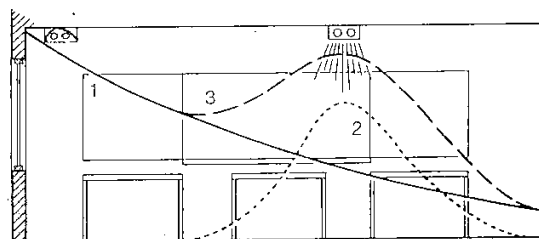


Fig. 4. Variația luminii naturale și compensarea cu lumină artificială într-o sală de cursuri.

Dacă adâncimea încăperii (a) față de zona accesului luminii naturale (ferestre) este mai mare de trei-patru ori față de înălțimea încăperii (h) la dimensiuni medii ale ferestrelor, adică  $a > (3-4)h$ , atunci se impune în zona opusă ferestrelor un iluminat “suplimentar permanent” în conformitate cu recomandările internaționale (PSALI - Permanent Supplementary Lighting of Interiors).

Procesarea automată a componentelor naturale și artificiale, care va asigura și reducerea consumului energetic pentru iluminat, se realizează prin:

- variația accesului de lumină naturală (jaluzele cu comandă automată), (a nu se uita: accesul solar direct într-o încăpăre de lucru nu este acceptabil datorită contrastelor de luminanță inadmisibile ce le crează);
- variația fină și/sau în trepte a componentelor iluminatului artificial.

Trebuie reamintit că variația fină a emisiei fluxului surselor de lumină cu descărcări,

echipate cu balasturi electronice sau clasice, este limitată până la aproximativ 50% din valoarea nominală, fiind realizabilă cu o investiție mai mare decât cea în trepte, dar având avantajul menținerii constante a confortului.

Evident, variația iluminării naturale este sesizată de fotocelule dimensionate corespunzător încât să transmită comanda de acționare a treptelor sau reglajului fin al iluminatului artificial.

Pentru încăperi de tip birouri destinate activității intelectuale (scris, citit, desenat, lucru la calculator), în care în mod evident gradul de ocupare este variabil, se poate introduce, în scopul economiei de energie, și acționarea automată în funcție de gradul de ocupare (prin senzori de prezență) sau/și programare orară la birourile mari sau săli de învățământ, care funcționează cu un anumit orar și, nu în ultimul rând, posibilitatea comenzii manuale localizate sau automate (cu senzor de prezență).

Dezavantajul sistemului cu senzori de prezență în încăperi medii/mari/foarte mari este alternarea “petelor de lumină/iluminat” în zona de prezență, cu întunericul din restul încăperii, situație care produce un inconfort inacceptabil activității intelectuale.

În aceste condiții, sistemul poate fi utilizat numai accidental, pentru perioade scurte de lucru sau/și perioade mai lungi cu condiția ca încăperea să fie compartimentată cu pereți despărțitori ușori și de înălțime aproximativ 2 m.

Toate sistemele de iluminat interior integrate sau nu trebuie acordate cu posibilitatea de variație/flexibilitate în timp și spațiu, pentru adaptarea permanentă, fără investiții suplimentare și modificări la necesitățile ce apar.

În figura 5 sunt puse în evidență câteva aspecte caracteristice pentru realizarea de soluții flexibile și adaptabile în combinație cu integrarea tratată anterior.

În toate clădirile moderne (indiferent de destinație) este necesar să se realizeze echiparea cu un sistem flexibil, sistemul fix fiind depășit.

Iată câteva posibilități:

- modificarea poziției corpurilor de iluminat (fixe relativ) prin direcționări posibile din

același “punct” de montaj la coordonate spațiale diferite, funcție de necesitățile sau dorințele beneficiarilor, variabile în timp (spații comerciale, muzee, expoziții, locuințe ș.a.);

- modificarea poziției corpurilor de iluminat mobile pe o anumită direcție (montaj pe șină/canal);

- schimbarea corpurilor de iluminat cu altele mai moderne;

- modificarea parametrilor sursei de lumină prin sisteme de reglaj manual sau automat;

- modificarea geometriei unor corpuri de iluminat sau a focalizării sursei în cadrul acestora, care conduce la o altă distribuție de flux luminos.

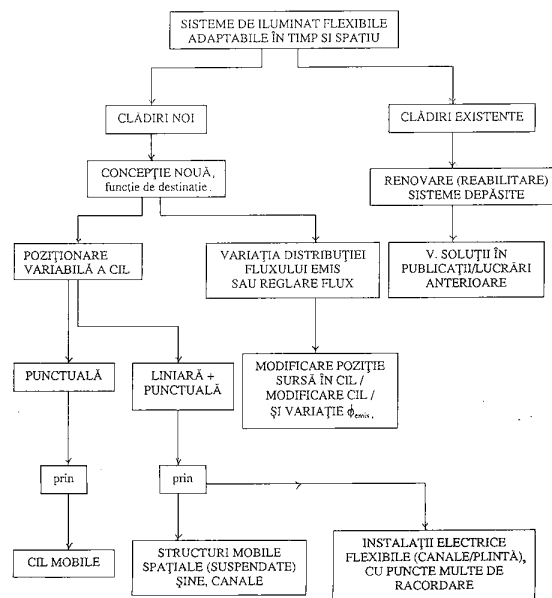


Fig. 5. Prezentarea schematică a posibilităților de realizare a sistemelor de iluminat flexibile/adaptabile.

Desigur, o instalație electrică modernă trebuie să poată asigura o modificare pozițională în special în încăperi cu schimbări frecvente a poziției exponatelor. În aceste condiții o instalație “clasică” este inadecvată, ea trebuind să fie înlocuită cu elemente modulare, canale, șine complexe, așa cum multe firme din Europa le produc.

O problemă specială o prezintă birourile actuale de proiectare, administrație ș.a., la care prezența și densitatea calculatoarelor, respectiv a display-urilor, a crescut și crește continuu.

Deci, față de rezolvările clasice cu corpuri de iluminat directe sau semidirecte, trebuie introduse soluții noi pentru evitarea reflexiei “de voal”, care se manifestă pe ecranele display-urilor. Astfel, soluțiile cu corpurile de iluminat cu distribuție directe și indirecte, ce pot fi acționate separat, devin o necesitate pentru încăperile medii, mari și foarte mari.

Utilizarea exclusivă a sistemelor de iluminat indirect cu surse MH a devenit o soluție curentă la o mare densitate de display-uri și de suprafețe vitrate sau lucioase, care pot produce reflexii “de voal” derutante și provocatoare de inconfort vizual (orbire reflectată). O variantă mai dificil de realizat pentru evitarea reflexiei este amplasarea fixă a locului calculatorului în funcție de poziția surselor, pentru încăperi mici. Din punctul de vedere al flexibilității în timp, problemele sunt similare pentru toate încăperile destinate activității umane de muncă intelectuală sau fizică, sistemele trebuind, prin echipament luminotehnic și electric, să asigure modificări dictate de necesitățile diferite.

O tendință actuală pe plan internațional este modernizarea sistemelor de iluminat destinate birourilor și încăperilor similare vechi, care trebuie astăzi adaptate la condițiile echipamentului nou (display-uri) și a nivelurilor de iluminare ridicate.

Problema este de multe ori dificilă datorită soluției clasice cu corpuri de iluminat înglobate în plafon, care în condițiile de seară crează contraste supărătoare de luminanță corp-plafon la periferia câmpului vizual în special în încăperile medii/mari/foarte mari, determinând orbire psihologică (de inconfort) dăunătoare activității de muncă.

Compensarea se poate realiza prin corpuri de iluminat moderne cu luminanță scăzută și cu difuzie activă laterală către pereții de culoare deschisă sau prin introducerea (dificilă de multe ori) și a unor corpuri indirecte.

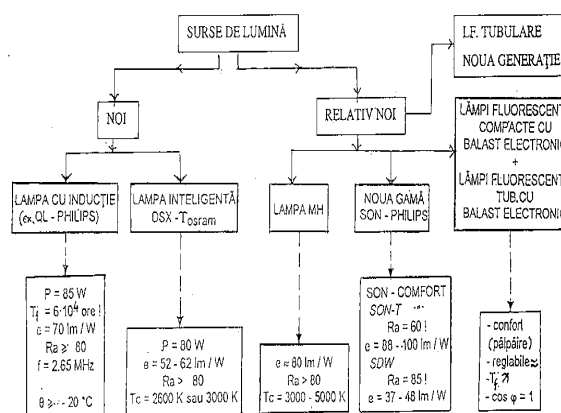
Evident, în cele expuse au fost menționate câteva soluții actuale ce reprezintă, de asemenea, o preocupare în cercetare a Catedrei de Luminotehnică și Instalații electrice din cadrul Universității Tehnice de Construcții București și a CNRI.

### 3. Implementarea surselor de lumină noi sau relativ noi.

Un aspect deosebit de important într-o concepție “up to date” este atât cunoașterea profundă a caracteristicilor surselor de lumină în general și a celor noi/relativ noi în special, precum și implementarea/utilizarea lor în sistemele noi sau reabilite, depășind mentalitatea inerției obișnuitei și selectând ceea ce este mai bun, mai de calitate în soluția de sistem de iluminat proiectat.

Trebuie reamintit că în “segmentul” Luminii și Iluminatului, dezvoltarea permanentă într-un timp relativ scurt a surselor performante a depășit de multe ori așteptările, demonstrând dinamismul deosebit al domeniului și necesitatea de adaptare, după o cunoaștere corespunzătoare a surselor adecvate sistemului proiectat.

În figura 6 sunt arătate sursele de lumină noi și relativ noi, iar în continuare o scurtă prezentare



a caracteristicilor lor.

Fig. 6. Surse de lumină noi și relativ noi.

Lampa cu inducție (în special varianta QL - PHILIPS), care ajunge la o durată de viață de 60.000 ore, datorită realizării agitației moleculare determinate de câmpul electromagnetic indus, prin trecerea unui curent alternativ de foarte înaltă frecvență, în locul accelerației clasice realizată de descărcarea între cei doi electrozi ai lămpilor tubulare sau compacte fluorescente. Această lampă poate fi utilizată în principal datorită duratei de viață, în locuri greu accesibile din interiorul sau exteriorul clădirii, dar ea posedă și alte calități deosebite (redare foarte bună a culorii, lipsa

pâlpâirii, menținerea minimă, amorsare practic instantanee).

Lampa inteligentă DSX-T produsă de OSRAM și care utilizează o descărcare în arc în mediu de vapori de sodiu și xenon ajunge la un indice de redare de peste 80 și prin intermediul unui microprocesor poate schimba temperatura de culoare de la 2600 K la 3000 K printr-o simplă comutare. Această calitate poate fi utilizată de exemplu fie la trecerea de la zi la noapte (reducere  $T_c$ ), fie în funcție de dorințele utilizatorilor (la locuințe).

Din lămpile relativ noi nu trebuie uitată lampa cu descărcări în vapori de mercur de înaltă presiune și cu adaosuri de halogenuri metalice, MH, care datorită calităților sale deosebite de redare a culorii și eficacitate ( $R_a=75-83$ ,  $e=75-92$  lm/W și  $T_c=3000-5600$  K) este azi din ce în ce mai utilizată în sistemele de iluminat interior (gama PHILIPS – MHN culoare neutră, MHW și CDM – culoare caldă) la înălțimi mici și medii pretându-se la distribuții de regulă indirecte ale fluxului luminos, sau directe la înălțimi medii și mari.

Trebuie reamintită, de asemenea, noua gamă SON PHILIPS, SON și SON-T Confort, cu  $R_a=60$  și  $e=82-100$  lm/W și  $T_c=2200$  K și SDW (white SON) cu  $R_a=85$ , iar  $T_c=2500$  K, dar eficacitatea numai 37-48 lm / W, ce poate fi de asemenea utilizată în sistemele interioare (în special SON și SON-T Confort la care eficacitatea luminoasă este foarte bună în condițiile redării acceptabile a culorilor) iar SDW atunci când se cere o redare foarte bună.

Desigur nu trebuie neglijat că pentru majoritatea interioarelor funcționale, cu activitate de muncă intelectuală sau manuală, sau spații comerciale medii și mari și multe alte destinații sunt utilizate lămpile fluorescente tubulare, care prin structura lor geometrică, eficacitate, durată de viață, culoare aparentă și redare de culori sunt cele mai adecvate sistemelor de iluminat interior.

În general este indicată utilizarea lămpilor din noua generație cu  $\Phi 26$  mm (de exemplu PHILIPS sau OSRAM) a căror eficacitate variază în funcție de calitate între 63-96 lm/W pentru lămpile de 36/40W, cu observațiile următoare:

- redare foarte bună către excelentă, conduce la o scădere a eficacității datorită complexității stratului luminifer;

- o redare bună - foarte bună corespunde unei eficacități foarte bune;

- iar la redarea modestă - bună corespunde o eficacitate de același ordin de mărime.

Excepție de la aceste caracteristici o fac culorile reci (lumina de zi) care prezintă valori diferite față de cele menționate, deci alegerea trebuie făcută cu atenție în funcție de cerințele caracteristice. De altfel trebuie subliniat că în conformitate cu ghidul CIE lumina rece nu este recomandată pentru nici un tip de interior.

Utilizarea lămpilor echipate cu balasturi electronice are următoarele avantaje deosebite:

- creșterea eficacității globale a sistemului lampă - balast, care de fapt arată valoarea reală a eficacității energetice (de exemplu, lampa de 36 W cu balast clasic care consumă 10 W, la o lampă de eficacitate de 90 lm/W, prezintă o eficacitate globală de 70,4 lm/W, iar în cazul balastului electronic al cărui consum tinde la zero, eficacitatea globală va fi aproximativ 90 lm/W);

- nu prezintă efect de pâlpâire;

- amorsare practic instantanee (fără starterul clasic);

- crește durata de funcționare;

- factorul de putere unitar;

- nu prezintă pierderi de căldură;

- nu prezintă zgomot;

- greutate redusă.

Trebuie precizat că reglajul fluxului se poate realiza într-o gamă largă numai prin variația frecvenței curentului în circuitul de alimentare a lămpii.

Posibilități deosebite pentru utilizare ale lămpilor fluorescente compacte în locuințe și hoteluri, spații comerciale mici sau pentru iluminatul de accent în orice spațiu comercial sau muzee, expoziții sau alte încăperi care se pretează la surse punctuale de mică putere, face ca implementarea lor să fie o necesitate actuală datorită consumului redus de energie (cinci-șase ori mai puțin) și a duratei de funcționare (opt până la zece ori mai mult) față de lampa incandescentă clasică utilizată în trecut la necesități similare.

De exemplu, gama variată PHILIPS ca forme și puteri, SL (Decor, Agro), PL (PL-S, PL-C) și

PLC. E (cu balast electronic) ca și gama OSRAM, GE ș.a., pot satisface toate necesitățile curente pentru destinațiile corespunzătoare cu condiția alegerii corecte a culorii aparente (funcție de temperatura de culoare  $T_c$ ) și redării culorii (funcție de indicele de redare  $R_a$ ). Evident că alegerea surselor de lumină trebuie acordată cu o opțiune și selectare a corpurilor de iluminat, esențială pentru asigurarea confortului, funcționalității estetice și integrării sistemelor artificiale de iluminat cu cele naturale.

Lucrarea de față a încercat să evidențieze aspectele ce trebuie luate în considerare și aprofundate de către cei care concep/proiectează sistemele de iluminat noi sau renovează cele depășite.

În alte tratări ulterioare se vor analiza cazuri particulare specifice unei destinații ale clădirii.

## **Bibliografie**

1. Bianchi. C, “Luminotehnica” vol I, Ed. Tehnică 1990.
2. Bianchi. C, “Sistem de Iluminat Interior și Exterior, Concepție, Calcul, Soluții”, Ed. Matrix Rom, 1998.
3. CIE - “Guide on Interior Lighting”, publ. 29.2, 1986, CIE Wiena, Austria.
4. CIE – Ghidul de Iluminat Interior al CIE în conexiune cu mediul luminos.
5. PHILIPS, “Lighting Manual”, Ediația 15, 1993, Eindhoven, Olanda.
6. Revue de l’Eclairage, LUX nr. 183 / 1995, Paris, Franța.

**Cornel BIANCHI**, Profesor, Dr.ing.

**Oana DOBRE**, preparator

Catedra Luminotehnică și Instalații electrice

Facultatea de Instalații

Universitatea Tehnică de Construcții

Bd. Pache Protopopescu Nr. 66, 73232 București

Tf.: 01. 2524280

Fax: 01. 252 6880

E-mail: cnri@pcnet.pcnet.ro