

CALITATEA ILUMINATULUI PUBLIC – O CERINȚĂ ECONOMICĂ ȘI SOCIALĂ

Bogdana IORDACHE

S.C. ISPE S.A. – Institutul de Studii și Proiectări Energetice, București

Rezumat

Realizarea unui iluminat public de calitate reprezintă o cerință atât socială, prin aspectul de confort vizual asigurat utilizatorilor, cât și economică, prin aspectul de eficiență energetică ce trebuie realizată de totalitatea instalațiilor de iluminat. Lucrarea prezintă necesitatea și mijloacele de realizare a unui astfel de iluminat și abordează în special problema ansamblului sursă luminoasă – balast – circuit de alimentare.

1 Introducere

Pe plan mondial, iluminatul este un consumator de energie important (o cifră de afaceri de 5 miliarde de franci pentru Franța, la nivelul anului 1992, și de 120 de miliarde pentru întreaga lume). În România, energia consumată pentru iluminat public nu depășește, ca pondere, 0,93% din energia totală (fig. 1), dar se observă o tendință clară de creștere a consumului începând din anul 1989.

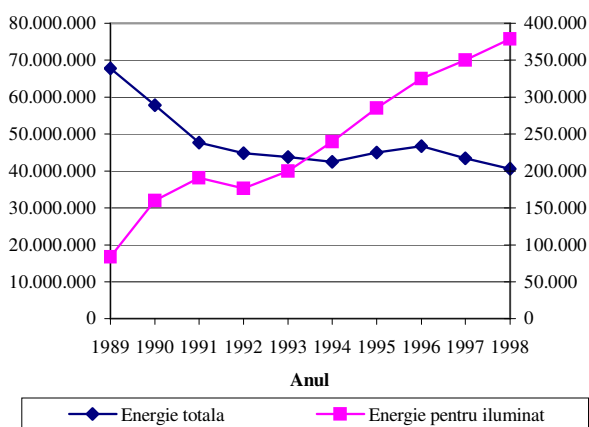


Fig. 1 Evoluția cantității totale de energie vândută și a energiei vândute pentru iluminat public

Iluminatul urban trebuie să răspundă anumitor cerințe de natură obiectivă (niveluri de

iluminare suficiente) și subiectivă (considerații estetice). Cele două obiective principale ale iluminatului urban, eficiența energetică și confortul vizual al utilizatorilor, intră deseori în conflict și trebuie găsite soluții de compromis.

2 Obiectivele iluminatului urban

În cazul iluminatului urban, cerințele principale ale utilizatorilor (șoferi, rezidenți sau turiști) sunt siguranța traficului, siguranța persoanelor și a bunurilor, o ambianță agreabilă și confortabilă și asigurarea unei bune imagini a orașului. În funcție de obiectivul principal care trebuie atins, diferitele părți ale orașului sunt iluminate în mod diferit. Chiar dacă în unele cazuri accentul se pune pe aspectul estetic, asigurarea unui iluminat care să respecte sănătatea este întotdeauna necesară.

2.1 Securitatea traficului rutier

Accidentele care au loc noaptea sunt mult mai grave decât cele care au loc în timpul zilei. Numeroase studii au demonstrat că un iluminat de calitate reduce numărul total de accidente pe timp de noapte cu 30% pentru drumurile urbane, cu 45% pentru cele rurale și cu 30% pentru autostrăzi.

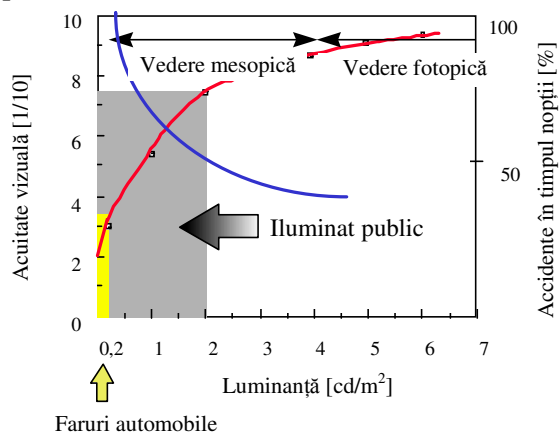


Fig. 2 Efectul iluminatului căilor de rulare asupra performanțelor vizuale și asupra procentului de accidente

În timpul nopții, capacitatea șoferului de a detecta diferite obstacole depinde de mai mulți factori, precum luminanța căii de rulare, uniformitatea iluminării căii de rulare, factorul de orbire și ghidarea vizuală. După cum se poate observa în figura 2, performanțele vizuale umane sunt considerabil reduse în vederea mesopică (în regiunea iluminată de faruri) și mult mai reduse în condițiile vederii scotopice (în afara acestei regiuni), față de vederea fotopică, în condiții normale. O luminanță de 2 cd/m^2 asigurată de iluminatul public ar reduce numărul accidentelor cu cca 50% față de iluminatul doar cu ajutorul farurilor.

2.2 Securitatea persoanelor și a bunurilor

În Franța, o analiză a efectelor iluminatului public făcută la Lyon între 1 ianuarie și 31 octombrie 1981 a demonstrat că există o legătură strânsă între nivelurile de iluminare și criminalitate. În figura 3 se poate observa că majoritatea infracțiunilor nocturne au loc în zonele cu iluminare mai mică de 5 lx.

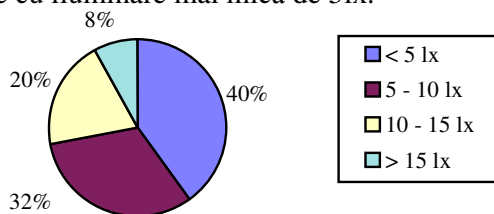


Fig. 3 Repartiția infracțiunilor nocturne în funcție de iluminare (Lyon, 1981)

2.3 Ambianță agreabilă și confortabilă

Iluminatul zonelor publice poate contribui la accentuarea caracterului și vitalității unui oraș, ceea ce contribuie la crearea unui sentiment de mândrie civică și încurajează desfășurarea activităților sociale și după lăsarea serii. Ambianța luminoasă nu este creată doar de iluminatul străzilor, ci și de ferestrele magazinelor și hotelurilor, de semnalizarea electrică și de panourile publicitare, de iluminatul clădirilor, monumentelor și zonelor verzi. Iluminatul trebuie să țină cont de mai multe criterii pentru a se realiza o ambianță agreabilă: strălucirea, efectele de umbră, calitatea culorilor, impactul vizual, pătrunderea luminii reziduale în locuințe.

2.4 Imaginea orașului

Iluminatul monumentelor, parcurilor, fântânilor sau clădirilor unui oraș poate contribui la

crearea unei imagini diferite a acestuia în timpul nopții, atractivă pentru turiști. Pentru această situație trebuie luați în considerare mai mulți parametri: efectul decorativ dorit, aspectul instalației în timpul zilei și poziția observatorului

3 Sursele de lumină

Primul element din lanțul de producere a luminii este reprezentat de sursele luminoase. Există mai multe tipuri de lămpi, în funcție de principiul de producere a luminii folosit (incandescență sau descărcare în gaze), care produc o lumină cu caracteristici variate.

3.1 Lămpile cu incandescență

Motivul principal al eficienței reduse a unei lămpi cu incandescență clasice (cca 10–15 lm/W) este căldura degajată prin efect Joule, care reprezintă în jur de 93% din puterea totală absorbită de lampă. Performanțele lămpilor cu incandescență sunt afectate și de evaporarea filamentului, de mediul exterior (o temperatură ambiantă prea ridicată reduce durata de viață a filamentului) și de tensiunea de alimentare. Pentru reducerea pierderilor și cresterea eficienței lămpii se pot lua mai multe măsuri:

1. Se poate realiza un filament de wolfram dublu spiralat. Spiralarea dublă mărește eficiența luminoasă cu peste 10%, prin reducerea pierderilor de căldură prin conducție sau convecție și reduce lungimea corpului luminos.

2. Se poate utiliza un amestec special de gaze pentru umplerea becului, care încetinește evaporarea filamentului. Amestecul clasic este de 1/3 azot și 2/3 argon, la care se adaugă câteodată krypton sau xenon, care sporesc eficiența cu 10% și îmbogățesc spectrul radiației emise.

Lămpile transparente transmit totalitatea luminii, ceea ce este de dorit din punctul de vedere al eficienței luminoase, dar strălucirea lor poate deranja utilizatorul. Pentru ameliorarea confortului vizual se pot utiliza lămpi opalizate, care difuzează mai bine lumina și orbesc mai puțin sau suprafețe semi-opace care ascund filamentul.

O lampă cu incandescență mai eficientă decât cea clasică este lampa cu halogeni.

Performanțele lămpilor incandescente sunt net îmbunătățite de un amestec gazos cu halogeni introdus în balon. Într-o anumită plajă de temperatură se obține atunci un ciclu wolfram-halogen care permite recuperarea unei părți importante din wolframul evaporat. Există mai multe avantaje ale acestor lămpilor față de lămpile cu incandescență clasice:

- crește eficiența energetică (până la 15-25 lm/W);
- durata de viață este cel puțin dublă;
- se evită înnegrirea becului;
- performanțele lămpii sunt constante în timp;
- se obține o lumină mai albă, mai strălucitoare și mai intensă, cu un indice de redare al culorilor IRC (indice de redare a culorii) aproape 100;
- dimensiunile lămpii sunt mult mai mici.

Utilizarea lămpilor incandescente în iluminatul urban este foarte redusă, din cauza eficienței lor scăzute. Există totuși locuri unde sunt încă preferate (terase, clădiri mici, flori, arbori etc.), datorită luminii calde, care creează o anumită ambianță. În acest caz trebuie făcut un compromis între confortul și eficiența acestui tip de surse.

3.2. Lămpile fluorescente

Față de lămpile cu incandescență, lămpile fluorescente reprezintă un progres din punct de vedere al eficienței luminoase, pentru că:

- eficiența lor este de 5 ori mai mare decât cea a lămpilor cu incandescență și de 2 ori mai mare decât cea a lămpilor cu halogeni (în jur de 70-95 lm/W, față de doar 10-15 lm/W pentru o lampă cu incandescență, deci o economie de energie până la 70%);
- durata de viață este mai mare, ajungând până la 9000 și chiar 11.000 de ore de funcționare, în cazul alimentării cu dispozitive electronice;
- emisia de radiație infraroșie și ultravioletă este mai mică.

Pierderile acestui tip de lampă sunt în principal sub formă de căldură (75% din puterea absorbită), atât în urma descărcării în gaz, cât și în urma conversiei radiației UV în radiație vizibilă, cu ajutorul pudrei fluorescente. Reducerea pierderilor și îmbunătățirea eficienței lămpii se pot realiza prin:

1. Utilizarea tuburilor cu un diametru redus, de 26 mm, care sunt mai ușoare, mai comode și

oferă mai multă lumină, cu un consum de energie mai mic cu 40%.

2. Utilizarea unor materiale fluorescente care să asigure un randament mai bun al conversiei radiațiilor UV în radiații vizibile.

Din punct de vedere al **confortului vizual**, diversitatea temperaturilor de culoare (cuprinse între 2700 și 6500 K) permite crearea tuturor tipurilor de ambianță, de la lumina naturală până la o lumină intimă apropiată de cea a lămpilor cu incandescență, trecând prin mai multe stadii intermediare (alb albastrui, alb clar, alb auriu) și asigurarea unei întregi game de tonuri colorate sau speciale.

S-ar putea crede că tuburile fluorescente ar trebui să înlocuiască lămpile cu incandescență, datorită eficienței lor energetice mai mari și unui bun spectru vizual, dar aceste lămpi au totuși anumite dezavantaje:

- ◇ nu pot fi utilizate direct în instalațiile concepute pentru lămpi cu incandescență;
- ◇ nu sunt prea atractive din punct de vedere estetic.

Din aceste motive s-a încercat aplicarea principiului fluorescenței la conceptul lămpii cu incandescență, ceea ce a dat naștere **lămpii fluocompacte** (CFL – compact fluorescent lamp). Ideea a fost de a plia un tub fluorescent și de a integra starterul, balastul și echipamentul de compensare în fasung. Se obțin toate avantajele fluorescenței unite cu cele ale incandescenței. Astfel, față de o lampă cu incandescență:

- consumul de energie este de 5 ori mai mic;
- durata de viață este de 10 ori mai mare, ajungând până la 10000 de ore;
- eficiența luminoasă atinge 88 lm/W;
- căldura disipată este mult mai mică;
- este disponibilă o gamă largă de tonuri de lumină;
- aprinderea este instantanee;
- nu există fenomene de pâlpâire, zgomot sau efecte stroboscopice.

De exemplu, pentru o durată de funcționare de 10.000 de ore (durata de viață a unei lămpi fluocompacte), se economisesc 435 FF (fig. 4) iluminând cu o CFL față de un iluminat cu o lampă cu incandescență care are același flux luminos (durata de viață a lămpii cu incandescență a fost considerată de 1000 ore). Calculul ține cont doar de prețul de cumpărare al lămpilor și de consumul de energie, dar

câștigul este și mai mare dacă se ține cont și de cheltuielile de întreținere (CFL se înlocuiește o singură dată) și de climatizare (doar 30% pierderi de căldură pentru o CFL). Față de lămpile fluorescente, lămpile fluocompacte sunt mai puțin eficiente, au o durată de viață mai mică și pentru moment sunt mai scumpe. Din aceste motive se poate considera că utilizarea acestor lămpi reprezintă un exemplu de compromis realizat între confort și eficiență.

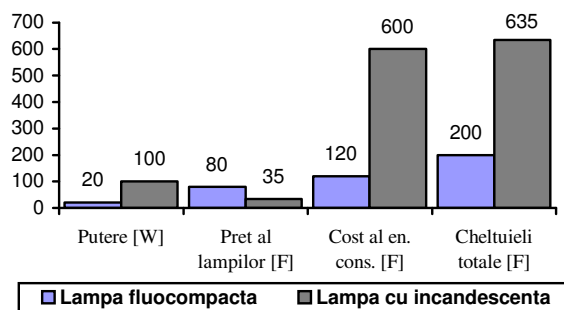


Fig. 4 Comparatie între iluminatul cu o CFL și cu o lampă cu incandescență pe 10000 ore

3.3 Lămpi cu descărcare în vapori de mercur la înaltă presiune

Pierderile principale pentru acest tip de lampă sunt sub formă de căldură (67%) și radiație UV (18,25%). În spectrul lămpii apare o emisie importantă de radiație UVA, care este în general utilizată pentru a corecta spectrul lămpii (în iluminat pentru a îmbunătăți IRC). În acest scop, pe peretele interior al lămpii este depus un luminofor, care are și un rol protector, absorbind radiațiile UV periculoase. **Eficiența luminoasă** poate fi îmbunătățită (până la 52 lm/W) prin utilizarea de diferite materiale (tab. 1). Pentru a îmbunătăți și **confortul** vizual se încearcă obținerea unor lămpi cu un bun IRC, ceea ce poate fi realizat prin încorporarea unui filament, care însă reduce eficiența.

Tabelul 1 Proprietăți ale lămpilor cu vapori de Hg

Lampă	Cu filament	Necorectată	Germanat de Mg	Vanadat de ytriu
Flux [lm]	5600	11600	12000	13000
Tc [K]	3600	6000	5800	4000
IRC	57	15	42	45
Eficiență [lm/W]	22	46	48	52

3.4 Lămpi cu halogenuri metalice

Lămpile cu halogenuri metalice utilizează tehnologia lămpilor cu descărcare în vapori de mercur, dar au performanțe ameliorate de adăugarea de gaze halogene și de pământuri

rare, diferite în funcție de temperatura de culoare căutată. Ciclul regenerativ al halogenurii evită înnegrirea prematură a cuarțului și păstrează pentru mai mult timp calitățile pământurilor rare. Pierderile principale sunt sub formă de căldură (54,5%) și radiații UV (11,5%). **Eficiența** acestor lămpi ajunge până la 100 și chiar 120 lm/W, cu o durată de viață de până la 10000 de ore. Din punct de veder al **confortului vizual**, aceste lămpi asigură o redare foarte bună a culorilor, ceea ce le recomandă pentru înlocuirea lămpilor cu incandescență sau cu halogeni în instalațiile în care aspectul cromatic joacă un rol important.

3.5 Lămpi cu descărcare în vapori de sodiu la înaltă presiune

Pierderile principale sunt sub formă de căldură (70%), cele prin radiație UV reprezentând doar 0,5%. Pentru **creșterea eficienței** acestui tip de lampă se poate utiliza xenon, care conduce la pierderi prin conducție mai mici, dar sporește dificultatea amorsajului. Pentru un amorsaj mai ușor se poate folosi un amestec de neon-argon. Cu toate că au o eficiență energetică foarte ridicată (150 lm/W), aceste lămpi nu pot întotdeauna înlocui lămpile cu mercur înaltă presiune, din cauza IRC-ului destul de slab. Sunt folosite în special pentru iluminatul rutier. În figura 5 se poate observa repartizarea comparativă a pierderilor de putere pentru cele trei tipuri de lămpi cu descărcare în vapori de înaltă presiune prezentate. Pentru **îmbunătățirea confortului** vizual al acestor tipuri de lămpi se poate utiliza pentru descărcare un amestec de gaze cu un IRC mai mare (cu xenon se poate ajunge la IRC = 100).

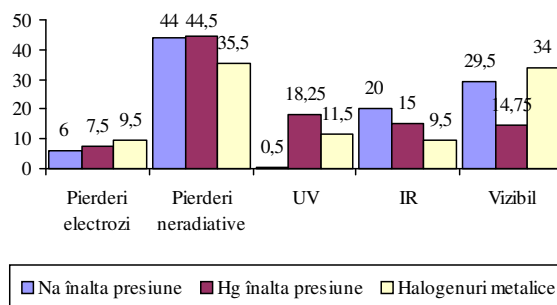


Fig. 5 Pierderi de putere în lămpile cu descărcare în vapori de înaltă presiune

3.6 Lămpi cu descărcare în vapori de sodiu la joasă presiune

Sunt lămpi a căror radiație monocromatică galben-portocaliu exclude orice redare a culorii, ceea ce le limitează foarte mult utilizarea. Acest tip de lampă poate însă foarte bine sublinia relieful și contrastele de luminanță, fiind deci recomandabilă pentru iluminatul rutier. Eficiența energetică este de până la 200 lm/W, dar confortul vizual este minim. Lămpile cu vapori de sodiu dețin recordul absolut în domeniul eficienței luminoase și au o durată de viață mare, de circa 24.000 de ore și chiar mai mult. În figura 6 se pot compara eficiențele energetice ale diferitelor tipuri de lămpi prezentate.

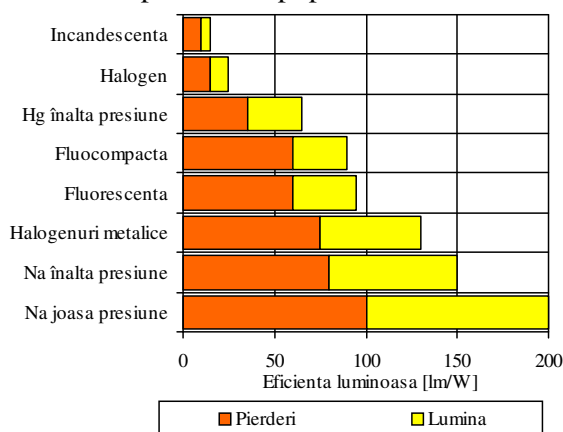


Fig. 6 - Eficiența luminoasă a diferitelor tipuri de lămpi

4 Balastul

Rolul principal al balastului este de a preveni creșterea curentului de arc și de a permite funcționarea lămpii la caracteristici electrice corecte. Există mai multe tipuri de balast:

- **rezistiv** (o rezistență în serie cu lampa); pierderile prin efect Joule reduc eficiența;
- **inductiv** (o inductanță în serie cu lampa); pierderile apar în înfășurarea din cupru datorită rezistenței sale electrice și cresc cu temperatura, și în miezul de fier datorită histerezisului și curenților turbionari;
- **capacitiv**; pentru o frecvență de alimentare de 50 sau 60 Hz, condensatoarele nu sunt utilizabile ca balast, pentru că energia necesară încărcării acestora la începutul fiecărui semi-ciclu produce vârfuri de curent; la frecvențe mai mari pot fi utilizate.
- **electronic**, descris în continuare.

De obicei, prin termenul “balast electronic” se înțelege dispozitivul electric și electronic care

permite alimentarea și stabilizarea descărcărilor de la o sursă oarecare (în general rețeaua de 50Hz), alimentând lampa cu o tensiune altfel decât sinusoidală. Acest dispozitiv utilizând semiconductoare poate funcționa la frecvențe cuprinse între 20kHz și 100kHz și are mai multe **avantaje**:

- consum mic, pierderi reduse și randament global apropiat de randamentul de conversie al lămpii; este de cel puțin 2 ori mai puțin disipativ decât cel la 50Hz;
- frecvența de lucru ridicată permite o reducere a dimensiunilor componentelor reactive și o integrare mai ușoară într-un sistem compact;
- greutate mai mică;
- absența flickerului și a zgomotului;
- factor de putere unitar fără condensatoare de corecție și eliminarea armonicilor de curent;
- control ușor al curentului și puterii lămpii;
- un timp de amorsare și reamorsare redus pentru lămpile cu descărcare în vapori la înaltă presiune;
- creștere a duratei de viață a lămpilor, printr-un control mai bun al condițiilor de amorsare și de exploatare.

Acest tip de balast prezintă și **inconveniente**:

- ◇ supratensiunile generate de amorsarea și nelinearitatea sarcinii;
- ◇ poluarea radiofonică și electromagnetică generată de fenomenele de comutație în dispozitivul electronic de alimentare.

5 Modul de alimentare

Tabelul 2 Diferite moduri de alimentare

Curent continuu	Frecvență industrială (50 Hz)	Medie frecvență (1 kHz - 1 MHz)
⊗ Eficiență luminoasă deseori sporită	⊗ Cea mai simplă și răspândită alimentare	⊗ Eficiență luminoasă mai mare cu 10-15% (față de 50 Hz)
⊗ Absența pâlpâirii	⊗ Pâlpâire	⊗ Absența pâlpâirii
⊗ Stabilizare prin rezistență ⇒ pierderi mari	⊗ Factor de putere prost (armonici)	⊗ Stabilizarea la pierderi foarte mici. $0.9 < F_p < 1$
⊗ Fenomen de cataforeză ⇒ radiație modificată	⊗ Electrozi mai soliciți ⇒ DV mai mică	⊗ DV îmbunătățită
⊗ Electrozi ⇒ nesimetrie	⊗ Alimentare grea și voluminoasă	⊗ Mai ușoară, mai comodă (dpdv al dimensiunilor)
		⊗ Introduce perturbații în rețea
		⊗ Rezonanțe acustice fragilizază tubul
		⊗ Cost mai mare

Există mai multe moduri de alimentare a lămpilor, printre care:

- alimentarea în curent continuu;
- alimentarea în curent alternativ, de la rețeaua de 50Hz;
- alimentarea la medie frecvență.

În tabelul 2 sunt sintetizate avantajele și dezavantajele fiecărui mod de alimentare. Rezultă mai avantajoasă alimentarea la medie frecvență, folosind dispozitive bazate pe electronica de putere, care oferă avantaje în mai multe domenii, după cum se poate observa și în figura 7.

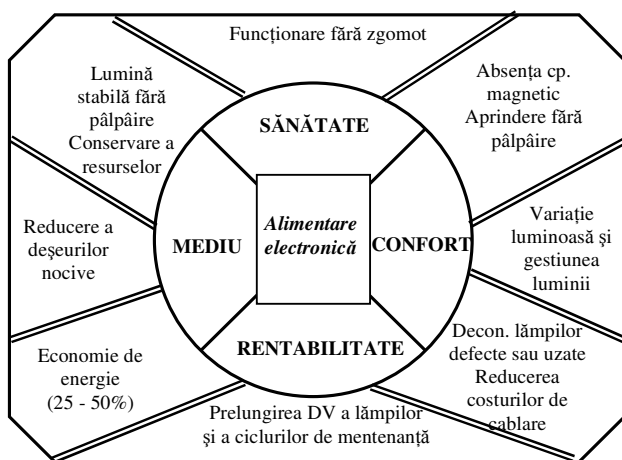


Fig. 7 - Avantajele electronicii în alimentarea lămpilor, comparativ cu echipamentele convenționale

6. Concluzii

Sistemele de iluminat public stradal existente în prezent nu asigură, în majoritatea cazurilor, parametrii cantitativi și calitativi necesari deplasării în siguranță a tuturor utilizatorilor căilor de circulație. În contextul integrării europene, în România trebuie realizat și un iluminat de calitate, ce constituie unul dintre indicatorii gredului de civilizație.

Cerințele iluminatului urban în ceea ce privește calitatea (legată de senzația de confort) și eficiența sunt deseori în conflict. Într-adevăr, eficiența maximă a radiației se obține pentru o distribuție spectrală în partea verde și galbenă a spectrului vizibil.

Pentru a îmbunătăți indicele de redare a culorii trebuie adăugate linii spectrale, care scad eficiența. Pentru lămpile cu incandescență, compromisul trebuie făcut între durata de viață și eficiență, iar pentru lămpile cu descărcare în vapori de gaze alegerea se face între durata de viață și indicele de redare a culorii.

Din punct de vedere al eficienței luminoase, măsurate în lm/W, lămpile cu descărcare în

vapori de sodiu la joasă presiune sunt cele mai eficiente, iar cel mai ridicat IRC îl au lămpile cu incandescență, care sunt și cele mai ineficiente. Din aceste motive, în momentul alegerii instalației de iluminat trebuie stabilită o ordine de prioritate a obiectivelor. Lămpile se vor alege în funcție de aspectul care se consideră mai important (cel tehnic sau cel estetic).

Dată fiind complexitatea factorilor care intră în discuție, de ordin economic, tehnic, social, realizarea unui iluminat urban eficient și de calitate necesită o evaluare de la caz la caz. Pentru realizarea unui iluminat eficient se pot lua o serie de măsuri, pe lângă cele referitoare la lămpi, cum ar fi eficientizarea corpurilor de iluminat, a mentenanței (prin înlocuirea sistematică a lămpilor, înainte de atingerea duratei lor de viață), prin adoptarea unui nivel de iluminare adaptat cerințelor, printr-un sistem avantajos de tarificare etc.

Bibliografie

1. CIE – "Technical Report - Guide to the Lighting of the Urban Areas", publication CIE 1992;
2. Damelincourt, J.J. – "Illumination Problems in European Cities", NATO Advanced Research Workshop, "Scientific and Technological Achievements Related to the Development of the European cities", 18-22.05.1995, Chisinau, Moldova
3. *** OSRAM – "Lampes et appareillages pour l'éclairage général", Edition EG 9/96;
4. *** "Philips Lighting - Application Guide".

PUBLIC LIGHTING QUALITY – AN ECONOMICAL AND SOCIAL DEMAND

Abstract

Public lighting plays an important role in reducing the number of accidents which occur at night and in deterring crime. The lighting is also used to create a pleasant and comfortable atmosphere and to enhance the town image. In fulfilling technical and esthetical demands, one must consider also the economical and energetical efficacy of the equipment. The paper presents the need and the means of creating an urban lighting of quality and efficacy, approaching mainly the lamps (light source, ballast and supply).

Bogdana IORDACHE, ing. proiectant secția sisteme energetice S.C. ISPE S.A. București
B-dul Lacul Tei nr. 1
Tel. 01-210 70 80; int. 1205, 1329