

VERIFICAREA CARACTERISTICILOR ILUMINATULUI PUBLIC PE UNELE STRĂZI ALE MUNICIPIULUI CLUJ-NAPOCA

Florin POP¹, Dorin BEU¹, Mircea CHINDRIȘ¹, Călin GEODESCU²

1 - UTCN - Universitatea Tehnică din Cluj Napoca

2 - CONEL, Sucursala de Transport Dispecer Cluj

Rezumat

Renel GTDEE - Filiala de Rețele Cluj și Primăria Municipiului Cluj-Napoca au dezvoltat un program de modernizare a iluminatului public pe principalele străzi ale municipiului, începând din anii 1990-1995. Diversitatea furnizorilor de echipamente – Schreder, Philips, Philips and Elba Street Lighting, General Electric, Luxten - și unele considerente funcționale a condus la un studiu de evaluare a caracteristicilor lumino-tehnice ale sistemelor realizate.

1 Măsurări luminotehnice [CIE No.30.2, 1982]

Măsurarea luminanței

Măsurarea luminanțelor pe suprafața străzii trebuie efectuată astfel încât să poată fi comparate cu luminanțele calculate. Tensiunea de alimentare a lămpilor trebuie să fie păstrată la valoarea nominală pe durata măsurărilor, în caz contrar trebuie măsurată și aplicați factorii de corecție necesari.

Luminanța locală. Pozițiile punctelor de măsură și a punctului de observație trebuie alese conform specificațiilor prevăzute în procedura de calcul a luminanțelor.

a) Poziția punctelor de calcul (deci și de măsură)

a1) Pe direcție longitudinală, pentru porțiunile drepte de stradă, numărul punctelor de calcul se determină în raport cu distanța dintre două corpuri de iluminat S . Distanța dintre două puncte de calcul d este dată de relația $d=S/N$, unde $N=10$ dacă $S \leq 50$ m, respectiv egal cu cel mai mic număr întreg care conduce la o valoare $d \leq 5$ m, dacă $S > 50$ m. Se constată astfel că distanța între două puncte de măsură nu trebuie să depășească 5 m.

a2) Pe direcție transversală se recomandă să fie utilizate cinci puncte de calcul pentru fiecare bandă de trafic, cu un punct poziționat axial. Punctele de margine sunt plasate la o distanță de marginile exterioare ale benzii egală cu 1/10 din lățimea acesteia. În cazul în care se acceptă o reducere a exactității măsurării sau dacă se contează pe o bună uniformitate a distribuției luminanței, cum este cazul unor stâlpi înalți, pot fi folosite doar trei puncte de calcul.

b) Poziția punctelor de observație

b1) Punctele de observație sunt plasate la 60 m distanță de primul rând transversal al punctelor de calcul și la 1,5 m înălțime deasupra străzii.

b2) Poziția punctului de observație transversal pe stradă va fi stabilit astfel: - pentru calculul luminanței medii și a uniformității generale - la un sfert din lățimea străzii de la marginea din dreapta; - pentru calculul uniformității longitudinale pe banda de circulație, pe axa fiecărei benzi în care circulația este permisă în sensul de observație.

c) Măsurările trebuie făcute cu un tel-luminanțmetru cu un unghi de măsură nu mai mare de 2' pe verticală și între 2' și 20' pe orizontală.

Luminanța medie se calculează pe baza valorilor determinate ale luminanțelor locale, conform relațiilor de definiție cunoscute - luminanța medie văzută în perspectiva mișcării pe durata mersului în lungul străzii (luminanță dinamică), uniformitatea generală U_0 (raport între cea mai mică valoare și valoarea medie), uniformitatea longitudinală U_1 (raport între valoarea minimă și cea maximă pentru luminanțele din axa fiecărei benzi de circulație, punctul de observare fiind și el plasat în aceeași axă).

Alternativ, se poate folosi un luminanțmetru integrator. În acest caz, câmpul de măsură în direcție transversală trebuie să acopere întreaga lățime de circulație și lungimea cuprinsă între 60 m și 160 m în fața observatorului.

Dacă uniformitatea longitudinală a luminanței nu este mai mică de 0,4, este suficientă o măsurare cu un luminanțmetru integrator. Câmpul de măsurare acoperă, în acest caz, secțiunea cuprinsă între 60 și 160 m în fața observatorului începând cu poziția unui corp de iluminat.

Măsurarea iluminărilor

Cerințe privind aparatele de măsură: - să aibă o sensibilitate ridicată; - să aibă o corecție cosinus până la 85°; - să aibă o corecție de culoare conform curbei spectrale de eficacitate luminoasă CIE - $V(\lambda)$; - coeficientul de temperatură al sensibilității poate fi neglijat în limitele normale de temperatură; - trebuie să aibă o poziționare orizontală sigură.

Procedura de măsurare. Iluminările trebuie măsurate pe suprafața străzii în aceleași puncte în care s-au efectuat calculele.

a) *Poziția punctelor de calcul (și deci, de măsură)*

În cele mai multe situații este suficient să se folosească relativ puține puncte de calcul. În direcție longitudinală cinci puncte pot fi folosite la o așezare regulată a corpurilor de iluminat. În direcție transversală punctele de calcul vor fi plasate în axa fiecărei benzi de circulație și, înafara acestora, plasate la o distanță egală cu lățimea benzii (străzii). În cazul în care se dorește o informație mai detaliată asupra distribuției iluminării, se poate utiliza aceeași grilă de calcul ca și la calculul luminanțelor, posibil a fi extinsă în lateral cu o secțiune de lățime egală cu 11/2 din lățimea benzii (străzii).

Toate sursele de lumină ale instalației de iluminat trebuie să fie vizibile de către fotocelulă, în același timp în care sursele de lumină exterioare instalației trebuie să fie ecranate.

Tensiunea de alimentare a lămpilor trebuie să fie ajustată la valoarea ei nominală, în caz contrar se vor utiliza factori de corecție.

2 Aspecte privind normarea și evaluarea parametrilor luminotehnici ai instalațiilor de iluminat public

Normarea și evaluarea parametrilor luminotehnici ai instalațiilor de iluminat public se supun unor reglementări naționale specifice. De regulă, acestea urmează reglementările CIE, rezultate ale unor intense, îndelungi și fructuoase colaborări ale specialiștilor consacrați de nivel internațional:

CIE No.30.2, 1982 Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting;
CIE No.31, 1976 Glare and uniformity in road lighting installations;

CIE No.33A, 1977 Depreciation of installation and their maintenance (in road lighting);

CIE No.66, 1984 Road surfaces and lighting;

CIE No.92, 1992 Guide to the lighting of urban areas;

CIE No.115, 1995 Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic.

În România se lucrează în prezent la elaborarea unui nou standard pentru iluminatul căilor de circulație, ale cărui reglementări se vor alinia normelor europene.

Normele americane utilizează încă normarea iluminatului public pe baza iluminării. Străzile cuprinse în studiu se încadrează în *clasa străzilor principale cu caracter comercial*, nivelul de iluminare medie recomandat fiind determinat de caracteristica pavimentului: $E_{med}=17 \text{ lx}$, respectiv $E_{min}=5,66 \text{ lx}$, cu uniformitatea iluminării $E_{min}/E_{med}=1/3$ – tabelul 1.

Tabelul 1.

Caracteristica pavimentului clasa/coeficientul de luminanță mediu	$R1$ $q=0,10$	$R2, R3$ $q=0,07$	$R4$ $q=0,08$	Uniformitatea iluminării E_{min}/E_{med}
Străzi principale				
Comerciale	12	17	15	1/3
Intermediare	9	13	11	
Rezidențiale	6	9	8	
Străzi colectoare				
Comerciale	8	12	10	1/4
Intermediare	6	9	8	
Rezidențiale	4	6	5	
Străzi locale				
Comerciale	6	9	8	1/6
Intermediare	5	7	6	
Rezidențiale	3	4	4	

Măsurările de luminanță introduc erori apreciabile, datorită mai multor motive.

A. Fisher “*Road Lighting Computer programs: user friendly and do they give the ‘right’ answers?*” - CIE-Seminar “Computer programs for Light and Lighting”, Viena, Austria - 1992 analizează acuratețea software-ului disponibil pentru calculele de iluminat și precizează erorile random ce se adaugă erorilor individuale ale fiecărui program: datele fotometrice ale corpului de iluminat, asigurarea în timp a calității corpului de iluminat, datele privind reflexivitatea suprafeței pavimentului și instalarea echipamentului.

Erorile majore sunt determinate de caracteristicile reflexive ale suprafeței pavimentului, care pot să difere esențial de cele medii, utilizate în calcule și precizate prin tabelele coeficienților de luminanță r pentru cele patru tipuri de suprafețe $R1 - R4$. Problema majoră este de a cunoaște cât de mare este diferența între valorile reale ale caracteristicilor de reflexie și cele teoretice, de calcul? Pentru a obține acuratețea dorită a măsurărilor este absolut necesar să fie determinate în laborator caracteristicile de reflexie ale unui eșantion de suprafață a pavimentului analizat. *Ceea ce la noi este dificil de realizat în momentul de față, dacă nu chiar imposibil.*

În cadrul Seminarului CIE '92 s-a discutat adoptarea propunerii de normare a erorilor admisibile la efectuarea măsurărilor de iluminare în instalațiile de iluminat public de $\pm 10\%$ pentru iluminarea medie și $\pm 20\%$ pentru iluminarea într-un punct, fără să se facă referire la erorile admisibile la efectuarea măsurărilor de luminanță. În unele luări de cuvânt s-au menționat erori uzuale ce depășesc cu mult 20% , astfel că este dificil de evaluat o instalație de iluminat public prin măsurări de luminanță. Ceea ce pare a nu fi cazul în măsurările de iluminare. Dar informațiile prezentate în două lucrări sunt contradictorii și nu susțin această afirmație.

Marc Prevot “*L’éclairage routier en Belgique*” - LUX 167-1992 analizează iluminatul autostrăzilor din Belgia și prezintă comparativ datele proiectate și măsurate ale instalației de iluminat a autostrăzii E 411, în două variante studiate – tabelul 2.

Tabelul 2.

Varianta	Valoare	Luminanță medie, cd/m^2	Iluminare medie, lx
A	calculată	2,7	32
	măsurată	2,15	31,3
	eroare relativă	-20,4%	-2,18%
B	calculată	1,5	15
	măsurată	1,57	14,7
	eroare relativă	+4,7%	-2%

A. Cabello, C. Kirschbaum “*Refurbishment of Highway Lighting*”- Right Light 4 - 4th European Conference on Energy-Efficient Lighting 1997, Copenhagen, Denmark analizează proiectul de reabilitare a iluminatului unei autostrăzi din Argentina (din clasa $R3$) și prezintă datele proiectate și măsurate ale iluminării și luminanței, în condiția unei tensiuni de alimentare a lămpilor scăzută cu $3\% \dots 7,7\%$ față de valoarea nominală de 220 V – tabelul 3.

Tabelul 3.

Valoare	Luminanță medie, cd/m^2	Iluminare medie, lx
calculată	3,6	59
măsurată	3,2	46
eroare relativă	-11,11%	-22,03%

Din cele două exemple prezentate se constată diferențe apreciabile între valorile calculate și cele măsurate atât pentru iluminare cât și pentru luminanță, fără să se poată deduce un anumit sens al acestor erori. Atât doar că *ele există și sunt semnificative!*

3 Considerații privind efectuarea măsurărilor

Iluminările au fost măsurate cu un luxmetru digital CDA 815 Chauvin Arnoux, oferit de firma S.C. Energobit S.R.L., având următoarele caracteristici: - corecție de cosinus: 30° ; - calibrat la lampă cu incandescență standard 2856 K; - precizie $\pm 3\%$; - domeniu de temperatură pentru efectuarea măsurărilor $0 \dots +40^\circ\text{C}$; - erori introduse de variația temperaturii $\pm 0,1\%/^\circ\text{C}$; - umiditate admisă până la 80% .

Luminanțele au fost măsurate cu un luminanțmetru oferit de firma ELBA S.A. Timișoara de tip J16 Option 2 Digital Photometer/Radiometer, prin bunăvoința dl. ing. Ioan Păuț care a participat la efectuarea

măsurărilor. Caracteristicile luminanțmetrului sunt: - domeniu de măsură: $0,1-10^6$ cd/m²; - rezoluție 0,1 cd/m²; - precizie $\pm 5\%$; - domeniu de temperatură -15 ... +40 °C; - domeniu de lungime de undă a radiației măsurate 250-1200 nm.

Având în vedere limitele determinate de caracteristicile prezentate, s-au efectuat o serie de măsurări **cu caracter informativ**.

(1) S-au stabilit cinci puncte de măsură pentru determinarea distribuției longitudinale a iluminării și luminanței, măsurările făcându-se pe axele benzilor de circulație și pe trotuare (pentru iluminare).

(2) S-a determinat distribuția iluminării pe tronsoanele analizate, atât pe carosabil cât și pe trotuar. Numărul punctelor de măsurare s-a luat la valoarea minimă normată, din motive de scurtare a timpului afectat măsurărilor, având în vedere caracterul informativ al acestora.

(3) S-a determinat distribuția luminanței pe câte o axă de circulație pe toate tronsoanele aflate în studiu. S-a procedat la această simplificare a măsurării datorită caracterului de valoare medie obținută cu luminanțmetrul aflat la dispoziție (deschidere unghiulară de 1 grad), a faptului constatat în cursul efectuării măsurărilor că luminanțele pe axele principale de circulație se află sub nivelurile normate și a caracterului în general simetric al amplasării corpurilor de iluminat în planul transversal al căilor de circulație.

4 Rezultatele măsurărilor și prelucrarea datelor

În studiu au fost cuprinse tronsoane reprezentative din 10 străzi principale ale municipiului. Dintre măsurările efectuate se prezintă următoarele trei, cu referire neutră privind identificarea acestora.

Strada A

Măsurări efectuate în 17.12.1997, ora 22,00 - 02,30;

Condiții: ploaie ușoară/lapoviță, temperatura 5°C;

Distanța între stâlpi: 35,3 m;

Numărul punctelor de măsurare longitudinal: 5;

Așezare nesimetrică a corpurilor de iluminat;

Sunt menționate valorile iluminării, în lx.

Nord (Tensiunea 230 V)

20,3	12,4	10,0	11,8	13,8
⊗				

← 37,5 ← 21,5 ← 26,0 ← 18,7 ← 24,3

→ 29,6 → 21,6 → 33,6 → 18,9 → 20,2

⊗	13,2	16,1	21,3	12,8	⊗

Sud (Tensiunea 225V)

Pentru carosabil:

valori normate/echivalente

- $E_{med} = 17,00$ lx, $E_{min} = 5,66$ lx, $C_u = 0,33$

valori realizate

- **$E_{med} = 25,19$ lx, $E_{min} = 18,70$ lx, $C_u = 0,74$**
banda 1

- $E_{med} = 25,60$ lx, $E_{min} = 18,70$ lx, $C_u = 0,73$
banda 2

- $E_{med} = 24,78$ lx, $E_{min} = 18,90$ lx, $C_u = 0,76$

Pentru trotuar:

valori normate

- $E_{med} = 15,00$ lx, $E_{min} = 7,50$ lx, $C_u = 0,50$

valori realizate

trotuar Nord

- $E_{med} = 13,66$ lx, $E_{min} = 10,0$ lx, $C_u = 0,73$

trotuar Sud

- $E_{med} = 14,32$ lx, $E_{min} = 8,2$ lx, $C_u = 0,57$

Strada B

Măsurări efectuate în 17.12.1997, ora 22,00 - 02,30;

Condiții: ploaie ușoară/lapoviță, temperatura 5°C;

Distanța între stâlpi: 27 m;

Numărul punctelor de măsurare longitudinal: 5;

Așezare simetrică a corpurilor de iluminat;

Elemente perturbatoare: reclame luminoase ale magazinelor, umbrire provocată de prezența copacilor.

Sunt menționate valorile iluminării, în lx.

Nord (Tensiunea 220 V)

12,6	9,2	6,6	8,5	7,5	⊗
------	-----	-----	-----	-----	---

22,8 ← 19,2 ← 16,8 ← 17,8 ← 20,2 ←

31,1 ← 29,6 ← 23,1 ← 25,1 ← 31,2 ←

25,6 → 22,2 → 16,4 → 18,5 → 22,8 →

⊗	13,6	8,2	9,1	8,5	8,6	⊗
---	------	-----	-----	-----	-----	---

Sud (Tensiunea 240 V)

Pentru carosabil:

valori normate/echivalente

- $E_{med} = 17,00 \text{ lx}$, $E_{min} = 5,66 \text{ lx}$, $C_u = 0,33$

valori realizate

- **$E_{med} = 22,83 \text{ lx}$, $E_{min} = 16,40 \text{ lx}$, $C_u = 0,72$**
banda 1

- $E_{med} = 19,36 \text{ lx}$, $E_{min} = 16,80 \text{ lx}$, $C_u = 0,87$

banda 2

- $E_{med} = 28,02 \text{ lx}$, $E_{min} = 23,10 \text{ lx}$, $C_u = 0,82$

banda 3

- $E_{med} = 21,10 \text{ lx}$, $E_{min} = 16,40 \text{ lx}$, $C_u = 0,78$

Pentru trotuar:

valori normate

- $E_{med} = 15,00 \text{ lx}$, $E_{min} = 7,50 \text{ lx}$, $C_u = 0,50$

valori realizate

trotuar Nord

- $E_{med} = 8,87 \text{ lx}$, $E_{min} = 6,60 \text{ lx}$, $C_u = 0,74$

trotuar Sud

- $E_{med} = 9,60 \text{ lx}$, $E_{min} = 8,20 \text{ lx}$, $C_u = 0,85$

Strada C

Măsurări efectuate în 1.04.1998, ora 22,300;

Condiții: cer senin, luna în creștere (fără contribuție luminoasă), temperatura 18°C;

Distanța între stâlpi: 27 m;

Numărul punctelor de măsurare longitudinal: 5;

Așezare simetrică a corpurilor de iluminat;

S-au măsurat iluminările în axele celor patru benzi de rulare și pe liniile de separație dintre ele.

Nord (Tensiunea 210 V)

15,8	11,6	7,91	8,68	8,86	⊗
------	------	------	------	------	---

19,3 ← **16,2** ← **11,2** ← **14,3** ← **18,7** ←

20,4 17,8 13,7 16,2 20,5

23,2 ← **19,6** ← **15,4** ← **17,5** ← **23,2** ←

26,6 20,8 14,6 16,7 23,4

23,2 → **18,0** → **13,4** → **15,8** → **20,1** →

19,8 15,2 12,1 12,8 18,5

18,4 → **13,6** → **9,94** → **11,4** → **15,8** →

⊗	11,0	7,95	6,97	7,30	8,91	⊗
---	------	------	------	------	------	---

Sud (Tensiunea 235 V)

Pentru carosabil:

valori normate/echivalente

- $E_{med} = 17,00 \text{ lx}$, $E_{min} = 5,66 \text{ lx}$, $C_u = 0,33$

valori realizate

- **$E_{med} = 16,91 \text{ lx}$, $E_{min} = 9,94 \text{ lx}$, $C_u = 0,59$**
banda 1

- $E_{med} = 15,95 \text{ lx}$, $E_{min} = 11,20 \text{ lx}$, $C_u = 0,70$

banda 2

- $E_{med} = 19,78 \text{ lx}$, $E_{min} = 15,40 \text{ lx}$, $C_u = 0,78$

banda 3

- $E_{med} = 18,10 \text{ lx}$, $E_{min} = 13,40 \text{ lx}$, $C_u = 0,74$

banda 4

- $E_{med} = 13,82 \text{ lx}$, $E_{min} = 9,94 \text{ lx}$, $C_u = 0,72$

Iluminarea pe întregul carosabil (inclusiv liniile de separație dintre benzile de circulație)

- **$E_{med} = 17,35 \text{ lx}$, $E_{min} = 9,94 \text{ lx}$, $C_u = 0,57$**

Pentru trotuar:

valori normate

- $E_{med} = 15,00 \text{ lx}$, $E_{min} = 7,50 \text{ lx}$, $C_u = 0,50$

valori realizate

trotuar Nord

- $E_{med} = 10,57 \text{ lx}$, $E_{min} = 7,91 \text{ lx}$, $C_u = 0,75$

trotuar Sud

- $E_{med} = 8,43 \text{ lx}$, $E_{min} = 6,97 \text{ lx}$, $C_u = 0,83$

În urma efectuării măsurărilor de iluminare și luminanță pe toate tronsoanele cuprinse în studiu, se constată că:

- valorile iluminărilor se pot considera corespunzătoare normelor, având însă un domeniu relativ larg de valori, între +68% și -1,4%;

- valorile luminanțelor sunt corespunzătoare pe un singur tronson măsurat (strada A), alte două tronsoane sunt foarte apropiate de valoarea normată (strada B: -5% și strada C: -8%); - cele mai nefavorabile situații prezintă o scădere de -49%, respectiv -65%, față de valorile normate.

Luminanța unei suprafețe iluminate este o mărime fotometrică caracterizată atât de distribuția luminoasă a surselor de lumină, de pozițiile reciproce sursă/punct iluminat/direcția de privire cât și de proprietățile reflectante ale suprafeței respective. Acest caracter este fundamental în iluminatul public al căilor de circulație.

Analizând valorile obținute pentru iluminare și luminanță, se poate trage concluzia că instalația de iluminat public este conformă cu normele existente *din punct de vedere al surselor de lumină*, neîmplinirile luminotehnice fiind determinate de *caracteristicile necorespunzătoare ale suprafeței căii de circulație*.

A STUDY CONCERNING THE PUBLIC LIGHTING SYSTEMS PARAMETERS ON SOME STREETS OF CLUJ-NAPOCA

Abstract

Renel GTDEE – Electric Network Branch of Cluj and City Hall of Cluj-Napoca have developed a public lighting improvement project on the main city streets, beginning with the years 1990-1995. The diversity of the lighting equipment suppliers – Schreder, Philips, Philips and Elba Street Lighting, General Electric, Luxten – and some functional reasons justified the development of a study to evaluate the lighting systems parameters.

Florin POP, Profesor Dr.

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

Dorin BEU, Șef lucrări

e-mail: dorin_beu@mail.dntcj.ro

Mircea CHINDRIȘ, Profesor Dr.

e-mail: Mircea.Chindris@eps.utcluj.ro

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

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

Fax: 064. 192055

Călin GEODESCU, Director tehnic

CONEL, Sucursala de Transport Dispecer Cluj

Str. Memorandumului Nr. 27, 3400 Cluj-Napoca

e-mail: sdcj.dir@codec.ro

Fax: 064.405500