

COMPANIA NATIONALA DE AUTOSTRAZI
SI DRUMURI NATIONALE DIN ROMANIA

BULETIN TEHNIC RUTIER

Publicație lunară editată de C.N.A.D.N.R.
Anul VIII, nr 2-3 / 2012

Toate drepturile asupra acestei ediții sunt rezervate Companiei Naționale de Autostrăzi ş
Drumuri Naționale din România S.A. Reproducerea integrală sau parțială a materialelor dir
Buletinul Tehnic Rutier este permisă doar cu consimțământul scris al CNADNR S.A

BULETIN TEHNIC RUTIER

Publicație lunară editată de C.N.A.D.N.R.
Anul VIII, nr. 2-3/2012

SUMAR

Ghidul privind condițiile de iluminat la drumuri naționale şi autostrăzi..... pag. 1 - 166

COMPANIA NAȚIONALA DE AUTOSTRĂZI ȘI DRUMURI NAȚIONALE DIN ROMÂNIA - S.A.

DECIZIA

Directorului General al Companiei Naționale de Autostrăzi si Drumuri Naționale din România S.A.

Nr. 175 / 13.02.2012

În conformitate cu O.U.G. Nr. 84/2003 privind înființarea Compania Naționala de Autostrăzi și Drumuri Naționale din România S.A., prin reorganizarea Regiei Autonome Administrația Națională a Drumurilor din România, aprobată prin Legea nr. 47/2004 și în baza Ordinului Ministrului Transporturilor și Infrastructurii nr. 175/14.03.2011, Director General al C.N.A.D.N.R. S.A. emite prezenta

DECIZIE

Art. 1. Se aprobă "Ghidul privind condițiile de iluminat la drumurile naționale și autostrăzi"- AND 603-2012.

Art. 2. Prezenta decizie se comunică prin grija Biroului Reglementări Tehnice și Trafic din cadrul Direcției Tehnice Calitate și Protecția Mediului a CNADNR SA, la DRDP 1-7 și CESTRIN care vor duce la îndeplinire prevederile prezentei decizii.

Art. 3. Prezenta decizie s-a emis în 2 exemplare, un exemplar pentru Serviciul Arhivă și un exemplar la Biroul, Reglementări Tehnice și Trafic.

DIRECTOR GENERAL,
Ing. Daniela DRAGHIA

VIZA DE LEGALITATE

DIRECTOR D.T.C.P.M.,
Ing. Doru CALINESCU

CUPRINS

0. Introducere

I.Prevederi generale

1.1.Termeni şi definiţii

1.2. Referinţe

1.3. Sursele de lumină utilizate în iluminatul rutier

1.4. Iluminat rutier pentru căile de circulaţie

II.Iluminatul ZONELOR DE RISC

2.1. Iluminatul TRECERILOR DE PIETONI

2.2. Iluminatul TRECERILOR LA NIVEL CU CALE FERATĂ

2.3. Iluminatul INTERSECŢIILOR CU DRUMURI NAŢIONALE

2.4. Iluminatul SPAŢIILOR DE PARCARE

2.5. Iluminatul NODURILOR RUTIERE

2.6. Iluminatul STAŢIILOR DE AUTOBUZ

2.7. Iluminatul PODURILOR ŞI PASAJELOR SUPRATERANE

2.8.Iluminatul ZONELOR SPECIALE: taxare, acces şi ieşire din zone de frontieră

III.Iluminatul TUNELURILOR ŞI PASAJELOR SUBTERANE

IV.Optimizarea consumului energetic aferent sistemului de iluminat rutier

V.Managementul sistemului de iluminat rutier

5.1.Costurile sistemului de iluminat
5.2.Profitabilitatea iluminatului public
5.3.Întreținerea sistemului de iluminat
5.4.Menținerea parametrilor proiectați
5.5.Gestiunea iluminatului rutier
5.6.Iluminat inteligent – soluții moderne de management

VI. Utilizarea energiilor neconvenționale în iluminatul rutier

VII. Preocupari similare în contextul european

VIII. Bibliografie

IX. Anexe

INTRODUCERE

Nevoia de siguranță, încredere, confort şi orientare pe timpul deplasării pe drumurile naționale tot mai aglomerate, este o realitate care reclamă apariția şi dezvoltarea iluminatului pe timp de noapte, cu următoarele beneficii suplimentare:

- prevenirea şi reducerea accidentelor,

- reducerea costurilor comunitare,

- economisirea timpului de deplasare,

- reducerea noxelor (iluminatul drumurilor conduce la o fluență ridicată a traficului pe timp de noapte şi implicit, la o utilizare corectă a autovehiculelor, respectiv a regimului de funcționare al motoarelor cu ardere internă. Acest fapt conduce la timpi de staționare reduşi şi drept urmare la o reducere semnificativă a noxelor emise de autovehicule în zona respectivă).

Iluminatul pe drumurile publice se furnizează prin intermediul unui ansamblu tehnologic şi funcțional, alcătuit din construcții, instalații şi echipamente specifice, denumit în continuare ***sistem de iluminat***.

Arhitectura sistemului de iluminat depinde în mare măsură de modul de furnizare al energiei electrice necesare funcționării echipamentelor de iluminat, respectiv de conectarea la sistemul energetic național sau de folosirea unor surse alternative, regenerabile, de energie neconvențională.

Sistemele de iluminat clasice se compun din:

- Aparate de iluminat ce conţin sursa sau sursele de lumină
- Suporţi ai aparatelor de iluminat: stâlpi de iluminat cu fundaţiile corespunzătoare şi console
- conductoare
- Instalaţii de legare la pământ
- Echipamente de comandă, automatizare şi măsurare

În cazul alimentării sistemului de iluminat din reţeaua naţională de energie, aceasta va fi distribuită din posturile de transformare prin intermediul liniilor electrice (aeriene sau subterane) până la punctele de aprindere de unde se vor conecta aparatele de iluminat cu ajutorul unor linii electrice subterane şi a cutiilor de trecere şi de distribuţie.

Există situaţii în care alimentarea se face prin intermediul surselor de energie regenerabile (eoliană, solară, etc), aspecte care vor fi tratate mai târziu în acest ghid.

Reglementarea iluminatului se face la nivel european potrivit standardului EN 13201 (2,3,4), majoritatea statelor comunitare având propriile norme adaptate, inspirate sau corectate prin acest standard.

Adoptarea de către oficialităţile române (ASRO) mai întâi a standardului SR 13433 şi apoi a SR EN 13201 în corelare cu dezvoltarea şi modernizarea reţelei naţionale de drumuri, a condus la necesitatea apariţiei prezentului Ghid privind condiţiile în care ar trebui să se facă iluminatul pe drumurile naţionale şi autostrăzi.

Deoarece iluminatul "artificial" încearcă să compenseze lipsa luminii naturale, se observă că percepția acestuia, respectiv vederea, este influențată de o serie de factori ce țin de natura umană:

- vârsta, genul şi starea de sănătate a subiecților
- ocupațiile şi nivelul de informație/cultură
- ritmul de viață, etc.

Mai mult, iluminatul ar trebui să aibă în vedere impactul său asupra mediului înconjurător nu doar prin grija față de reducerea emisiilor de CO_2 sau a introducerii în mediu a altor poluanți ci şi prin înțelegerea ciclului de viață şi comportamentului viețuitoarelor din natură.

Prin urmare, nevoia de iluminare a drumurilor poate fi limitată de următoarele considerente:

- ✓ reducerea costurilor de capital (investiții), mentenanță şi energie
- ✓ politica guvernamentală de reducere a emisiilor de CO_2 şi în general de protejare a mediului
- ✓ impactul vizual diurn al sistemului de iluminat asupra peisajelor
- ✓ problemele legate de adaptarea la lumină sau întuneric
- ✓ problemele de sănătate ocupațională şi siguranță legate de activitatea de mentenanță a sistemelor de iluminat
- ✓ poluarea luminoasă versus „dreptul la stele"
- ✓ protejarea biodiversității, comportamentelor păsărilor şi animalelor şi a ciclurilor de viață

Problematica iluminării acestor drumuri, aşa cum reiese din capitolele următoare ale ghidului, este una complexă, continuu adaptată atât la cerinţele participanţilor la trafic cât şi la tehnologiile care se dezvoltă în domeniu.

A. Scopul Ghidului

Ghidul privind condiţiile de iluminat la drumurile naţionale şi autostrăzile din România îşi propune să fie un instrument de lucru atât pentru ***CNADNR***, în calitate de administrator al acestei reţele de drumuri cât şi pentru ***proiectanţii*** care vor dimensiona şi vor elabora prescripţiile tehnice privind iluminatul pe respectivele căi de circulaţie.

Prin acest ghid, vor fi puse la dispoziţia proiectanţilor şi executanţilor surse de informare, repere tehnice, concepte şi abordări în soluţionarea corectă a iluminatului, cu respectarea standardelor şi normelor europene şi naţionale în vigoare.

De asemenea, acest instrument va permite o mai bună înţelegere din partea beneficiarului a problematicii iluminatului public pe aceste căi de circulaţie, fiindu-i astfel favorizate deciziile privind:

- oportunitatea şi fezabilitatea investiţiilor în iluminat
- avizarea şi autorizarea soluţiilor propuse de proiectant
- bugetarea costurilor (capital, mentenanţă şi energie)
- planificarea timpului şi activităţilor pentru lucrări de construcţie şi întreţinere a sistemelor de iluminat

Ghidul conţine atât **reguli** ce trebuie urmate cât şi **recomandări** care lasă la latitudinea administratorului de drum decizia adoptării uneia sau alteia dintre soluţiile posibile.

B. Domeniu de utilizare, aplicabilitate

Regulile şi recomandările acestui ghid vor fi folosite de proiectanții sistemelor de iluminat public aferente drumurilor naționale şi autostrăzilor din România pentru elaborarea proiectelor în diferite faze:

- studii de oportunitate şi fezabilitate
- proiectarea sistemelor de iluminat destinate căilor de circulație;
- documentații pentru obținerea avizelor şi autorizațiilor de construire
- proiecte tehnice cu detalii de execuție
- recepția calitativă şi cantitativă din punct de vedere al iluminatului;
- planuri de mentenanță

Caietele de sarcini elaborate pe baza acestui regulament vor fi folosite în procedurile de achiziție a lucrărilor de construire a sistemelor de iluminat şi a serviciilor de mentenanță şi gestiune a acestora.

Menționăm că ghidul încearcă să cuprindă toate aspectele iluminatului pentru căile de circulație, ținând cont de limitările standardelor, recomandările şi reglementările româneşti şi europene.

De exemplu, standardul român SR EN 13201 nu se aplică pentru tuneluri, pasaje, zone de taxare, etc, zone pentru care se poate aplica corelat cu alte reglementări din domeniu.

C. Clase şi categorii de drumuri

Drumurile de interes național, aşa cum sunt acestea reglementate prin Ordonanța de guvern nr 43/28.08.1997, aparțin proprietății publice a statului şi cuprind drumurile naționale, care asigură legăturile cu Capitala țării, cu reşedințele de județ, cu obiectivele de interes strategic național, între ele, precum şi cu țările vecine.Structura acestora este:

- autostrăzi;
- drumuri expres;
- drumuri naționale europene (E);
- drumuri naționale principale;
- drumuri naționale secundare.

În cele ce urmează, Ghidul va folosi doar noțiunile de ***autostrăzi*** şi ***drumuri naționale***, în această categorie din urmă fiind incluse drumurile expres, europene, naționale principale şi secundare.

CAPITOLUL I
Prevederi generale

Drumurile nationale si autostrazile in zonele locuite vor fi iluminate in conformitate cu prevederile tehnice in vigoare.

În spațiul rural (între localități) se vor ilumina în mod **obligatoriu** doar acele porțiuni de drum periculoase, care prezintă risc ridicat sau înregistrează un număr important de accidente favorizate de întuneric:

- treceri la nivel cu cale ferată
- sensuri giratorii
- treceri de pietoni
- intersecții
- noduri de autostrăzi
- parcări
- tuneluri
- pasaje
- poduri şi viaducte cu o lungime mai mare de 100 m
- stații pentru mijloace de transport în comun (autobuze, maxi-taxi)
- zone de servicii, parcări şi zone cu facilități pentru pietoni

Recomandăm iluminarea drumurilor naționale şi autostrăzilor:

- Pe sectoare de drum ce înregistrează un număr mare de accidente;
- Pe secțiuni de drum cu geometrie dificilă şi/sau condiții speciale (apropiere de păduri, lacuri, rîuri);

- În intersecții în care se separă benzi de circulație pentru virare sau întoarcere;
- Iluminatul drumurilor naționale ce străbat zone locuite;
- În zonele cu risc ridicat

Pentru a determina considerentele de luat în seamă pentru luarea *deciziei de a ilumina sau nu anumite tronsoane de drum*, trebuie să se țină cont de criteriile enumerate mai jos:

1. Viteza medie de deplasare, volumul traficului, configurația drumului şi prezența zonelor de risc impun modul de evaluare a necesității iluminatului căilor de circulație.

2. Este posibil să se estimeze economile în utilizarea căilor de circulație ca şi beneficii ale iluminatului rutier. Cele mai importante economii rezultă din scăderea ratei accidentelor de circulație grave.

3. Baza de calcul pentru beneficiile ce rezultă în urma instalării sistemului de iluminat rutier se poate justifica prin volumul traficului, considerându-se media rănirilor de persoane şi rata mortalității pentru fiecare tip de drum. Pe autostrăzi şi drumuri naționale, economiile realizate prin reducerea timpului de călătorie trebuie luate de asemenea în considerare.

4. Rentabilitatea iluminatului rutier în economia globală a traficului se analizează comparând media anuală a economiilor realizate în costurile totale ale căii de circulație cu costurile totale anuale ale sistemului de iluminat şi costurile rezultate din coliziunile cu stâlpii instalați pentru

iluminatul rutier. Un exemplu este prezentat în capitolul 5, la punctul 5.2.

5. Când volumul de trafic este mai scăzut, ceea ce nu ar implica justificarea iluminatului rutier prin simpla reducere a numărului de accidente, iluminatul rutier se poate justifica pe baza:
   - neomogenității mediului de circulație,
   - aliniamentului rutier inadecvat pentru o orientare corectă,
   - distanței mici între intersecții,
   - numărului mai mare decât normal al trecerilor de pietoni şi stațiilor de autobuz,
   - lipsei trotuarelor pentru pietoni, etc,

   chiar şi in cazurile în care, din calculul rentabilității iluminatului public, acesta nu ar fi rentabil din punct de vedere al traficului, cf cap. IV.

Reabilitarea sau recondiționarea instalațiilor de iluminat îmbătrânite fizic şi moral este extrem de importantă. Este posibilă obținerea unor luminanțe superioare cu valori ale consumului energetic mai mic, utilizând un design nou sau noi tehnologii. Îmbunătățățirea iluminatului şi sistemele de control dau de obicei rate cost-beneficiu bune şi perioade de amortizare destul de scurte.

1.1. Termeni şi definiții:

1. Luminanța medie a suprafeței drumului, L_{av}

Luminanța suprafeței drumului este influentață de sensibilitatea la contrast a ochiului şoferului şi de contrastul obstacolelor de pe calea de circulație raportat la fundalul

câmpului vizual, influențând în mod direct performanța vizuală a şoferului. În figura 1.1 este prezentată relația dintre luminanța medie a suprafeței drumului şi factorul „puterea de a distinge contraste" (revealing power, RP) pentru o uniformitate rezonabilă (U0=0,4%) şi un indice de orbire fiziologică TI =7%.

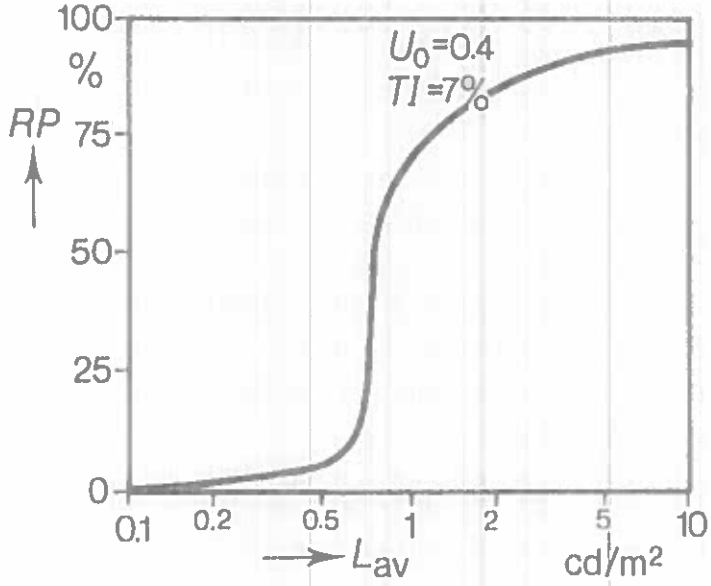


Fig.1.1 Relația dintre luminanța medie a suprafeței drumului şi factorul „puterea de a distinge contraste"

Valoarea pentru L_{av} este valoarea minimă care trebuie menținută pe întreaga durată de viață a instalației pentru fiecare tip de cale de circulație. Luminanța medie a suprafeței drumului este dependentă de distribuția luminii de la corpul de iluminat, fluxul luminos al sursei de lumină, geometria instalării şi de proprietățile de reflexie ale suprafeței drumului.

Calcularea luminanței medii pentru suprafața drumului se va realiza în concordanță cu prevederile CIE 140-2000.

Valorile calculate vor ține cont de factorul de menținere pentru corpul de iluminat şi pentru sursa de lumină. Factorul de mentenanță pentru corpurile de iluminat variază în funcție de intervalul de timp între operațiunile de curățare, de condițiile de poluare din zonă, de calitatea închiderii corpului de iluminat - gradul de protecție (IP) la apă şi praf şi de vârsta materialelor utilizate. Valorile pot fi stabilite prin măsurări sau conform Tabelului 1.1:

Tabelul 1.1 Calcularea factorului de menținere pentru aparate de iluminat

Inter-valul de cură-țare	Factorul de menținere pentru corpul de iluminat								
	IP 2X minim			IP 5Xminim			IP 6Xminim		
Luni	Poluare ridicată	Poluare medie	Poluare redusă	Poluare ridicată	Poluare medie	Poluare redusă	Poluare ridicată	Poluare medie	Poluare redusă
12	0,53	0,62	0,82	0,89	0,9	0,92	0,91	0,92	0,93
18	0,48	0,58	0,8	0,87	0,88	0,91	0,9	0,91	0,92
24	0,45	0,56	0,79	0,84	0,86	0,9	0,88	0,89	0,91
36	0,42	0,53	0,78	0,76	0,82	0,88	0,83	0,87	0,9

Obs: Tabelul de mai sus este orientativ, a fost preluat din „Review of Luminaire Maintenance Factors Report", 2007, Mott MacDonald

Legenda:

IP reprezinta **gradul de protecţie al corpului de iluminat la pătrunderea prafului şi apei** conform SR EN 60259:1995

Poluare ridicată se consideră în general atunci când drumul străbate zone industriale cu poluare puternică sau aglomerări urbane
Poluare medie, se consideră ca fiind în zonele rezidenţiale, slab industrializate
Poluarea redusă este considerată în zonele rurale sau zonele din afara localităţilor şi zonelor industriale

Factorul de menţinere pentru sursele de lumină variază în funcţie de tipul de sursă şi puterea aceasteia. Valorile sunt puse la dispoziţie de obicei de producători.

2. Uniformitatea generală a luminanţei drumului, U0

U0 este raportul dintre luminanţa minimă măsurată într-un punct al suprafeţei şi L_{av}. Acest criteriu este important în ceea ce priveşte controlul vizibilităţii pe calea de circulaţie.

3. Uniformitatea longitudinală a luminanţei suprafeţei drumului, Ul

Ul este raportul dintre luminanţa minimă şi maximă în lungul căii de circulaţie, pe o direcţie dată.

4. Pragul de creştere sau orbirea de incapacitate, TI

Orbirea de incapacitate este rezultatul dispersiei luminii în ochiul observatorului care reduce contrastul imaginii formate pe

retină. **TI** reprezintă măsura pierderii vizibilității dată de orbirea de incapacitate de la corpurile de iluminat. Formula de calcul se bazează pe procentul cu care trebuie crescută luminanța pentru a face un obiect vizibil în prezența orbirii, dacă este doar vizibil în absența orbirii, când corpurile de iluminat sunt ecranate din punctul de vedere al observatorului.

5. Raport de zonă alăturată SR

Este raportul dintre iluminarea medie pe benzi sau zone situate în exteriorul marginilor carosabilului şoselei şi iluminarea medie pe benzi situate în interiorul acestor margini. De exemplu poate fi vorba de trotuare, piste de biciclete, banda de urgență – dacă aceasta nu a fost cuprinsă în zona de studiu şi este o zonă învecinată (sau adiacentă).

6. Ghidajul vizual

Ghidajul vizual este un concept ce acoperă măsuri complexe care trebuie luate pentru ca utilizatorul căii de circulație să recunoască uşor configurația drumului în acord cu viteza maximă admisă pentru sectorul de drum respectiv. Pentru drumurile neiluminate , ghidajul vizual este restricționat la zona luminată de farurile maşinii. Un aranjament al iluminatului realizat astfel încât acesta să urmărească fidel configurația drumului, îmbunătățeşte ghidajul vizual şi contribuie semnificativ la siguranța şi confortul şoferilor. Aceste afirmații sunt valabile în special pentru drumurile care au multe curbe şi intersecții.

Când se proiectează un sistem de iluminat, trebuie acordată o atenție deosebită ghidajului vizual şi în special pentru evitarea ghidajului eronat. Mai jos sunt câteva elemente importante de care trebuie să se țină seama:

- Pentru o autostradă de exemplu, cu sensurile separate printr-o zonă mediană, un ghidaj vizual bun se obține prin amplasarea iluminatului în zona centrală.Acest lucru implică şi alte avantaje față de amplasarea opusă a stâlpilor, cum ar fi: reducerea valorii investiției, reducereaa costurilor de întreținere, etc
- O amplasare a sistemului de iluminat unilateral pe partea exterioara a curbei asigura de asemenea un ghidaj vizual bun (figura 1.2 a)

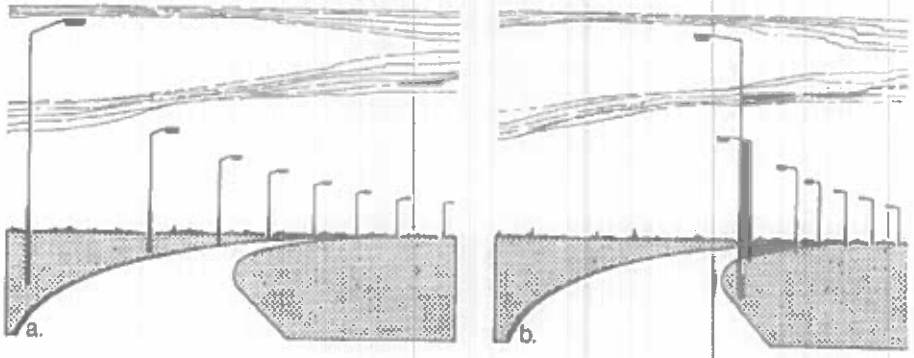


Fig.1.2 Amplasarea sistemului de iluminat unilateral pe partea exterioară a curbei(1.2.a) /pe partea interioară a curbei (1.2.b)

- Pentru curbele cu raza mai mică de 300m trebuie ținut cont de configurația acesteia. În figura 1.3 se poate observa o situație în care iluminatul este unilateral iar in zona de curbă iluminatul a fost realizat pe partea exterioară a curbei. Se vor evita amplasări ale elementelor sistemului de iluminat ca şi cele din figura 1.3a (confuzia care poate să apară din cauza amplasării eronate a stalpilor, creând

impresia ca drumul este drept, fapt ce poate duce la accidente grave) ; se recomandă amplasarea ca şi în figura 1.3b pentru asigurarea ghidajului vizual corect.

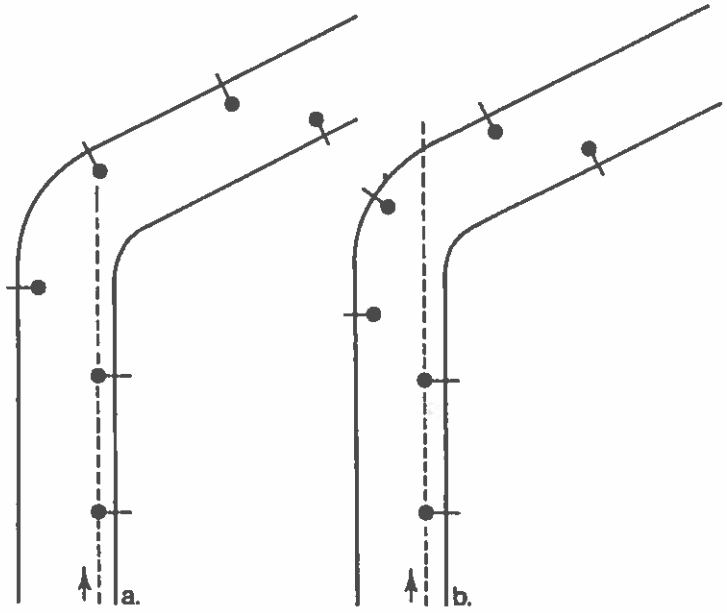


Fig.1.3 Tipuri de iluminat unilateral pentru curbe cu raza mai mică de 300m

- în zona curbelor cu raza mai mică de 300m se va evita amplasarea stâlpilor alternat - această amplasare poate crea confuzii grave (a se vedea figura 1.4b). Pentru drumurile naţionale cu lăţime mare, unde iluminatul unilateral nu este posibil se recomandă utilizarea iluminatului bilateral opus (figura 1.4a).

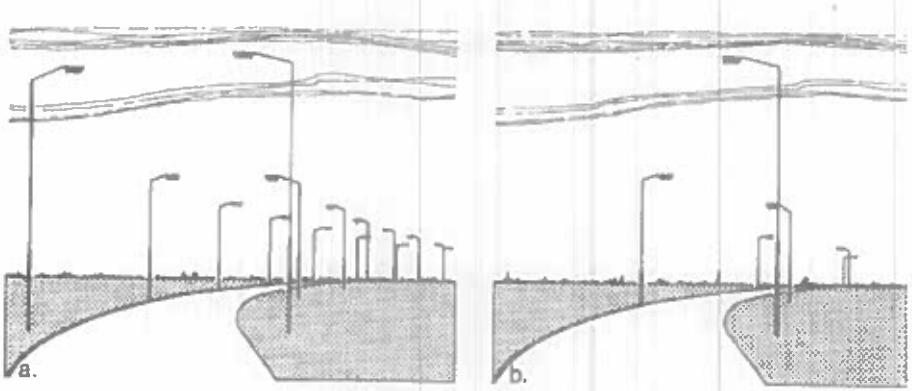


Fig.1.4 Amplasarea sistemului de iluminat bilateral pentru curbe cu raza mai mică de 300m, unde iluminatul unilateral nu este posibil (1.4.a. ghidaj vizual bun / 1.4.b. ghidaj vizual slab, care poate genera confuzii)

7. Tip de utilizator: categorie de persoane sau de vehicule dintr-o zonă de circulație publică aflată în mediu exterior

NOTĂ: În acest document, sunt luate în considerare doar tipurile de utilizator definite mai jos.

8. Trafic motorizat (M): vehicule cu propulsie cu motor, altele decât vehicule lente.

9. Vehicule lente (S): vehicule cu propulsie cu motor, vehicule trase de animale sau oameni călare pe animale, cu o viteză limitată la 40km/h

10. Ciclişti (C): persoane pe bicicletă sau moped, cu o viteză limitată la 50 km/h

11. Pietoni (P): persoane care circulă pe jos sau într-un scaun rulant

12. Viteza tipică a utilizatorului principal: viteza estimată a utilizatorului definit ca utilizator principal pentru spațiul avut în vedere. Atunci când utilizatorul este o combinație de trafic motorizat şi unul sau mai multe tipuri de utilizator, traficul motorizat este considerat ca utilizator principal

NOTĂ: În domeniul iluminatului, sunt suficiente plaje de viteză relativ largi. Din acest motiv viteza este estimată şi nu măsurată, iar metoda de estimare ține exclusiv de autoritatea rutieră.

Viteza de deplasare a utilizatorului principal	[hm/h]
Foarte mare	≥90
Mare	≥60 - 90
Medie	≥ 30-60

Tabelul 1.2 Mod de evaluare al vitezei tipice a utilizatorului principal

13. Zonă de studiu: parte luată în considerare a zonei de circulație publică;

14. Zonă de risc: Zona de Conflict;

15. Zonă de schimb sau noduri rutiere (termenul in literatura de specialitate intercharges): zone de schimb rutier

pe mai multe niveluri şi care includ una sau mai multe căi de acces curbe (rampe) pentru a trece de pe o cale de circulație pe alta;

16. Intersecții: loc de întretăiere a două sau mai multe drumuri, amenajate pentru înlesnirea circulației şi a schimbării direcției de mers;

17. Fluxul traficului de vehicule: numărul de vehicule care trece printr-un punct dat, într-o anumită perioadă de timp în cele două direcții; acest flux este măsurat de traficul mediu zilnic (vezi 18).

NOTĂ: Chiar dacă nu este indispensabil pentru iluminat, autoritatea rutieră poate lua în considerare fluxul de trafic pe cale de circulație şi să combine diferitele valori obținute. În cazul zonelor de staționare, punctul de referință pentru numărătoare este intrarea.

18. Trafic mediu zilnic (MZA): traficul total pe o perioadă dată, de-a lungul întregii zilei, divizat cu numărul de zile inclus în această perioadă. În tabelul următor este prezentat cu titlu de exemplu modul de evaluare al volumului traficului zilnic sau MZA

Volumul traficului	Vehicule pe zi
Foarte ridicat	› 25.000
Ridicat	15.000 - 25.000
Mediu	7.500 - 15.000
Scăzut	4.000 -7.500
Foarte scăzut	‹ 4.000

Tabelul 1.3 Mod de evaluare al volumului traficului zilnic

19. Dificultatea sarcinii de navigație: gradul de efort necesar din partea utilizatorului căii de circulație, ținând seama de informațiile aflate la dispoziția sa, pentru a selecționa calea sa de circulație şi pentru a menține sau schimba viteza sau poziția pe carosabil

NOTĂ: Ghidajul vizual aigurat de calea de circulație propriu-zisă face parte din aceste informații, a se vedea pct. 6 de mai sus.

18. Risc de agresiune: risc de agresiune din zona de circulație considerată, comparat cu riscul pentru ansamblul zonei înconjurătoare

NOTĂ: Ideal, acest parametru ar trebui să rezulte din statisticile legate de criminalitate, dar experiența arată că o abordare strict obiectivă este foarte dificilă.

19. Complexitatea câmpului vizual: ansamblul elementelor de iluminat şi alte elemente vizuale care apar în câmpul vizual al utilizatorului rutier şi care pot înşela, distrage, deranja sau indispune.

NOTĂ: Chiar dacă pot fi apropiate, anumite elemente de ghidaj vizual furnizate de calea de circulație şi mediu sunt susceptibile să jeneze percepția elementelor sau evenimente esențiale ca şi semafoarele sau schimbarea de direcție a celorlalți utilizatori. De exemplu, panouri publicitare, stâlpi, clădiri iluminate sau instalații sportive iluminate.

20. Nivel luminos ambiant: nivel de luminanță estimat al mediului înconjurător. Trebuie luate în considerare şi panourile publicitare luminoase amplasate pe marginea drumurilor.

NOTĂ: Se va evita pe cât posibil amplasarea panourilor publicitare luminoase pe marginea drumului. Dacă totuşi se aproba acest lucru, nivelul iluminării nu va depăşi cu mai mult de 1 clasă de iluminat nivelul iluminatului drumului respectiv.

21. Condiții atmosferice principale: condiții atmosferice care prevalează pe o perioadă de timp semnificativă.

22. Zonă de conflict: zonă de studiu în care se intersectează fluxuri de trafic motorizat sau se suprapun zone frecventate de diferite tipuri de utilizator. Sau când are loc schimbarea geometriei drumului, cum ar fi micşorarea benzilor de circulație, reducerea benzii de circulație sau a lățimii părții carosabile;

23. Iluminat unilateral: dispunerea stâlpilor pentru iluminat pe o singură parte a drumului;

24. Iluminat bilateral opus: dispunerea stâlpilor cu corpuri de iluminat pe ambele părti ale drumului, față in față;

25. Luminanță de voal: valoare care indică strălucirea de voal, suprapusă peste imaginea clară a scenei din fața observatorului. Datorită surselor de lumină ce imprastie lumina direct spre retina observatorului, creând senzația unui val stralucitor (strălucire de voal sau voal luminos);

27. Clasa de iluminat M (sau ME): clasa de iluminat destinată traficului Motorizat.

28. Clasa de iluminat C (sau CE): clasă de iluminat destinată zonelor de Conflict

1.2. Referințe

Documentele de referință prezentate mai jos sunt indispensabile pentru aplicarea prezentului ghid. Pentru referințele datate, doar ediția citată se aplică. Pentru referințele nedatate, ultima ediție a documentului se ia in considerare (cuprinzând şi eventualele amendamente) .

SR 13433:1999 – Iluminatul căilor de circulație. Condiții de iluminat pentru căi de circulație destinate traficului rutier, pietonal şi/sau cicliştilor şi tunelurilor/pasajelor subterane rutiere

SR CEN-TR 13201-1 Iluminat public. Partea 1: Selectarea claselor de iluminat

SR EN 13201-2 Iluminat public. Partea 2: Cerințe de performanță

SR EN 13201-3 Iluminat public. Partea 3: Calculul performanțelor

SR EN 13201-4 Iluminat public. Parte 4: Metode de măsurare a performanțelor fotometrice

CIE S 017 ILV International Lighting Vocabulary

CIE 23 International Recommandations for Motorway Lighting

CIE 88 Guide for the road tunnels and underpasses

CIE 93 Road Lighting as an Accident Countermeasure

CIE 115 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic

CIE 132 Design Methods for Lighting of Roads

CIE 140 Road Lighting Calculations

CIE 144 Road Surface and Road marking Reflection Characteristics

CIE 180 Road transport lighting for developing countries

CIE 189 Calculation of Tunel Lighting Quality Criteria

CIE 194 On Site Measurement of the Photometric Properties of Road and Tunnel Lighting

CIE 193 Emergency lighting in road tunnels

CIE TC 5.14 Maintenance of outdoor lighting systems

1.3. Surse de lumină utilizate în iluminatul rutier

Tipul sursei de lumină	Eficacitate (lm/W)	Durată estimată de viață (ore)	Coeficient de redare a culorilor (CRI)	Temperatura de culoare (K)	Utilizare pentru iluminat interior/exterior
Surse cu incandescență					
Bec standard, tip „A"	10–17	750–2500	98–100 (excelent)	2700–2800 (caldă)	Interior/exterior
Sursă cu halogen	12–22	2000–4000	98–100 (excelent)	2900–3200 (caldă - neutră)	Interior/exterior
Surse fluorescente					
Tuburi fluorescente	30–110	7000–24,000	50–90 (mediu - bun)	2700–6500 (caldă până la rece)	Interior/exterior
Surse fluorescente compacte (CFL)	50–70	10,000	65–88 (mediu - bun)	2700–6500 (caldă până la rece)	Interior/exterior
Surse cu descărcare în vapori					
Surse cu vapori de mercur la înaltă presiune	25–60	16,000–24,000	50 (slab-mediu)	3200–7000 (neutra pana la rece)	Exterior
Surse cu halogenuri metalice	70–115	5000–20,000	70 (bun)	3700 (rece)	Interior/exterior
Surse cu vapori de sodiu la înaltă presiune	50–140	16,000–24,000	25 (slab)	2100 (caldă)	Exterior
LED					
LED- uri cu lumină alb-rece	60–92	35,000–50,000	70–90 (mediu-bun)	5000 (rece)	Interior/exterior
LED-uri cu lumină alb caldă	27–54	35,000–50,000	70–90 (mediu-bun)	3300 (neutră)	Interior/exterior
Surse cu sodiu la joasă presiune	60–150	12,000–18,000	-44 (foarte slab)		Exterior

Tabelul 1.4 Clasificarea surselor de lumină

În Tabelul 1.4 am prezentat principalele caracteristici ale surselor ce pot fi utilizate în iluminatul rutier.

În Tabelul 1.5 sunt enumerate principalele caracteristici ce trebuie îndeplinite de sursele utilizate în iluminatul rutier. Luând în considerare acestea, rezultă sursele utilizate in iluminatul rutier: surse cu vapori de sodiu la înaltă presiune, surse cu halogenuri metalice, surse cu vapori de mercur la înaltă presiune, surse fluorescente şi surse cu LED.

Caracteristici lampi	Importanta
Eficacitate luminoasă	¤ ¤ ¤ ¤
Flux luminos	¤ ¤ ¤
Temperatura de culoare	¤ ¤
Coeficient de redare a culorilor	¤
Durata economică de viață	¤ ¤ ¤ ¤

Tabelul 1.5 Caracteristicile surselor de iluminat

În momentul de față, ținând cont de caracteristicile şi cerințele de mai sus, recomandarea este utilizarea surselor cu vapori de sodiu la înaltă presiune, ele având cel mai bun raport calitate-caracteristici/preț.Aceste surse sunt urmate de sursele cu halogenuri metalice.

Referitor la sursele cu tehnologie LED trebuie făcute următoarele precizări:

- Tehnologia este în dezvoltare, nu a ajuns la maturitate.

- Preţurile de achiziţie sunt în acest moment încă ridicate.

- Eficienţa energetică este mai slabă decât a surselor cu sodiu la înaltă presiune.

- Deşi există un trend în acest moment în achiziţia tehnologiilor noi, trebuie să tratăm cu atenţie sporită aceste achiziţii, datorită prezenţei pe piaţă a produselor neconforme şi de proastă calitate.

Dacă însă utilizarea corpurilor de iluminat cu surse de lumină având tehnologie LED îndeplineşte condiţiile impuse de SR EN 13201-2 şi se constată acest lucru şi în urma măsurărilor efectuate conform SR EN 13201-4, aceasta poate fi o soluţie pentru iluminatul căilor de circulaţie.

ATENŢIE! Afirmaţiile de mai sus sunt valabile în momentul elaborării prezentului ghid. Tehnologia fiind în evoluţie permanentă, apreciem că preţurile pentru această tehnologie vor scădea şi vor fi rezolvate problemele tehnice existente o dată cu evoluţia pozitivă a eficienţei luminoase a acestui tip de surse.

Aplicaţii pentru corpurile de iluminat echipate cu surse cu LED:

- Aplicaţii ce necesită un control foarte bun al surselor (semne de circulaţie dinamice, ...)
- Aplicaţii speciale cum ar fi iluminatul rutier pentru zonele speciale, cu acces dificil la reţeaua energetică

națională (acest caz va fi prezentat în capitolul energii neconvenționale)
- Iluminatul arhitectural pentru lucrările de artă.

1.4. Iluminat rutier pentru căile de circulație

1.4.1. Soluții de amplasare pentru sistemele de iluminatul rutier:

Unilateral (o singură parte a drumului).

Este cea mai favorabilă aranjare a corpurilor de iluminat din punct de vedere economic. Trebuie ținut cont de următoarele lucruri atunci când se utilizează această dispunere a corpurilor de iluminat: calculele pentru dimensionarea sistemului de iluminat trebuie să se realizeze pe ambele sensuri de mers, separat, condițiile impuse de standard trebuie îndeplinite pe ambele sensuri de mers şi de asemenea, trebuie să se țină cont de orientarea vizuală în dispunerea stâlpilor (vezi Figura 1.5).

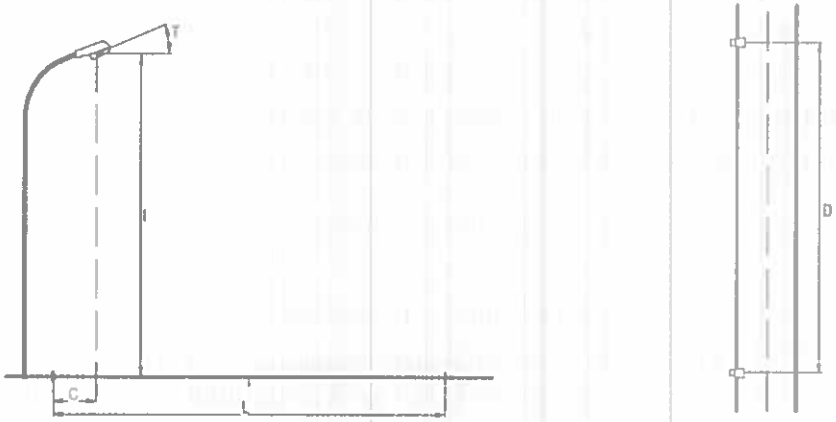


Fig.1.5 Amplasarea iluminatului unilateral

Bilateral alternant: stâlpii pe care sunt amplasate corpurile de iluminat sunt amplasați pe cele două laturi ale drumului, în zig-zag. Trebuie să se acorde o atenție deosebită uniformității luminanței pentru a se evita alternarea zonelor luminate cu cele întunecate.

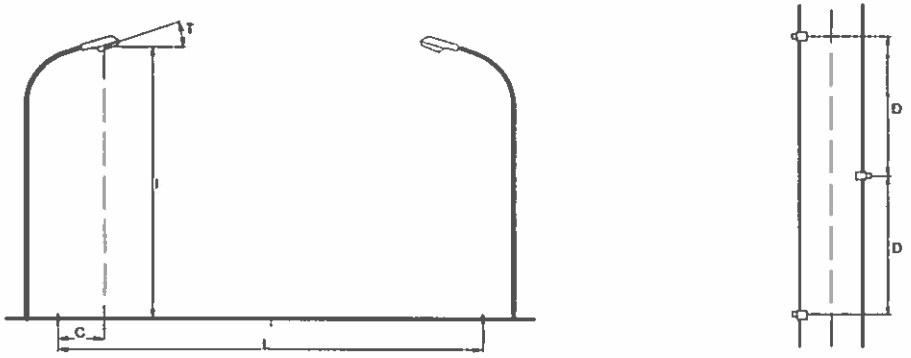


Fig.1.6 Amplasarea iluminatului bilateral alternat

Bilateral față în față (opus): stâlpii pe care sunt amplasate corpurile de iluminat sunt amplasați pe ambele părți ale drumului, față în față. Se recomandă în special atunci când lățimea drumului este mare.

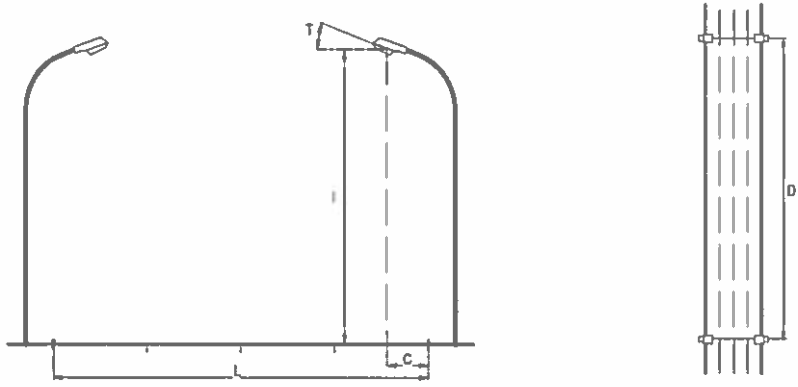


Fig.1.7 Amplasarea iluminatului bilateral față în față

Suspendat: se utilizează în special atunci când lățimea drumului este mică şi prezența clădirilor sau a vegetației abundente nu permite amplasarea stâlpilor sau a corpurilor de iluminat pe stâlpi.

Central, cu brațe duble sau dublu central: corpurile de iluminat se montează cu ajutorul stâlpilor în zona mediană dintre sensurile de mers. Poate fi considerat un sistem unilateral pentru fiecare sens de mers (Figura 1.8).

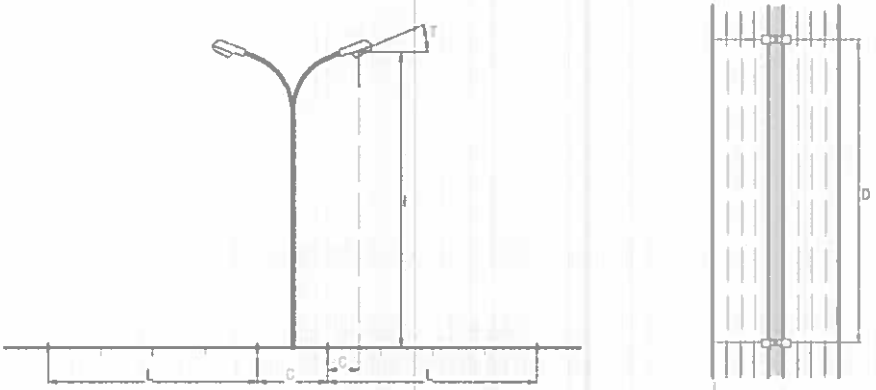


Fig.1.8 Amplasarea iluminatului central

Combinat – central cu brațe duble şi față în față: poate fi considerat iluminat bilateral alternant pentru fiecare sens de mers. Aceasta soluție se utilizează în zonele de autostradă cu lățimi foarte mari – mai mult de 3 benzi pe sens.

Catenar: corpurile de iluminat sunt suspendate pe cabluri de oțel întinse între stâlpii amplasați în zona mediană dintre sensurile de mers. Metoda se poate utiliza în special pentru autostrăzile mai înguste, cu 2 benzi pe sens. Alegerea amplasării corpurilor de iluminat cade în sarcina proiectantului, ținând cont de cerințele şi restricțiile existente în zona respectivă.

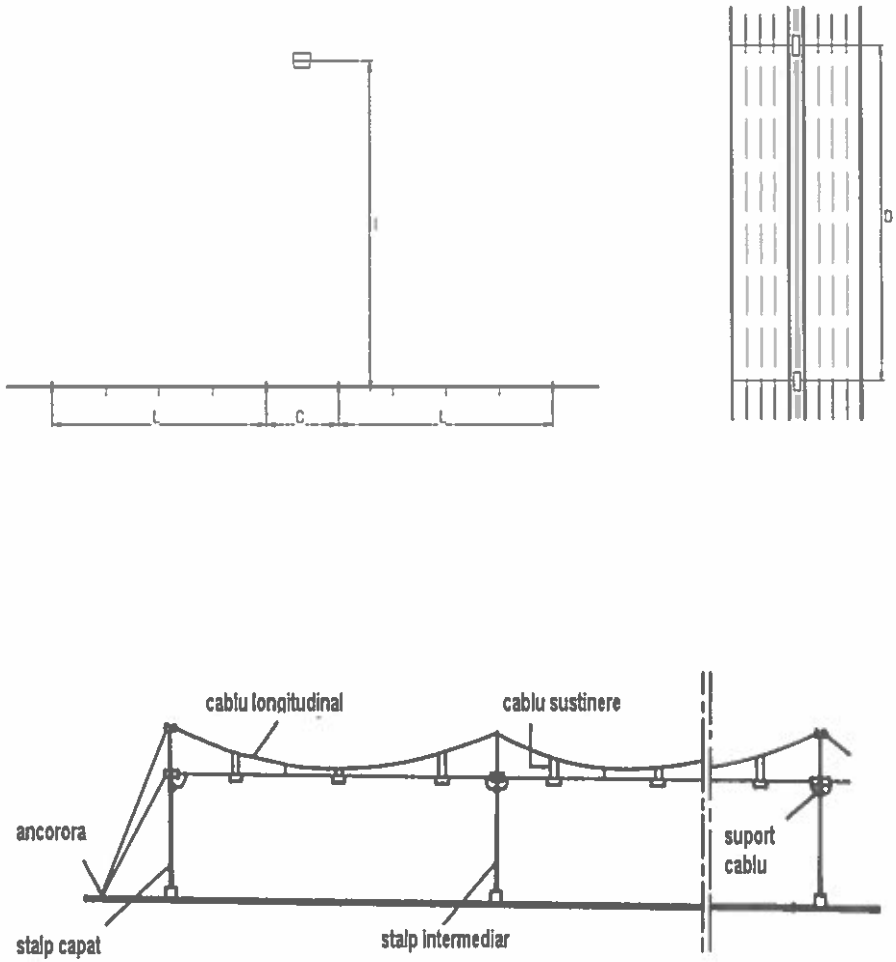


Fig.1.9 Amplasarea iluminatului catenar

Aşa cum au fost definite şi cum se poate vedea în figura de mai jos, sunt diferite sisteme care se potrivesc diferitelor tipuri de situații. Alegerea modului de dispunere a corpurilor de iluminat ține de proiectant şi este condiționat de prevederile expuse

succint în acest ghid precum şi de restricţiile date de configuraţia terenului şi a drumului, în urma unei analize tehnico-economice.

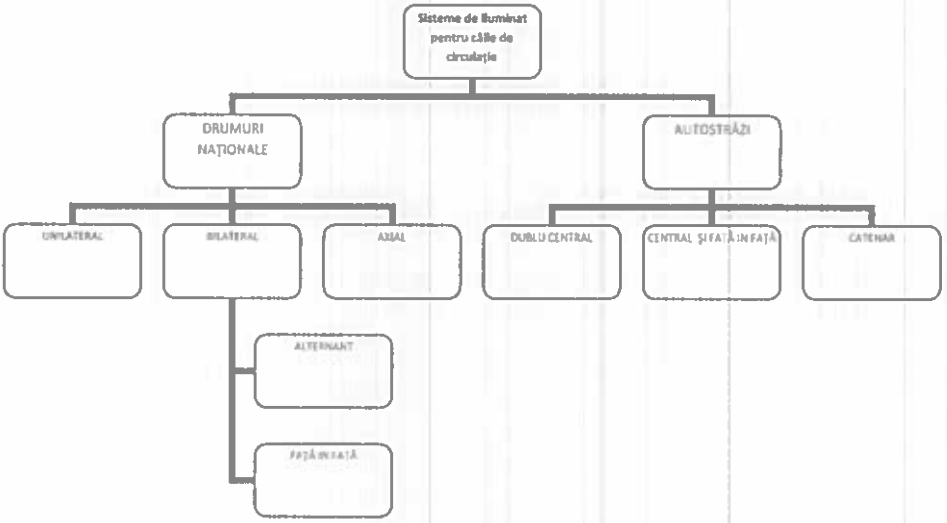


Fig.1.10 Clasificarea sistemelor de iluminat pentru căile de circulaţie

1.4.2. Alegerea claselor de iluminat

A. Prezentarea Standardului SR EN 13201

Standardul SR EN 13201 are 3 părţi principale, numerotate de la 2 la 4.

1. Partea 1 a fost adoptată ca şi raport tehnic CEN/TR 13201 şi se ocupă de alegerea claselor de iluminat.

2. Partea SR EN 13201-2:2008 este dedicată Cerinţelor de performanţă.

Sunt definite clasele de iluminat funcție de performanțele fotometrice ce trebuie menținute în timp. Este de fapt prima parte a standardului şi introduce noțiunile de ***clase de iluminat*** şi situațiile de iluminat identificate. Noțiunile nu sunt noi, acestea au fost folosite de CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) în rapoartele tehnice CIE 115: 1999, 2011 şi CIE 136: 2000 precum şi în standardul român SR 13344:1999. Noutatea adusă de acest standard este obligativitatea menținerii parametrilor fotometrici calitativi şi cantitativi pe toată durata de viață a sistemului de iluminat. De asemenea, se aminteşte obligativitatea utilizării acestei părți împreună cu părțile 3 şi 4 pentru un calcul riguros şi măsurarea rezultatelor obținute şi menținute.

Clasele de iluminat M sau ME, sunt clase de iluminat destinate traficului motorizat şi se bazează pe luminanță (însemnând cantitatea de lumină reflectată de suprafața drumului către ochiul şoferului) şi de asemenea pe mărimile calitative asociate (Uniformitatea generală a luminanțelor **U0**, uniformitatea longitudinală **Ui**, pragul de orbire fiziologica **TI**, ...) în condiții atmosferice normale (drum uscat).

Pe de altă parte, ***clasele MEW*** sunt propuse pentru drumuri a căror suprafață este udă sau umedă o perioadă semnificativă în orele în care este întuneric.

Clasele de iluminat C sau CE, se bazează pe nivelul de iluminare, adică pe cantitatea de lumină care ajunge la suprafața drumului. Se aplică în cazurile în care calculul şi/sau măsurarea luminanțelor este greoaie ori imposibilă: în cazul intersecțiilor, sensurilor giratorii, atunci când distanța de observare este mai mică de 60m, treceri de pietoni şi alte zone de risc, când drumul este utilizat de mai multe categorii de utilizatori.

Clasele S şi A se adresează drumurilor cu viteza de deplasare redusă (pietoni şi ciclişti în special) şi nu intra în obiectul acestui material.

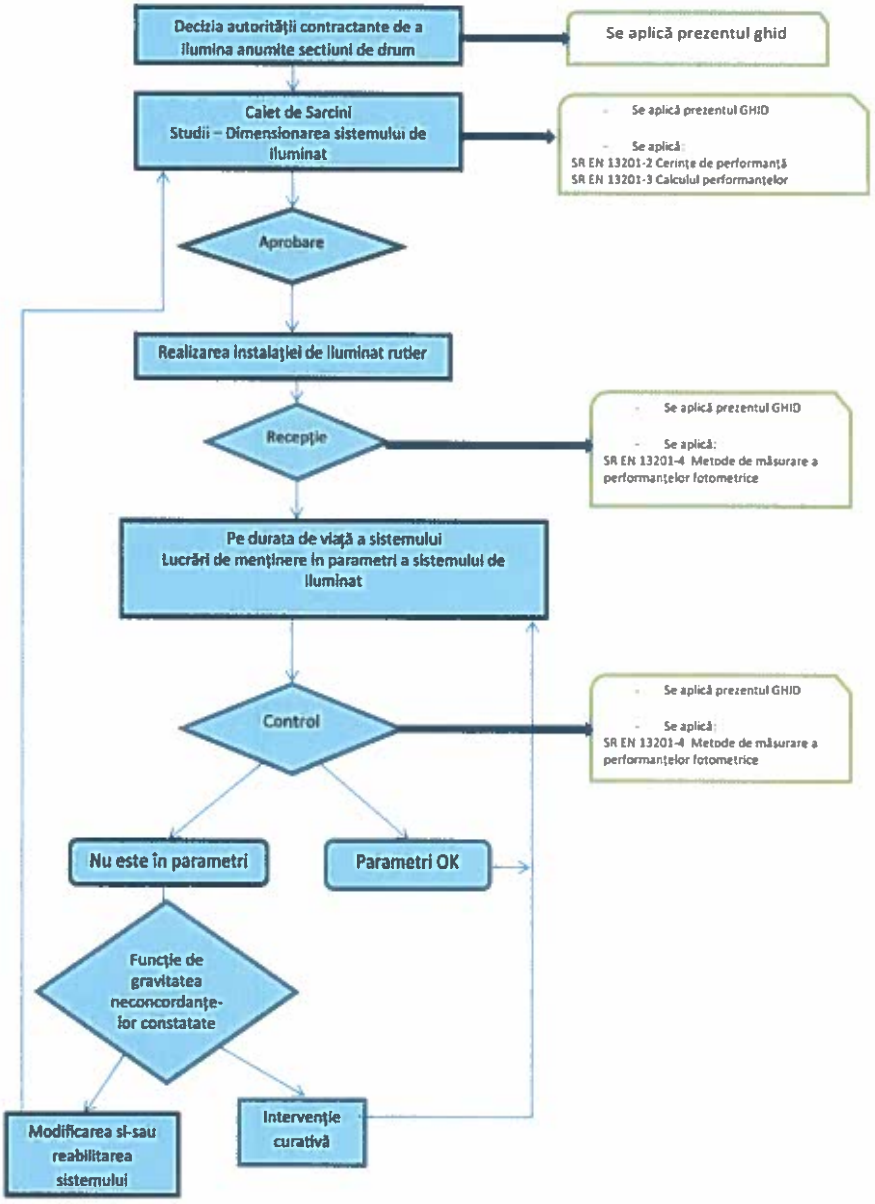
3. Partea SR EN 13201-3 descrie convenţiile şi procedurile matematice adoptate pentru calculul performanţelor fotometrice pentru sistemele de iluminat rutier. Această parte a standardului a pornit de la raportul tehnic CIE 140:2000 al CIE. Defineşte de asemenea poziţia observatorului faţă de zona de calcul şi grila de calcul utilizată cu numărul de puncte şi dispunerea acestora în vederea realizării calculelor.

4. Partea a patra a SR EN 13201-4:2008: Metode de măsurare a performanţelor fotometrice abordează metodele utilizate pentru măsurările fotometrice. Această parte a standardului tratează convenţiile şi procedurile legate de măsurările fotometrice destinate să:

- realizeze controlul *in situ*, după punerea în funcţiune a sistemului de iluminat pentru valorile calculate conform SR EN 13201-3;
- Verificarea performanţelor fotometrice periodic, pe toată durata de viaţă a sistemului de iluminat, comparând valorile cu cele impuse ca valori minime menţinute conform SR EN 13201-2;

În continuare prezentăm o schemă logică pentru aplicarea ghidului şi standardelor în diferitele etape ale vieţii sistemelor de iluminat rutier (figura 1.11).

Fig. 1.11 Schemă logică pentru aplicarea ghidului şi standardelor în diferitele etape ale vieţii sistemelor de iluminat rutier



B. O metodă de aplicare a prevederilor ghidului

O metodă de aplicare a ghidului pentru sistemele de iluminat rutier pentru rețeaua de drumuri naționale:

- Se defineşte zona de studiu.
- Se determină situația de iluminat adecvată
- Se alege clasa de iluminat
- Se verifică continuitatea între diferite zone adiacente

Prezentăm în continuare o metodă simplă pentru o mai bună înțelegere a modului de realizare a iluminatului rutier. Aceasta se referă la drumurile descrise în SR EN 13201, metoda putând fi aplicată şi în cazurile particulare de iluminat prezentate în acest ghid, utilizând regulile şi recomandările specificate.

Proiectanții vor ține cont de materialele utilizate la construcția drumului, acestea influențînd rezultatele obținute in urma iluminării. Coeficientul de reflexie şi proprietățile reflectante sunt prezentate in anexa 3.

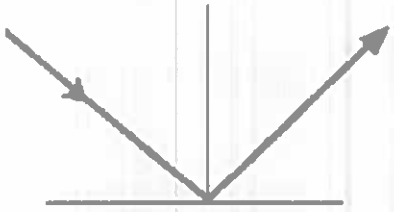


Fig.1.12. reflexie ideală – raza de lumină incidentă este reflectată in totalitate sub un unghi egal cu cel de incidență

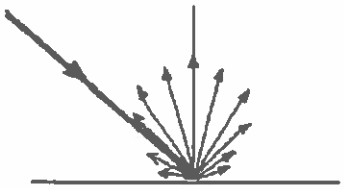


Fig. 1.13. Reflexie difuză –caz ideal

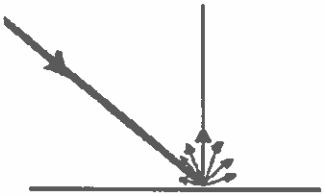


Fig. 1.14. Reflexie din materiale absorbante. Cea mai mare parte a luminii este absorbită.

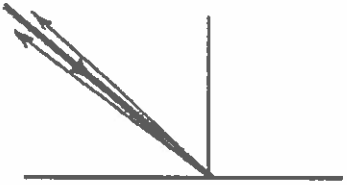


Fig. 1.15.Reflexie pe aceeasi direcție cu raza de lumină incidentă

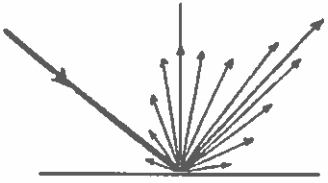
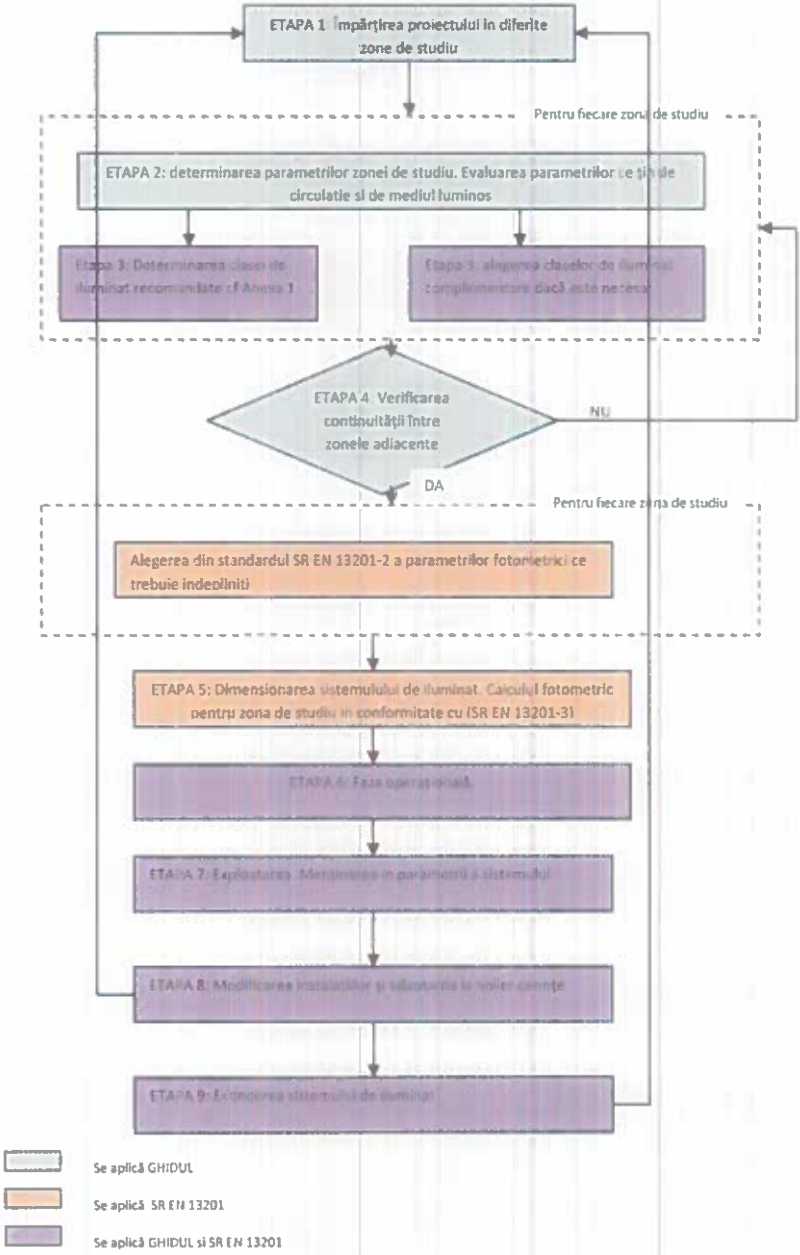


Fig. 1.16. Reflexie reală.

Coeficienții de reflexie țin cont de reflexia reală in funcție de materialele utilizate. A se vedea Anexa 3.

Fig. 1.17 Schema logică: o metodă de aplicare a prevederilor ghidului pentru proiectanți



Etapa 1: Descompunerea în zone de studiu

În prima fază se defineşte zona de proiect şi aceasta se descompune în zone de studiu. Zona de studiu este o parte din zona de proiect aleasă (proiect de reabilitare a instalațiilor existente sau proiect nou) caracterizată de condiții omogene de utilizare şi/sau mediu (această noțiune înglobează infrastructura, nivelul şi natura traficului, marginile şi vecinătățile, nivelul luminos ambiant) pentru care se ia decizia de iluminat.

Etapa 2: Descrierea contextului pentru zona de studiu.

Contextul este definit de parametrii care descriu circulația autovehiculelor şi mediul în care se desfăşoară circulația:

- *Parametrii legați de circulație:* cazul ideal de la care se pleacă este cel al drumului cu sensuri de mers separate fizic printr-o zonă mediană, considerată situație de referință pentru alegerea claselor de iluminat. Pentru drumurile cu două sensuri de mers fără separarea fizică , se va alege o clasă de iluminat superioară deoarece necesitățile în privința iluminatului sunt mai ridicate.

În paralel cu separarea fizică a sensurilor de mers, trebuie luați în considerare încă 2 parametri: zonele de risc şi densitatea nodurilor rutiere:

- *Zone de risc:* dacă densitatea acestora este mai mică de 3/km, este obligatorie tratarea specială a zonelor de risc, fiecare în parte. Dacă densitatea acestora este mai mare de 3/km, se va ilumina întreaga zonă ținându-se cont de tipul şi

caracteristicile zonelor de risc. Se poate alege o clasă de iluminat superioară sau o clasă de iluminat complementară aşa cum sunt definite în SR EN 13201-2

- *Densitatea punctelor de schimb sau a nodurilor rutiere:* densitatea ridicată a nodurilor rutiere poate creşte dificultatea navigației, rezultând un parametru privind dificultatea navigației „RIDICAT".

- *Parametrii legați de mediul luminos:* dacă nivelul luminos al mediului ambiant este ridicat, cerințele pentru iluminarea căii de circulație cresc de asemenea.

  Ex: Dacă avem o cale de circulație de tip A (cf SR EN 13201-2 şi CEN/TR 13201-1) ce traversează o zonă comercială iluminată (cu semne luminoase, reclame, parcări luminate) considerăm că avem un nivel luminos ambiantal ridicat. Dacă acelaşi drum străbate o zonă puțin populată, fară influențe luminoase, considerăm nivelul luminos ambiental scăzut sau mediu, după caz.

Etapa 3: Selecția clasei de iluminat

- *Principiul selecției clasei:* se selectează situația de iluminat conform CEN/TR 13201-1, cap.5 în funcție de viteza utilizatorului principal şi de tipurile de utilizatori din aceeaşi zonă de studiu, după care se utilizează tabelele din anexa A a aceluiaşi document. Pentru a uşura selectarea clasei de

iluminat se poate utiliza formularul din anexa 1 , alegerea realizânde-se cu formula:

ME= 6-Vws

- *Alegerea unei clase de iluminat complementare:* în funcție de sarcina vizuală şi necesitatea iluminării verticale se poate alege o clasă de iluminare complementară (Ex: CE1 –EV 3, CE2 – EV4, CE3-EV5)

Etapa 4: Verificarea continuității cu zonele adiacente.

Diferențele brutale de iluminare trebuie evitate. Zone adiacente sunt considerate zonele succesive sau zonele învecinate în profil transversal (exemplu: zona de circulație şi banda de oprire de urgență)

- *Diferențe între două zone adiacente iluminate:* diferențele între clasele de iluminat adiacente nu poate fi mai mare de 2 clase de iluminat (Ex: dacă clasa de iluminat pentru o zonă de studiu este ME1, zona adiacentă nu poate fi în clasa ME4. Se alege clasa superioară - de ex ME3). Referitor la clasele de iluminat CE, se recomandă ca şi corespondență între clasele de iluminat să fie la acelaşi nivel (CE1 – ME1 sau CE3-ME3), (rezultând clasa admisă pentru vecinătatea cu o zona ME1 poate fi CE1, CE2 sau CE3)

- *Diferențe între zone iluminate şi zone de intuneric:* trebuie să se țină sema neapărat de trecerea de la întuneric la lumină şi invers, în strânsă legătură cu

posibilitatea ochiului uman de a se adapta la fluctuații ale luminii. Din aceste considerente în cazul în care o zonă întunecată este învecinată cu o zonă iluminată, zona iluminată va fi cel mult în clasa ME3 pentru luminanță sau CE3 dacă vorbim de iluminare orizontală. Dacă clasa de iluminat este superioară claselor ME3 sau CE3, se va realiza o zonă de tranziție cu lungimea minimă de 100m respectând regula claselor de iluminat pentru zone adiacente.

Distanța de 100m a fost calculată având la bază timpul de adaptare al ochiului uman la mediu de cca 3 secunde la viteza de 130km/h

Etapa 5: Dimensionarea instalației

- *Deprecierea sau îmbatrânirea instalației:* a se vedea capitolul ***Menținerea sistemelor de iluminat***, unde sunt tratate pe larg aceste aspecte. Menționăm că în faza de proiect trebuie să se țină cont obligatoriu de factorul de menținere al corpului de iluminat şi al sursei de lumină. Acest factor este direct influențat de: mediul existent în zona drumului (poluarea chimică a aerului, agresivitatea mediului, etc), condițiile climatice (ninsoare, mediu sărat, umiditate excesivă, expunerea la ultraviolete, etc), natura materialelor utilizate (gradul de protectie la praf şi apă IP, prezența difuzorului, tipul de aparataj, etc), tipul sursei de lumină utilizate (durată de viață specifică, sensibilitatea la diferențe de temperatură, poziție de funcționare, sensibilitate

la vibrații, etc), frecvența operațiunilor de mentenanță (înlocuiri, curățare, etc). Factorul de menținere poate fi optimizat utilizând materiale de calitate adecvate mediului şi un program de mentenanță corespunzător, reducând-se astfel cheltuielile inițiale.

- *Calculul fotometric de dimensionare a instalației:* calculele se realizează conform SR EN 13201-3 „Calculul performanțelor" cu ajutorul programelor specializate. Se recomandă utilizarea programelor de calcul neutre, dezvoltate de instituții independente şi nu cele create de producătorii de echipamente care pot fi subiective. Metodele de calcul presupun calcularea:
    - Luminanțelor
    - Uniformitatea luminanțelor
    - Iluminarea orizontală şi eventual verticală
    - Uniformitatea iluminării orizontale
    - Indicele **TI**
    - Raportul de zona alăturată **SR**

Calculele trebuie realizate ținând cont de cerințele din SR EN 13201-2 şi luând în considerare factorii de menținere pentru corecție. Unele programe de calcul permit introducerea factorilor de menținere, rezultatul final fiind corectat cu aceşti factori.

Etapa 6: Faza operațională

- *Realizarea instalației de iluminat rutier:* se va ține cont de normele în vigoare pentru proiectarea instalațiilor electrice, de standardul privind stâlpii destinați iluminatului public, regulile arhitectonice speciale dacă există.

- *Recepția instalației de iluminat:* din punct de vedere fotometric, recepția se realizează conform SR EN 13201-4 „Metode de măsurare a performanțelor fotometrice", de către firme specializate şi se certifică printr-un raport de măsurări. Acest raport ține seama, pe lângă mărimile fotometrice şi de tensiunea de alimentare, temperatura mediului ambiant, condițiile climatice (umezeală, ploaie) şi de starea părții carosabile. De reținut este faptul că se recomandă pentru realizarea măsurărilor utilizarea aceleaşi grile care a fost folosită pentru calcule conform SR EN 13201-3.

De asemenea, la recepția instalațiilor, ***cartea instalației*** care se predă la semnarea procesului verbal de recepție trebuie să conțină procesele verbale pentru lucrări ce devin ascunse, buletinele de conformitate pentru materialele utilizate (cutii de distribuție, conectori şi contactori, cabluri şi conductori, betoane, tuburi de protecție, stâlpi, corpuri de iluminat, dispozitive de comandă şi control, etc.) precum şi buletinele de încercări solicitate prin alte normative specifice (Ex: buletine de încercări pentru rezistența la împământare, buletin de încercări pentru betoane, etc).

Etapa 7: Faza de exploatare

- *Menținerea instalațiilor:* așa cum am amintit de câteva ori în acest material, parametrii fotometrici din SR EN 13201-2 au valori minime menținute. Parametrii nu trebuie să coboare sub aceste valori pe durata de viață a sistemului. La fel ca și la recepția instalațiilor, periodic trebuie verificați parametrii fotometrici ai zonei de studiu. Se recomandă ca intervalul dintre verificări să nu fie mai mare de 2 ani. Menținerea parametrilor presupune un plan coerent de menținere în parametrii a sistemului, metoda recomandată fiind ***întreținerea preventivă***.

Ca exemplu, putem menționa intervalele de intervenție recomandate:

- Controlul iluminatului (luminanței sau iluminării, dupa caz) la 2 sau 3 ani
- Schimbarea sistematică a surselor (funcție de tipul sursei: sodiu la înaltă presiune la 4 ani, iodura metalică 3 ani, etc) la 3 sau 4 ani
- Curățarea elementelor optice ale corpului de iluminat (difuzor, reflector – eventual, funcție de gradul de protecție IP) 1 an sau funcție de factorul de menținere ales pentru calcule.
- Proiectantul ar trebui să pună la dispoziție planul de întreținere a sistemului de iluminat.
- Controlul stabilității stâlpilor la 6 ani.

- Controlul prizelor de împământare la 2 ani.

Sursa: Guide de la maintenance des installations d eclairage public [Certu, 1996]

Etapa 8: Modificări în exploatarea instalațiilor

Pe durata de viață a sistemului de iluminat public, pot să apară cerințe noi, modificări importante ale parametrilor luați în calcul inițial ce determină încadrarea zonei de studiu intr-o altă clasă de iluminat. Aceste modificări impun modificarea instalației de iluminat prin reabilitare, extindere sau reconstrucție. Se vor parcurge aceleaşi etape descrise în acest ghid pentru găsirea celei mai bune soluții.

Etapa 9: Extinderea instalației

Eventualele extinderi ale instalațiilor de iluminat se vor trata ca zone de studiu noi, ținânduse cont de toate recomandările prezentului ghid.

CAPITOLUL II
Iluminatul zonelor de risc rutier şi al zonelor speciale

Considerații generale asupra sistemelor de iluminat a zonelor de risc

Zonele de risc reprezintă, din punctul de vedere al iluminatului, acele zone aparținând arterelor de circulație în care sarcina vizuală este crescută şi determină posibilitatea de apariție a accidentelor. În continuare sunt prezentate în detaliu particularitațile fiecarei zone de risc.

Există anumite considerații ce privesc toate zonele de risc:

- este recomandată limitarea vitezei de circulație în apropierea zonei de risc – cel puțin pentru unul dintre participanții la conflict
- este obligatorie iluminarea arterei de circulație aflată între două zone de risc atunci când cele două zone se află pe parcursul a mai puțin de 1 km
- atunci când există diferențe între două zone adiacente cu mai mult de o clasă de iluminat (exemplu M1 şi M4) se introduce o zonă de tranzit de 150m în care se realizează adaptarea vizuală.
- este necesară o corelare a sistemului de iluminat a zonelor de risc cu celelalte existente în zonă – rutier, arhitectural, publicitar etc.

În cadrul sistemelor de iluminat aferente zonelor de risc pot fi implementate ***sisteme de telemanagement*** ce permit

varierea fluxului luminos pe intervale orare în care traficul este scăzut. Valorile parametrilor luminotehnici se aleg pe baza studiilor de trafic conform claselor de luminanță.

Implementarea acestor sisteme inteligente este o decizie economică ce trebuie să aibe la bază un calcul de rentabilitate. În practică acestea se realizează cu preponderență la noduri rutiere de dimensiuni mari ce au diferențe sensibile de trafic în anumite intervale orare / anuale sau în stații de taxare ori la trecerile de frontieră.

2.1. Iluminatul trecerilor de pietoni

Trecerile de pietoni se regăsesc pe drumurile naționale, în principiu în interiorul localităților sau în cazuri speciale în dreptul parcărilor. În aceste zone este obligatoriu din punctul de vedere al iluminatului ca viteza de circulație în zonă sa fie limitată la maxim 50 km/h conform legislatiei rutiere.

Sistemul de iluminat în zonă trebuie să asigure următoarele cerințe speciale :

- drumul național ce este traversat de trecerea de pietoni trebuie să fie iluminat conform standardului SR EN 13201 pe o distanță de minim 200 m înainte şi după locul trecerii de pietoni
- în zona trecerii de pietoni trebuie asigurat un nivel mai mare cu 50% față de nivelul de iluminare al arterei de circulație
- dirijarea fluxului luminos trebuie realizată astfel încât pietonul să poată fi observat
- este recomandată schimbarea culorii luminii

- este recomandată amplasarea de markere cu lumină intermitentă pentru avertizarea conducătorilor auto
- amplasarea aparatelor de iluminat trebuie realizată conform schemelor prezentate în Figura 2.1, sau în așa fel încât să se obțină contrastul necesar observării obstacolelor posibile.

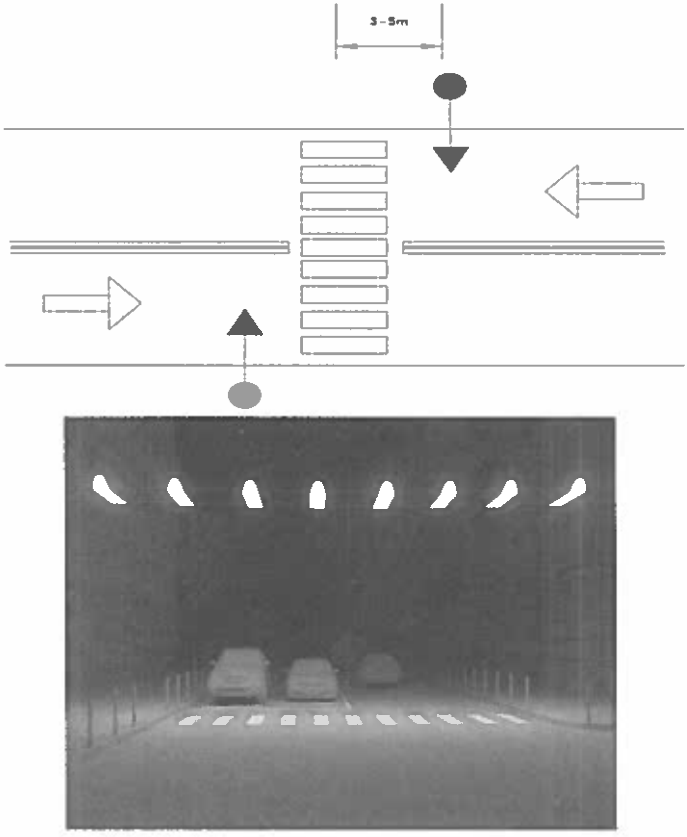


Fig. 2.1 Amplasarea aparatelor de iluminat la trecerile de pietoni

Când nivelul de luminanță este destul de crescut, este posibil să se poziționeze aparatele obișnuite de iluminat public, astfel încât, să asigure un contrast negativ bun, pietonii fiind vizibili ca siluete întunecate pe un fundal luminos.

Iluminatul local cu aparate de iluminat suplimentare este analizat în cele ce urmează. Obiectivul este de a lumina direct pietonii care se află pe trecere sau lângă trecerea de pietoni şi de a atrage atenția conducătorilor auto asupra prezenței trecerii de pietoni.

Tipul aparatelor de iluminat suplimentare, amplasarea şi orientarea acestora față de trecerea de pietoni trebuie să se facă astfel încât să se obțină un contrast pozitiv şi să nu determine o strălucire supărătoare pentru şoferi. O soluție este montarea de aparate de iluminat la mică distanță înainte de trecerea de pietoni din direcția de deplasare a traficului şi orientarea luminii către trecere. Pentru drumurile cu dublu sens se montează un aparat de iluminat înainte de trecerea de pietoni pe fiecare direcție a traficului. Sunt adecvate aparatele de iluminat cu distribuție asimetrică.

Având în vedere importanța funcționării sistemului de iluminat în zonele de risc prezentul ghid recomandă instalarea unui sistem electronic de detectarea defectelor şi anunțarea acestora printr-o comunicare în sistem GSM către dispecerat, în vederea soluționării problemei apărute în termen de 24 ore.

2.2. Iluminatul trecerilor la nivel cu cale ferată

Trecerile la nivel cu calea ferată reprezintă intersecții între drumuri naționale şi un traseu de cale ferată.

Intersecțiile pot fi dotate cu bariere sau doar semnalizate luminos sau prin indicatoare rutiere.

Indiferent de modalitatea de semnalizare sistemul de iluminat în zonă trebuie să se asigure următoarele ***condiții speciale***:

- drumul național ce este traversat de calea ferată trebuie să fie iluminat conform standardului SR EN 13201 pe o distanță de minim 200 m înainte şi după locul trecerii la nivel cu calea ferată.
- în zona trecerii la nivel trebuie asigurat un nivel mai mare cu 50% față de nivelul de iluminare al arterei de circulație.
- dirijarea fluxului luminos trebuie realizată astfel încât zona de întersecție să poată fi observată.
- este recomandată schimbarea culorii luminii.
- este recomandată amplasarea de markere cu lumină intermitentă pentru avertizarea conducătorilor auto.
- amplasarea aparatelor de iluminat trebuie realizată conform schemelor prezentate în Figura 2.2 : (Figură preluată din Manualul de Instalații - Instalații Electrice şi de Automatizare 2002).

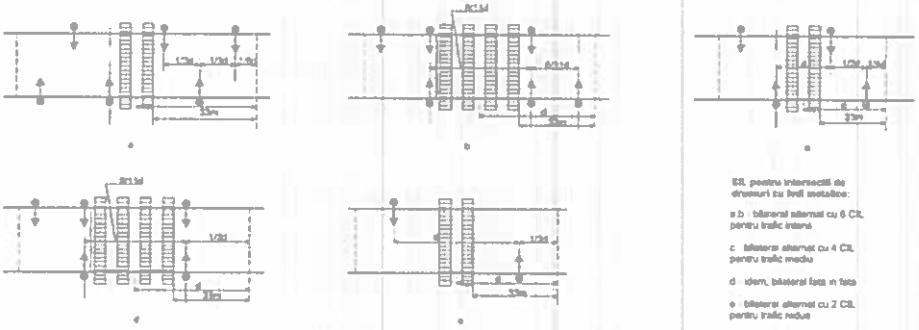


Fig. 2.2 Amplasarea aparatelor de iluminat pentru intersecții de drumuri cu linii metalice

Având în vedere importanța funcționării sistemului de iluminat în zonele de risc prezentul ghid recomandă instalarea unui sistem electronic de detectarea defectelor şi anunțarea acestora printr-o comunicare în sistem GSM către dispeceratul ce este dotat cu o maşină de intervenție în vederea soluționării problemei apărute în termen de 24 ore.

2.3. Iluminatul intersecțiilor de drumuri naționale precum şi între drumurile naționale şi alte drumuri publice intersectate

Intersecțiile drumurilor naționale sunt zone extrem de importante din punctul de vedere al iluminatului. Atenția participanților la trafic privind apropierea de o intersecție de drumuri naționale se realizează prin :

- creşterea nivelului de iluminare cu 50% față de nivelul cel mai crescut dintre arterele ce intră în acea intersecție

- pentru orientare se pot folosi culori diferite ale surselor de lumină
- nivele de iluminare ce trebuie atinse sunt exprimate în standardul SR-EN 13201 partea 2 pag 9 sub forma claselor CE între CE0 şi CE5, cu cerințe între 50 lx şi 7,5 lx iluminarea medie menținută. Alegerea clasei se face cu o treaptă mai sus față de treapta arterei cu condițiile cele mai restrictive.
  Exemplu : intersecție între o arteră cu clasa ME2 şi o arteră cu clasa ME4 – întersecția se calculează pentru clasa CE1.
- amplasarea stâlpilor se face cât mai aproape de colțurile intersecției iar în cazul soluțiilor unilaterale se preferă amplasarea pe partea dreaptă a drumului către intrarea în intersecție.
- toate arterele ce intră sau ies din intersecție trebuie iluminate pe o distanță de minim 150m de la intrarea/ieşirea din/în intersecție.

Clasa de iluminat	Iluminarea medie pentru toată suprafața utilizată E în lx	Uniformitatea iluminării U0 (E)	TI factor de orbire	
			Viteza mare şi moderată	Viteza mică şi foarte mică
CO	50	0,40	10	15
C1	30	0,40	10	15
C2	20	0,40	10	15
C3	15	0,40	15	20
C4	10	0,40	15	20
C5	7,5	0,40	15	25

Tabelul 2.1: Conditiile solicitate pentru îndeplinirea criteriilor claselor C

Modalitatea de alegere a claselor de iluminat a zonelor de risc este următoarea:

- se calculează un indice de evaluare cu ajutorul Anexei 1 în funcție de parametrii specifici ai zonei respective

Pentru determinarea clasei de iluminat C, se ia punctajul indicelul de evaluare obținut cu ajutorul tabelului de mai sus. Indicativul clasei de iluminat este calculat apoi ca :

Numărul de iluminat clasa C = 6 – Vws

Selectarea atentă a valorilor corespunzătoare va da numere de clasă între 0 şi 5. Dacă rezultatul nu este un număr întreg, se utilizează următorul număr întreg mai mic. Pentru zonele de risc, luminanța este criteriul de proiectare recomandat. Cu toate acestea, în cazul în care se vizează distanțe scurte şi alți factori împiedică utilizarea unor criterii de luminanță, iluminarea poate fi utilizată pentru o parte a zonei de risc sau întreaga zonă. Corespondența dintre luminanță şi iluminarea medie orizontală depinde de reflectanța suprafeței drumului, criteriu reprezentat de valoarea q0. Tabelul de mai jos prezintă relația dintre clasele M şi clasele C pentru 3 valori ale q0.

Clasa de iluminat a drumului M			**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**
Luminanța medie L în cd/m2			2,0	1,5	1,0	0,75	0,50	0,30
Clasa de iluminat C dacă q0 = 0,05 cd/m2/lx			CO	C1	C2	C3	C4	C5

Iluminarea medie E în lx			50	30	20	15	10	7.5
Clasa de iluminat C dacă q0 = 0,07 cd/m2/lx		CO	C1	C2	C3	C4	C5	
Iluminarea medie E în lx		50	30	20	15	10	7.5	
Clasa de iluminat C dacă q0 = 0,09 cd/m2/lx	CO	C1	C2	C3	C4	C5		
Iluminarea medie E în lx	50	30	20	15	10	7,5		

Tabelul 2.2: clase comparabile M şi C pentru diferite valori ale q0

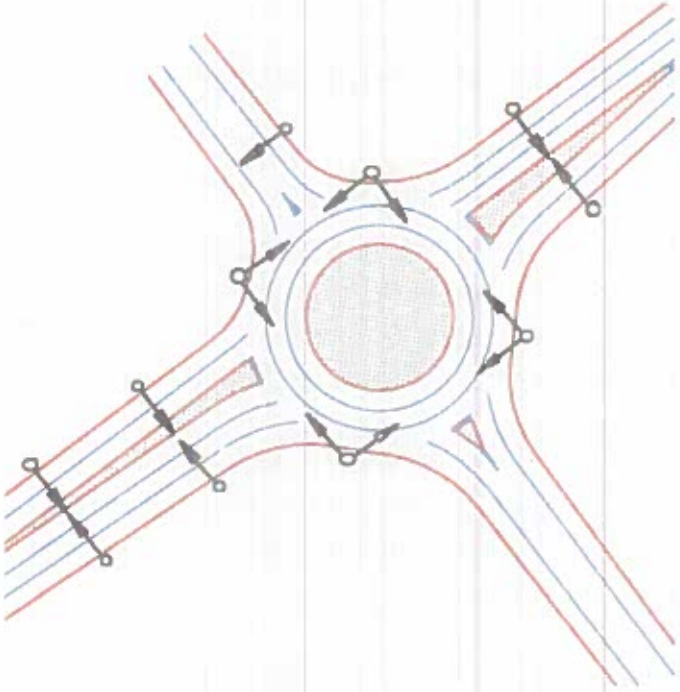
Tabelul 2.2 prezintă clase comparabile M şi C pentru diferite valori ale q0. (De exemplu, în cazul în care drumul cel mai important care duce la zona de risc este M4 şi q0 = 0,07 cd/m2/lx , clasa este echivalentul C4 şi zona de risc se recomandă să fie proiectată la clasa C3).

În cazul în care luminanța este folosită ca un criteriu pentru iluminat zona de risc, este necesar să se calculeze indicele de orbire TI, pentru pozițiile de observator relevante care privesc către zona de risc.

Un *caz particular* al intersecțiilor îl reprezintă ***sensurile giratorii***.

În acest caz, sistemul de iluminat va trebui să respecte toate cerințele prezentate mai sus la care se adaugă următoarele particularități :

- este interzisă amplasarea de stâlpi pentru iluminat doar în interiorul insulei centrale – iluminatul va fi asigurat şi cu stâlpi amplasați pe exteriorul sensului giratoriu
- amplasarea stâlpilor se va realiza astfel încât prin ghidajul creat să poată fi observată forma sensului giratoriu. Se evită amplsarea stâlpilor în linie astfel încât conducătorul auto să aibă impresia că drumul este drept.



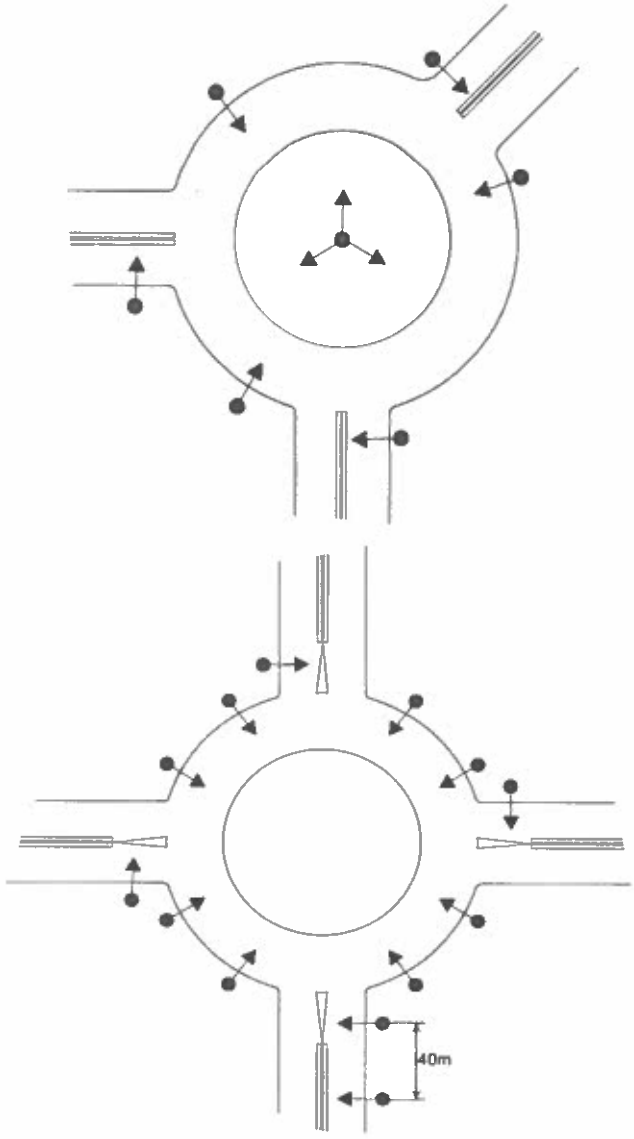


Fig. 2.3 Exemple amplasare stâlpi iluminat sens giratoriu

Având în vedere importanța funcționării sistemului de iluminat în zonele de risc prezentul ghid recomandă instalarea unui sistem electronic de detectarea defectelor şi anunțarea acestora printr-o comunicare de tip GSM către dispecerat în vederea soluționării problemei apărute în termen de 24 ore.

2.4. Iluminatul spațiilor de parcare

Spațiile de parcare aferente autostrăzilor trebuie să beneficieze de un sistem de iluminat adecvat. Decizia iluminării acestor zone a apărut din motive de securitate precum şi din necesitatea conducătorilor auto de a realiza diverse manevre de parcare.

Amplasarea stâlpilor se face în zone verzi mărginite de borduri, în aşa fel încât să nu fie stânjeniți conducătorii auto la realizarea de manevre de parcare.

Sistemele de iluminat pot fi realizate fie cu stâlpi înalți, h=14-20 m şi baterii de proiectoare, fie cu stâlpi de iluminat rutier, h=8-10 m şi aparate de iluminat rutiere. În zonele prevăzute cu spații de parcare pentru autocamioane şi autocare, având în vedere înălțimea acestor autovehicule şi necesitatea iluminării spațiului dintre acestea, iluminatul va fi realizat exclusiv cu stâlpi înalți, h=14-20m.

Cerințele privitoare la culoarea luminii şi indicelui de redare a culorilor sunt identice cu cele aferente arterelor de circulație.

Parametrii luminotehnici ce trebuie obținuți pentru parcările realizate în apropierea autostrăzilor trebuie să se încadreze în

clasa S1 : Em > 15 lx ; Emin > 5 lx

unde: Em – iluminarea medie menținută pe suprafața zonei de parcare inclusiv arterele de circulație interioară

Emin – iluminarea minimă menținută calculată pentru aceeaşi suprafață

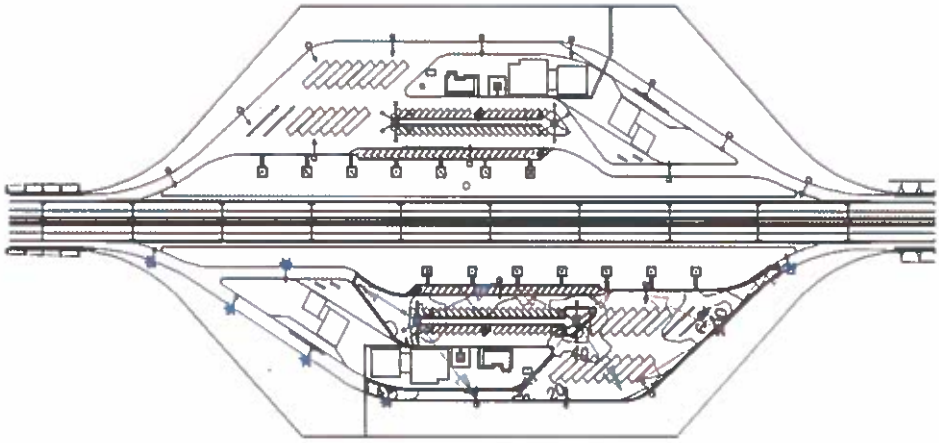


Fig. 2.4 Exemplu iluminat spații de parcare

În mod similar parcărilor din apropierea autostrăzilor, se va prevedea obligativitatea realizării unui sistem de iluminat special cu aceleaşi prevederi şi pentru parcările realizate în apropierea drumurilor naționale, acestea fiind tratate ca şi zone de risc.

2.5. Iluminatul nodurilor rutiere

Nodurile rutiere, denumite în literatura de specialitate europeană şi "Interchanges" reprezintă intersecții de autostrăzi sau intersecții între o autostradă şi un drum național realizată cu

diferență de nivel şi bretele de acces pentru fiecare sens de circulație.

Nodurile rutiere reprezintă o zonă de risc datorită necesității conducătorilor auto de orientare precum şi de modificare a benzilor de rulare, scădere sau creştere a vitezei de rulare, părăsire sau intrare în fluxul de circulație a unui autostrăzi.

Stabilirea dimensiunii zonei de risc :

- ambele artere de circulație ce se intersectează între bretele de intrare şi ieşire
- o zonă de 150 înaintea punctului de formare a benzii speciale de decelerare pe artera de circulație
- o zonă de 150m după închiderea benzii de accelerare pe artera de circulație
- bretelele de transfer al traficului între o arteră şi cealaltă, în totalitate

Zona de risc reprezentată de un nod rutier trebuie tratata ca un ansamblu, fără diferențiere de clase de iluminat între diferitele zone.

În principal se pot utiliza două soluții de amplasare a aparatelor de iluminat precum şi combinația dintre acestea :

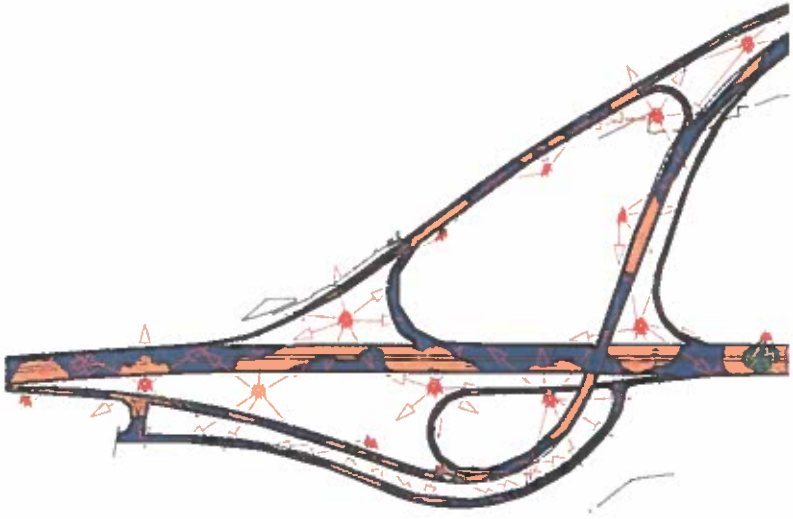
a) amplasarea de stâlpi înalți echipați cu baterii de proiectoare – soluție adoptată cu preponderență atunci când dimensiunile nodului rutier sunt relativ mici.
Înălțimea stâlpilor poate varia pe o plajă între h=14m şi h=35m.Stâlpii cu înălțimi mai mari de 20m trebuie prevăzuți cu posibilitate de acces pentru operațiuni de mentenanță şi întreținere – scară de tip pompieri, platformă mobila sau alte sisteme.

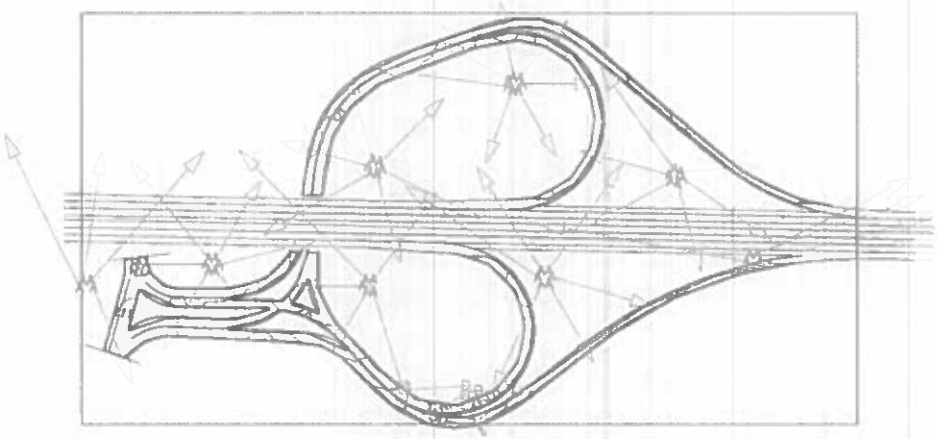
Calculele luminotehnice trebuie să țină cont de diferențele de nivel între arterele de circulație.

b) amplasarea de stâlpi de iluminat rutier cu înălțimi între 8 şi 12m, echipați cu aparate de iluminat rutier. Amplasarea acestora trebuie să creeze un ghidaj vizual favorabil conducătorului auto, fiind recomandat modul de amplasare pe exteriorul curbelor.

Parametrii luminotehnici ce trebuie să fie obținuți în aceste zone se determină pe baza standardului SR-EN 13201 – partea 2, criterii de performanță, în principiu bazat pe luminanță – clasele ME (W) 1-5.

Nu este recomandată utilizarea de surse de lumină diferite în cadrul aceluiaşi nod rutier.





Legenda:

- cu săgeți de culoare roşie sunt reprezentate proiectoarele şi orientarea acestora montate pe stâlpi înalți;
- Culorile ce apar pe căile de rulare reprezintă curbe izocandela (suprafețe care au aceeşi luminanță)



Fig. 2.5 Exemple iluminat noduri rutiere

În afara aspectelor cantitative ale iluminatului trebuie evaluate şi aspectele calitatitive:

- nivelul de orbire se evaluează cu factorul **TI,** care în cazul nodurilor rutiere, trebuie să fie limitat la valoarea **TI** < 10

- aparatele de iluminat destinate arterelor de la cotele inferioare trebuie luate în calcul din punctul de vedere al orbirii ce poate să apară la utilizatorii arterelor aflate la cote mai ridicate.

Aspecte energetice

Datorită dimensiunilor, aceste noduri rutiere ajung să necesite puteri instalate importante ce generează consumuri de energie electrică semnificative. În acest sens este recomandată instalarea de *sisteme de telemanagement* în aceste cazuri ce pot gestiona consumul de energie electrică şi bazat pe studii de trafic pentru anumite perioade de timp pe parcursul nopții sau sezonier se poate realiza varierea fluxului luminos al aparatelor de iluminat şi implicit scăderea energiei electrice consumate.

Exemplu : Autostrada A2 : Bucureşti – Cernavodă.

În baza unor studii de trafic se pot determina fluxuri de autovehicule sensibil diferite în perioada de sezon față de perioada de extrasezon. Cu ajutorul acestor date şi realizând calculele de alegere a claselor de iluminat descrise în SR EN 13201 – partea 2 – criterii de performanță, se pot obține clase diferite de iluminat în cele două situații – spre exemplu clasa ME2 în sezonul estival şi clasa ME4 în extrasezon, sau pe anumite intervale orare.

În această situație se poate instala un sistem de telemanagement al iluminatului public ce permite "dimming -ul" (varierea fluxului luminos). Sistemul va comuta automat la anumite intervale orare/lunare fluxul luminos către o valoare mai redusă ce va asigura condițiile clasei ME4.

Economiile de energie electrică astfel obținute pot avea valori importante ce asigură în prima fază amortizarea investiției în sistemul de management şi apoi reduceri importante ale costurilor de exploatare.

2.6. Iluminatul stațiilor de autobuz

Drumurile naționale sunt utilizate de asemenea pentru transportul persoanelor în regim centralizat, pre-orăşenesc. Mijloacele de transport în comun ce realizează acest lucru beneficiază de ***stații de autobuz*** retrase sau nu față de partea de circulație a arterei rutiere în care autobuzul intră, se opreşte, debarcă şi îmbarcă pasagerii şi apoi se încadrează în fluxul de circulație al arterei reintrând pe prima bandă.

Regulamentul circulației rutiere prevede că la ieşirea din stația de autobuz, acesta are prioritate față de autovehiculele ce circulă pe drum.

În aceste condiții prezentul ghid consideră stația de autobuz o zonă de risc căreia i se impune existența unui sistem de iluminat.

Realizarea acestuia se poate face cu stâlpi echipați cu aparate de iluminat rutier amplasate pe o zonă de minim 200 m înaintea începerii retragerii benzii pentru stația de autobuz, pe toată lungimea acesteia şi pe o zonă de 200 m după încheierea acestei benzi.

Parametrii ce trebuie îndepliniți sunt exprimați în clase de iluminat de tipul CE0-CE5 în funcție de importanța arterei de circulație.

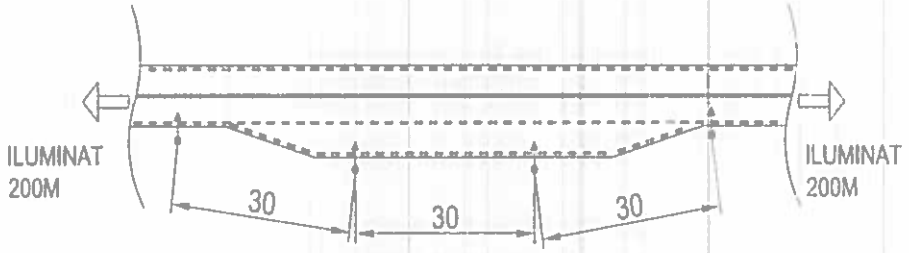


Fig. 2.6 Exemplu iluminat statie de autobuz

Recomandare : autorizația pentru realizarea unei noi stații de autobuz trebuie să prevadă şi obligativitatea realizării unui iluminat corespunzător in concordanță cu SR EN 13201

2.7. Iluminatul podurilor şi pasajelor supraterane

Pasajele supraterane reprezintă părți ale arterelor de circulație ce traversează suspendat alte artere de circulație rutieră, căi ferate etc.

Podurile reprezintă părți ale arterelor de circulație rutieră ce traversează suspendat cursuri de apă, văi sau alte obstacole naturale.

Podețele reprezintă traversări ale obstacolelelor naturale de mici dimensiuni.

Toate acestea sunt considerate zone de risc datorită:

- îngustării căii de circulație la intrare – fie prin eliminarea benzii de urgență, fie prin eliminarea acostamentului, fie prin reducerea numărului de benzi
- creşterii efectelor unui eventual accident în zonă – consecințele sunt în general mai mari decât într-o zonă normală, posibilitățile de realizare a unui accident în

lanț sunt mai mari, neexistând posibilitatea de părăsire a părții carosabile.

- formarea frecventă a poleiului, apariția umezelii la traversarea cursurilor de apă
- prezența rampelor la intrarea şi ieşirea din pasaj sau pe şi de pe pod

În conformitate cu literatura internațională, se stabileşte ca zona de risc să fie determinată de existența unui pasaj suprateran sau pod cu o lungime mai mare de 100m. În cazuri excepționale se prevede iluminat şi pe poduri şi pasaje mai mici dar cu geometrie complicată ce poate generea producerea de accidente.

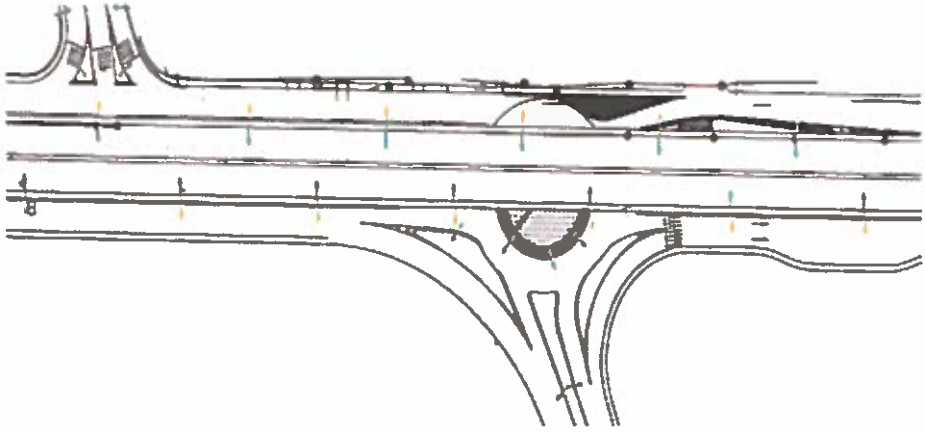


Fig. 2.7 Exemple iluminat pasaj suprateran

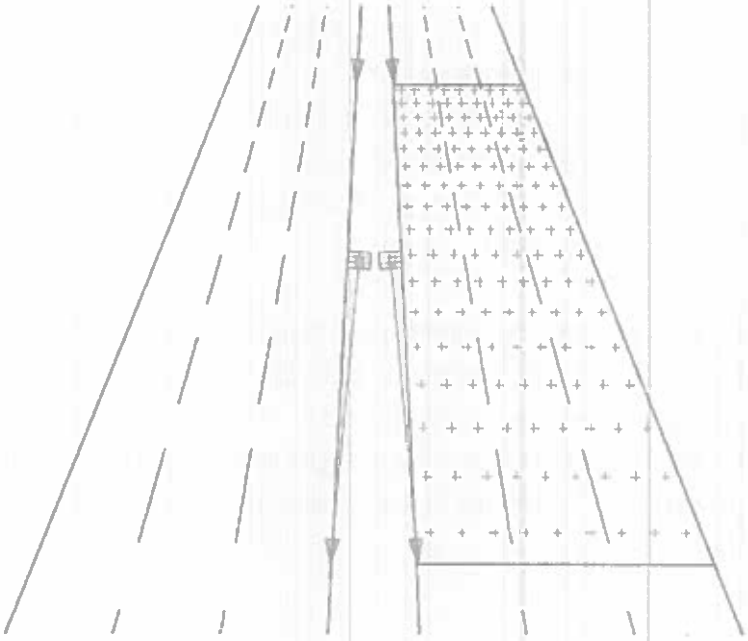


Fig. 2.8 Reprezentare grafică a zonei de risc în cadrul unui pasaj suprateran sau pod

Zona de risc este delimitată ca fiind pasajul sau podul în totalitate, inclusiv eventualele bifurcații, bretele de acces, parcări aferente, la care se adaugă o zonă de 150 m înaintea acestuia şi o zonă de 150 m după acesta.

Parametrii luminotehnici ce trebuie obținuți sunt de asemenea descrişi în standardul SR EN 13201 – partea 2 – criterii de performanță.

Se vor utiliza pe cât posibil criteriile ce depind de luminanță – clasele ME(W) 1 – ME(W) 5 şi apoi criteriile de iluminare CE0-CE5.

2.8. Iluminatul zonelor speciale : stații de taxare, puncte de frontieră

Pe parcursul autostrăzilor şi drumurilor naționale apar zone speciale cum ar fi stațiile de taxare şi punctele de frontieră ce trebuie încadrate la zone de risc. În aceste zone este obligatorie instalarea unui sistem de iluminat.

Delimitarea zonei pentru care se asigură iluminatul:

- 150m înainte de intrarea în zona de risc pe toate arterele de circulație – intrarea în zona de risc este considerată locul în care se modifică prima oară profilul arterei de circulație. **Exemplu:** locul în care se formează o bandă suplimentară față de profilul autostrăzii. Excepție fac trecerile de pietoni şi trecerile la nivel cu calea ferată pentru care distanța recomandată este de 200m.
- întreaga zonă de risc cu eventualele căi de acces, bretele, benzi de avarie etc.
- 150m după terminarea zonei de risc – terminarea zonei de risc este considerată locul în care artera de circulație revine la profilul standard. **Exemplu:** locul în care se închide ultima bandă de accelerare şi autostrada revine la profilul standard. Excepție fac trecerile de pietoni şi trecerile la nivel cu calea ferată pentru care distanța recomandată este de 200m
- întreaga zonă aflată sub copertine în care se realizează taxarea sau controlul vamal.

O caracteristică importantă a acestor zone o reprezintă decelerarea de la viteza de rulare pe autostradă la 0 km/h în

zona de taxare sau control vamal. Deşi acest lucru este semnalizat corespunzător de la distanțe adecvate generează probleme de adaptare precum şi sarcini vizuale deosebite. Un alt element important il reprezintă nevoia de orientare în sensul alegerii locației corespunzatoare conform autovehiculului utilizat, modalității de plată, apartenenței ca cetățenie, etc.



Fig. 2.8 Stație de taxare pe autostrada A2

Criteriile de performață sunt cele descrise în SR EN 13201 -- partea 2 şi vor fi utilizate cu preponderență cele legate de luminanță şi apoi cele ce au ca parametru principal nivelul de iluminare.

Sistemele de iluminat vor fi complexe în aceste zone şi permit abordări diverse :

- stâlpi de înălțimi mari şi foarte mari h=14-35 m amplasați pe marginea zonei, echipați cu aparate de iluminat de tip proiectoare
- stâlpi de înălțimi medii h=8-12m echipați cu aparate de iluminat rutiere – pentru zone de dimensiuni reduse sau în completarea celor de înălțimi mari sau foarte mari, se utilizează pentru zonele de minim 150 m aflate la începutul şi sfârşitul zonei de risc – zona în care calea de circulație are profil standard
- aparate de iluminat montate sub copertină – proiectoare sau dedicate de tip proiector încastrat ce asigură un iluminat local în zona stației de taxare
- aparate de iluminat de ghidare / direcționare a traficului amplasate pe sol sau pe elementele constructive ce separa spațiile de taxare echipate cu LED, cu alte surse de lumină şi/sau dispozitive reflectorizante cu indicativ de culoare sau alb, cu aprindere intermitentă sau continuă.

Iluminatul realizat în zona de taxare sau control vamal (iluminatul sub copertina şi cel de direcționare / ghidare trafic) trebuie alimentat din surse de energie neîntreruptibile dacă acestea sunt prevăzute pentru sistemul de taxare, control vamal.

În cazul în care, în urma studiilor de trafic sau a observațiilor curente se constată formarea de şiruri de autovehicule, pe timpul întunericului, în afara zonei de aşteptare prevazută, se va extinde sistemul de iluminat pe o zonă corelată cu lungimea şirurilor de autovehicule.

Extinderea sistemului de iluminat va fi acționat separat, manual sau automat, în funcție de necesitate.

Datorită dimensiunilor, aceste zone ajung să necesite puteri instalate importante ce generează consumuri de energie electrică semnificative. În acest sens este recomandată instalarea de ***sisteme de telemanagement*** ce pot gestiona consumul de energie electrică şi bazat pe studii de trafic pentru anumite perioade de timp pe parcursul nopţii sau sezonier se poate realiza varierea fluxului luminos al aparatelor de iluminat şi implicit scăderea energiei electrice consumate.

CAPITOLUL III
Iluminatul tunelurilor şi pasajelor subterane

1. Fenomene specifice tunelurilor şi pasajelor subterane

Tunelurile şi pasajele subterane reprezintă cazuri particulare ale iluminatului rutier ce ridică probleme specifice reprezentând cel mai complicat şi laborios calcul pentru determinarea soluțiilor optime.

Trebuie precizat ca sistemul de iluminat al unui tunel trebuie să fie funcțional atât pe timp de zi cât şi pe timp de noapte. Importanța existenței iluminatului este mult mai ridicată pe perioada de zi datorită apariției fenomenelor de *grotă neagră* respectiv *grotă albă*. Diferența mare de luminanțe pe timpul zilei între spațiul exterior şi interiorul tunelului crează probleme mari de adaptare ochiului uman.

Fenomenul de ***grotă neagră***: reprezintă fenomenul de neadaptare a ochiului uman de la luminanța crescută a mediului exterior, la intrarea în tunel, pe timp de zi, la luminanța scăzută din interiorul tunelului. Astfel la intrarea în tunel conducătorul auto are nevoie de un timp de adaptare la luminanța scăzută, timp în care autovehiculul parcurge distanțe apreciabile. Fenomenul poate avea loc şi pe timp de noapte la ieşirea dintr-un tunel cu nivel crescut de luminanță sau la intrarea pe timp de noapte într-un pasaj subteran neiluminat.

Fenomenul de ***grotă albă***: reprezinta fenomenul de neadaptare a ochiului uman la trecerea de la luminanța scăzută

din interiorul tunelului la luminanța crescută a mediului exterior. Astfel la ieşirea din tunel conducătorul auto are nevoie de timp de adaptare la luminanța mediului exterior. Fenomenul poate aparea şi pe timp de noapte la intrarea într-un pasaj cu luminanțe foarte mari sau la ieşirea dintr-un pasaj către o arteră cu nivel mare de luminanță.

Diferențele între cele două niveluri de luminanțe pot fi de până la 100.000 de ori în cazuri de cer senin şi orientarea tunelurilor cu intrarea către est sau vest.

2. Factori externi ce influențează în mod important modul de realizare a sistemului de iluminat

În realizarea sistemelor de iluminat aferente pasajelor subterane există o serie de factori ce influențează în mod important anvergura şi costurile acestora. Sunt prezentați mai jos cei mai importanți dintre aceştia:

a) *Orientarea* intrării respectiv a ieşirii – orientarea către rasăritul respectiv apusul soarelui crează luminanțe de voal foarte mari (luminanța percepută de conducătorul auto la intrarea / ieşirea din tunel) fapt ce poate conduce la puteri instalate ridicate.

b) *Existența umbririlor* pe zona exterioară de intrare / ieşire – acestea realizează o scădere naturală a luminației de voal şi deci o zonă de reducere naturală a luminanței.

c) *Viteza maximă* de circulație în zonă – distanța parcursă de autovehicul în timpul de adaptare a ochiului uman este direct proporțională cu această viteză. Viteza luată în calculul sistemelor de iluminat va fi cu 20 km/h mai mare decât cea maximă legala în zona cu scopul de a evita accidentele în cazurile particulare de adaptare.

d) *Vizibilitatea ieşirii* tunelului din zona de intrare – elimină mult din fenomenele de grotă neagră.

e) *Suprafeţele reflectante ale pereţilor* – cu cât acestea reflectă într-o proporţie mai mare lumina cu atât nivelul de luminanţă produs de aceleaşi surse de lumină va fi mai mare.

f) *Condiţiile meteo* – condiţiile dificile de trafic – ceaţa, ploaia, ninsoarea, carosabilul ud, etc – au influenţe importante asupra distanţei de frânare şi asupra posibilităţilor de detectare a unui eventual obstacol în trafic.

3. Motivele pentru care trebuie realizat iluminatul

Sistemul de iluminat are scop principal parcurgerea de către participanţii la trafic a pasajelor subterane în condiţii de siguranţă şi de a putea lua deciziile corecte privind conducerea mijlocului de transport având informaţiile necesare.

Pe timp de zi, sistemul de iluminat va trebui să elimine fenomenele de grotă neagră respectiv albă, realizând o trecere treptată între luminanţa naturală a mediului exterior la cea artificială din interiorul tunelului, corelată cu posibilitatea de adaptare a ochilor umani. Având în vedere variaţia luminanţelor în mediul exterior, sistemul de iluminat trebuie creat flexibil şi automatizat corespunzător încât să răspundă cerinţelor.



Fig. 3.1 Pasaj subteran

Pe timp de noapte sistemul de iluminat va trebui să creze adaptarea ochiului uman între luminanțele diferite ale arterelor de acces şi zona interioara a tunelului.

Standardele in vigoare ce fac referire la iluminatul tunelurilor sunt urmatoarele :

- SR 13433/1998 – ILUMINATUL CAILOR DE CIRCULATIE
- Raport CIE 88/2004 Guide for the road tunnels and underpasses

4. Calculul sistemelor de iluminat destinate tunelurilor rutiere

Lumina în tunel, şi ziua şi noaptea, trebuie să fie în aşa fel încât senzaţia de siguranţă şi confort a conducătorului auto să nu se reducă faţă de conducerea pe o şosea în câmp deschis. Aceasta presupune, printre altele, că şoferul trebuie să aibă informaţii adecvate privind cursul drumului (ghidare vizuală), despre ceilalţi participanţi la trafic şi despre prezenţa obstacolelor pe suprafaţa de rulare.

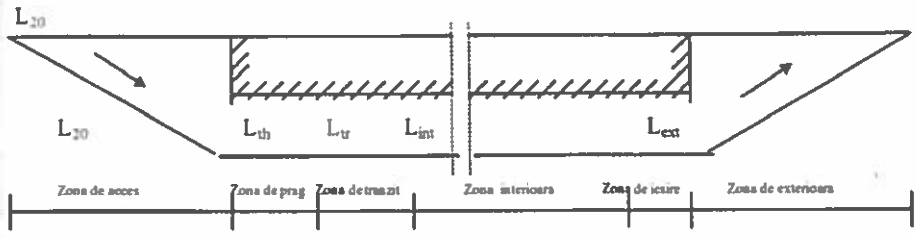


Fig. 3.2 Secţiune cu zonele caracteristice unui tunel

În vederea proiectării sistemelor de iluminat, tunelurile lungi se împart în cinci zone, fiecare zonă fiind caracterizată de probleme particulare.

Metodele de calcul ce trebuie respectate în realizarea sistemelor de iluminat pentru tuneluri sunt precizate în raportul tehnic CIE88:2004.

a) Zona de acces

Zona de acces (sau zona apropiată) este zona de drum din afara tunelului în imediata apropiere a intrării tunelului, de unde conducătorul auto trebuie să fie capabil

să observe obstacolele din tunel. În această zonă capacitatea de adaptare a ochiului uman este determinantă şi în funcţie de aceasta se vor realiza luminanţele necesare la intrarea în tunel şi în zona de prag.

În orele în care lumina zilei este prezentă, ochii conducătorului auto sunt adaptaţi la luminanţele relativ mari prezente în zona de acces şi o iluminare inadecvată a intrării în tunel poate crea efectul de "grotă neagră", în care nici un detaliu nu este vizibil. Noaptea, pe de alta parte, ochii sunt adaptaţi la întuneric şi acceşi intrare poate apărea foarte bine luminată.

b) Zona de prag

Zona de prag este prima dintre cele patru zone propriu-zise ale tunelului. Şoferul care este încă în zona de acces trebuie să poată distinge obstacolele din zona de prag înainte de a intra în tunel.

Lungimea acestei zone depinde de viteza maxim admisă a traficului în această zonă şi trebuie să fie egală cu distanţa de frânare. Aceasta deoarece suprafaţa drumului în finalul acestei zone trebuie să reprezinte fondul în care obstacolele trebuie detectate când sunt observate de şofer aproape de intrarea în tunel.

Diagrama de mai jos indică modul de determinare a distanţei de frânare în funcţie de viteza de calcul maximă a autovehiculului şi de situaţia din teren. Lungimea zonei de prag este egală cu distanţa de frânare astfel determinată.

DIAGRAMA DE DETERMINARE A DISTANTEI DE FRANARE

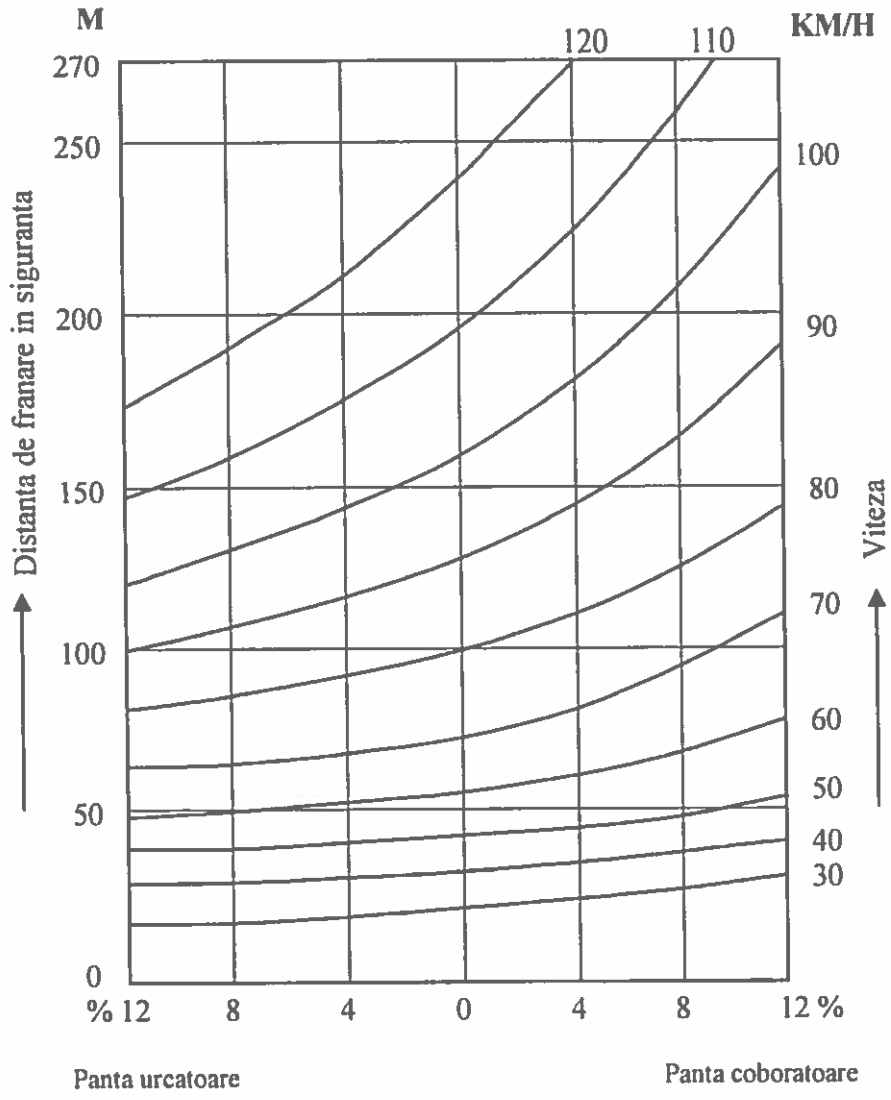


Fig. 3.3 Diagrama de determinare a distanței de frânare

c) Zona de tranziție

După nivelurile relativ ridicate de iluminare în zona de prag, iluminarea în tunel trebuie treptat redusă la un nivel necesar în zona interioara.

Lungimea acestei zone se aproximează în funcție de viteza maxim admisă a traficului şi de diferența între nivelurile de iluminare la sfârşitul zonei de prag şi zonei interioare.

d) Zona interioară

Zona interioară, aşa cum sugerează numele, este partea din tunel care este cel mai puțin expusă luminii diurne. Aici vederea şoferului este influențată doar de lumina artificială din tunel.

Zona interioară este caracterizată de un nivel constant de iluminare pe tot parcursul ei şi deoarece adaptarea vizuală nu s-a efectuat complet este necesar să se asigure luminanțe ridicate; valori exacte sunt alese în funcție de viteza traficului (sau distanța de frânare) şi densitate.

e) Zona de ieşire

Zona de ieşire, care este ultima zonă în cazul unui tunel cu unic sens, este partea din tunel în care vederea conducătorului auto ce se apropie de ieşire, este influențată de strălucirea ieşirii din tunel. Problemele de vedere ce apar aici sunt legate de faptul că şoferul trebuie să fie capabil să judece manevrele maşinii din față, ce se observă ca o siluetă neagră pe fondul unui vehicul mare ce se află în fața sa.

4.1 Aspecte specifice cantitative şi calitative - Componente suplimentare determinante

Sistemul de iluminat în tunel trebuie să realizeze un microclimat luminos care să asigure circulaţia rutieră fluentă în condiţii de securitate corespunzătoare. În acest scop trebuie îndeplinite condiţiile cantitative şi calitative specifice pasajelor subterane.

Nivelul de luminanţă, respectiv nivelul de iluminare în planul drumului este condiţia de bază necesară circulaţiei în patru zone caracteristice.

Distribuţia judicioasă a luminanţelor în câmpul vizual şi pe planul suprafeţei drumului, conduce la evitarea sau diminuarea orbirii sub diferitele sale aspecte. Culoarea luminii dată de sursele alese şi a suprafeţelor reflectante, fără condiţii speciale de redare, poate crea o ambianţă plăcută, confortabilă. Ghidajul vizual corect va facilita circulaţia în condiţii de securitate, iar evitarea fenomenului de pâlpâire (flicker) este de asemenea o cerinţă impusă de necesitatea confortului vizual.

4.1.1. Aspecte cantitative

Nivelul de luminanţă ambiental, pe diferite porţiuni determinat de luminanţa exterioară impune nivelul de iluminare orizontal.

Nivelul de iluminare în planul orizontal al drumului este variabil în spaţiu (de-a lungul tunelului) în funcţie de nivelul de luminanţă al zonei caracteristice şi în timp, în funcţie de nivelul de luminanţă al luminii naturale (exterioare).

A. În timpul zilei

Un tunel sau un pasaj subteran nu necesită o lumină suplimentară în timpul zilei (comparativ cu iluminatul normal din timpul nopții) dacă ieşirea ocupă o mare parte din câmpul vizual când este văzut de la o distanță egală cu distanța de frânare înaintea intrării. Dimpotrivă, un tunel are nevoie de lumină suplimentară în timpul zilei dacă, văzut din aceeaşi poziție, ieşirea apare ca o pată neagră în care obstacolele, spre exemplu vehiculele, pot fi greu depistate.

CIE a publicat o diagramă ce reprezintă cerințele din punctul de vedere al nivelului de iluminare în timpul zilei în funcție de lungimea tunelului. Aceasta diagramă este prezentată în continuare.

SSD – distanța de frânare în siguranță

Lungime tunel (m)	Este ieşirea vizibilă de la distanța SSD?	Patrunde lumina naturala in tunel?	Reflectanța peretilor este mare (>0,4) sau mica (<0,2)?	Traficul este dens sau lejer (inclusiv biciclete si pietoni)	% nivelul cerut al fluxului luminos in zona limita
<25					0
25-75	Da			Usor	0
				Greu	50
	Nu	Suficienta	Mare	Usor	0
				Greu	50
			Mic		50
		Insuficienta			50
75-125	Da			Usor	50
				Greu	100
	Nu	Suficienta	Mare	Usor	50
				Greu	100
			Mic		100
		Insuficienta			100
>125					100

Fig. 3.4 Parametrii SIL pentru tuneluri în funcție de: lungime, vedere ieşire, accesul luminii naturale, reflectanța pereților şi tipul traficului

Zonă de acces

Luminanțele la care ochii fiecărui conducător auto sunt adaptați în timp ce parcurge zona de acces, determină luminanțele în zona de prag. Există două tipuri de luminanțe de adaptare ce se pot lua în considerare : ***luminanțele din zona de acces*** şi aşa numitele ***luminanțe de voal echivalente***.

Luminanțe în zona de acces

Din experiență, luminanța de adaptare în zona de acces pentru un observator situat la distanța de frânare de la intrarea în tunel este media luminanțelor conținute într-un câmp de vedere conic corespunzător unui unghi plan de 2x10 grade centrat la mijlocul tunelului şi la un sfert din înălțimea sa. Această luminanță este denumită luminanța din zona de acces, L_{20}. Acolo unde nu este posibilă măsurarea luminanțelor (spre exemplu un tunel în construcție) L_{20} poate fi determinată cu ajutorul tabelului de mai jos folosind formula :

$$L_{20} = yLc + pL_D + eL_F$$

unde: y, p şi e reprezintă procentajul care este ocupat din câmpul de vedere considerat de elementul respectiv.

L_c - luminanța cerului
L_D - luminanța drumului
L_F - luminanța fondului

DIRECŢIA DE INTRARE	L cer	L drum	L fond			
			pietre	clădiri	zăpada	pajişti
N	8	3	3	8	15	2
E-V	12	4	2	6	10..15	2
S	16	5	1	4	5..15	2

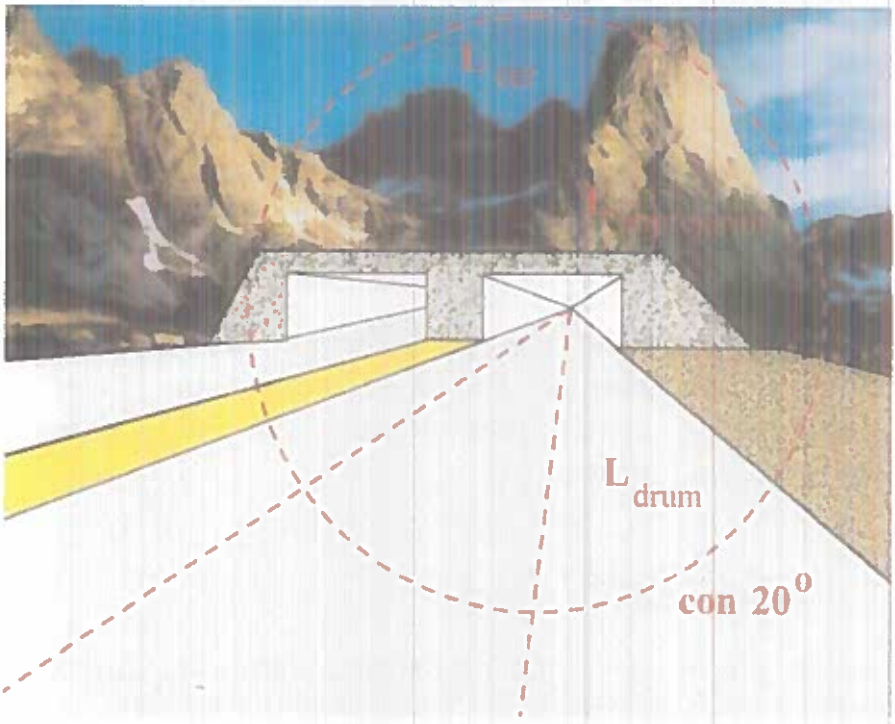


Fig. 3.5 Semnificaţia valorilor luminanţelor luate în calcul pentru determinarea lui L20.

CIE 88:2004 prezintă şi o altă metodă de calcul L_{seq} ce presupune utilizarea unui aparat foto digital cu lentile normale. Cu acesta se realizează o fotografie a intrării în tunel cu aparatul poziționat la distanța de frânare calculată față de intrare şi la înalțime de h=1,25m. Obiectivul trebuie orientat cu senzorul către centrul intrării în tunel. Fotografia astfel obținută va fi suprapusă peste diagrama polara din figura 6.2.2, pagina 9 din publicația menționată. Se urmăreşte apoi procedeul de calcul descris în continuare:

Luminanțele exterioare care, împreună, determină luminanța din zona de acces, diferă puternic pentru diferite tipuri de tuneluri. În tunelurile montane, spre exemplu, luminanța din zona de acces este determinata în principal de strălucirea împrejurimilor muntoase din zona intrării în tunel. În cazul tunelurilor sub apă, strălucirea cerului de deasupra intrării în tunel poate influența puternic luminanța din zona de acces. Pentru viaducte şi treceri subterane, această luminanța depinde parțial de umbra construcțiilor şi parțial de luminanța cerului de deasupra. Oricum, în zonele construite (în interiorul oraşelor) cerul reprezintă doar o parte redusă din câmpul vizual.

Pentru multe din tipurile de tuneluri, măsurări speciale pot fi realizate pentru luminața din zona de acces. Astfel de măsurari presupun folosirea de materiale întunecate (nelucioase) pentru suprafața drumului în apropierea tunelului, fațada intrării în tunel şi (pentru tuneluri sub apă) pereții verticali situați înaintea intrării în tunel; plantarea de copaci şi tufe în zonele adiacente şi deasupra intrării pentru a ecrana strălucirea cerului; realizarea intrării cât se poate de înaltă şi de lată.

În practică, cea mai ridicată luminanță din zona de acces (corespunzător unei iluminări orizontale de aproximativ 100.000 lx) variază în funcție de tipul tunelului şi de măsurările efectuate între aproximativ 3000 cd/m^2 şi mai mult de 8000 cd/m".

Luminața de voal echivalentă

Luminanța de voal echivalentă, L_v, este definită în funcție de orbirea de incapacitate. Este un factor cheie în determinarea adaptabilității conducătorului auto. Ar părea logic sa fie folosit pentru determinarea cerințelor de luminanță de prag şi aceasta este în prezent discutată de CIE. Oricum, cand ultima recomandare a CIE a fost publicată nu existau suficiente informații pentru a finaliza o metodă de determinare a luminanței de prag. CIE specifică în continuare această luminanță folosind o metodă practică bazată pe luminanța din zona de acces, L_{20}.

Zona de prag

Luminanța în zona de prag trebuie sa fie relativ ridicată la început pentru a menține performanțele vizuale ale utilizatorilor drumului la un nivel de siguranță. Aceasta se determină cu ajutorul L_{20}, luminanța din zona de acces. Luminanța de prag, L_{th}, necesară, poate fi determinată în functie de raportul L_{th}/L_{20} prezentat în tabelul de mai jos pentru diferite distanțe de frânare şi pentru două tipuri de sisteme de iluminat.

Tabelul 3.2: Luminanța zonei de prag

DISTANȚA DE FRÂNARE	SIL SIMETRIC Lth/L-20	SIL "COUNTER-BEAM" L_{th}/L_{2n}
60	0.05	0.04
100	0.06	0.05
160	0.1	0.07

Luminanța medie pe pereții tunelului, până la înălțimea de 2m trebuie să fie cel puțin egală cu luminanța suprafeței carosabilului.

Pentru prima jumătate a zonei de prag (1/2 din lungimea zonei de prag) luminanța trebuie sa fie egală cu L_{th}. Pentru cealaltă jumătate se recomandă ca nivelul de luminanță să scadă liniar până la o valoare de 0,4 L_{th}.

Mai jos este prezentat un rezultat al calculul zonei de prag pentru Pasajul subteran PIAȚA UNIRII din Bucureşti precum şi modul de amplasare a aparatelor de iluminat.

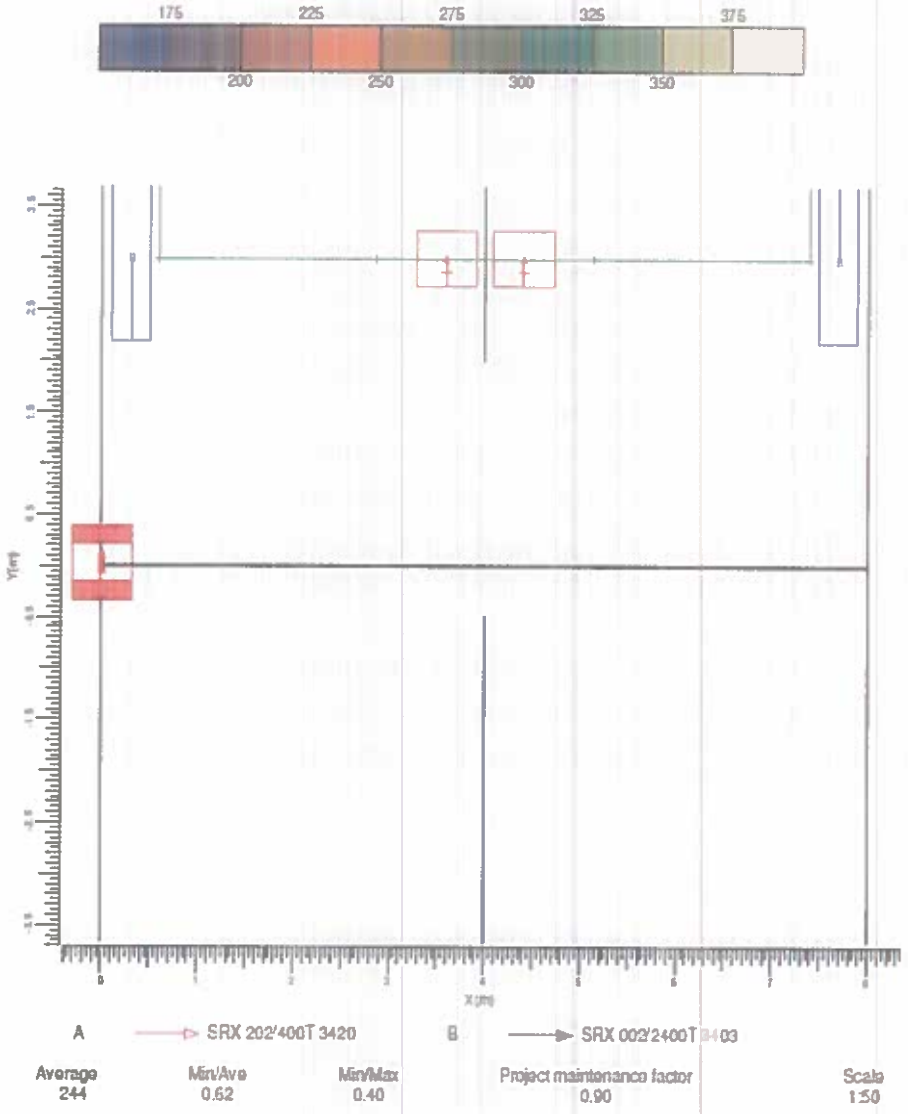


Fig. 3.6 Extras din breviarul de calcul al zonei de prag pentru Pasajul PIAȚA UNIRII Bucureşti precum şi modul de amplasare a aparatelor de iluminat.

Zona de tranziție

Conducătorul auto ce pătrunde în tunel are nevoie de un anumit timp de adaptare la luminanțele scăzute din zona interioară. Scopul zonei de tranziție este de a realiza această trecere treptat.

Luminanța zonei de tranziție, care reprezintă o valoare descrescătoare, este dată de relația:

$$L_{tr}=L_{th}(1,9+t)^{1,4}$$

unde :

L_{th} - luminanța zonei de prag

t - timpul parcurs în zona de tranziție

În figura urmatoare este prezentata variatia teoretica a luminantei din zona de tranziție în funcție de timpul parcurs în aceasta zonă.

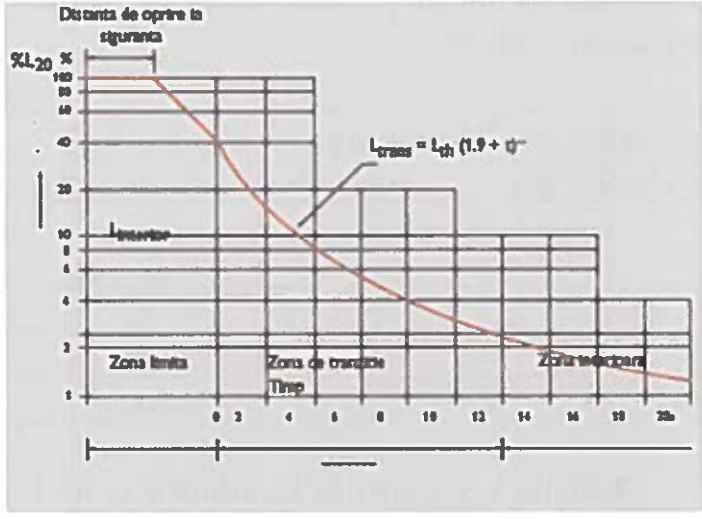


Fig. 3.7 Variația teoretică a luminanței din zona de tranziție în funcție de timpul parcurs în această zonă

Folosind această curbă şi cunoscând viteza traficului se poate calcula *gradientul ideal de luminanță* pentru orice tunel. Curba poate fi aproximată printr-un număr de paşi, descreşterea maximă acceptată pentru un pas fiind de 3:1, nivelul de luminanță nescăzând niciodată sub limita indicată de curbă.

La fel ca şi la zona de prag, luminanța medie a pereților, până la 2m înălțime, trebuie sa fie cel puțin egală cu luminanța medie a suprafeței carosabilului.

Zona interioară

Adaptarea nu este obligatoriu să se fi realizat complet la intrarea în zona interioară şi este necesar să se asigure un nivel de luminanță suficient de mare comparativ cu cel al unui drum deschis pe timp de noapte. Motivul cel mai important însă pentru care se asigură luminanțe ridicate este că vizibilitatea conducătorului auto se reduce simțitor datorită poluării. Din acest motiv luminanțele recomandate pentru această zonă se prezintă în funcție de densitatea traficului.

DISTANȚA DE FRÂNARE (m)	DENSITATEA TRAFICULUI		
	<100 veh/ora	100< veh/ora<1000	>1000 veh/ora
60	1	2	3
100	2	4	6
160	5	10	15

Tabelul 3.3: Valorile L_m pentru zona interioară

Zona de ieşire

În timpul zilei, ieşirea tunelului apare conducătorului auto ca o "grotă albă" în care obstacolele pot fi uşor distinse în siluetă. Efectul de siluetă poate fi accentuat prin acoperirea pereților cu materiale cu reflectanțe ridicate.

Adaptarea la lumină puternică din exterior se realizează mai rapid, dar este de luat în considerare un aport de lumină suplimentară din acest punct de vedere. Pentru observarea vehiculelor mici pe fondul celor mari, un nivel mai ridicat de luminanță în zona de ieşire este necesar. Pentru aceasta se prevede o creştere a numărului aparatelor de iluminat care să asigure un nivel de cinci ori mai mare decât cel prevăzut în zona interioară.

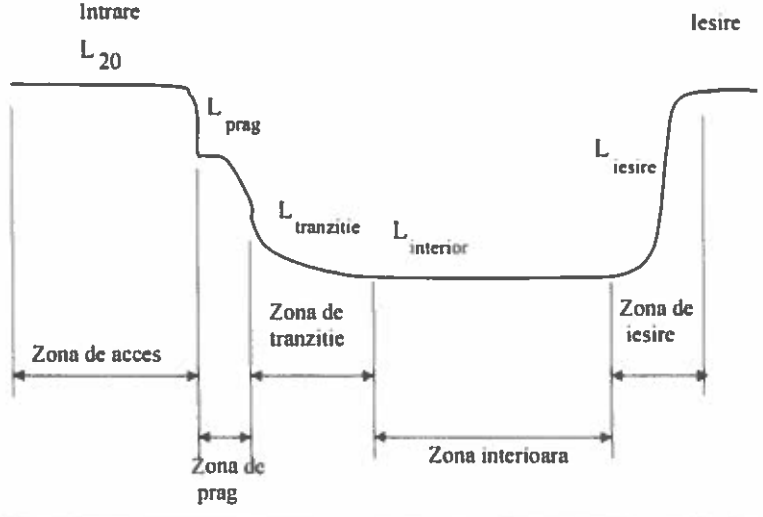


Fig. 3.8 Distribuția luminanțelor de-a lungul unui tunel trebuie să îmbrace următoarea formă de mai sus

B. În timpul nopții

În cazul în care tunelul reprezintă o parte a unei căi de circulație iluminate, sistemul de iluminat utilizat trebuie să asigure cel puțin nivelul de luminanță și uniformitatea realizată pe drumul de acces. Atunci când sunt prevăzute dispozitive de ecranare a luminii diurne sistemul de iluminat trebuie să se continue și sub acestea.

Dacă drumul de acces nu este iluminat, tunelul trebuie dotat cu un sistem de iluminat ce să asigure o luminanță medie de 1 cd/m2, o uniformitate generală Uo=0,4 și o uniformitate longitudinală U_L=0,6 pentru fiecare bandă de circulație din tunel. Această regulă se aplică și pasajelor de nivel pe timpul zilei.

La ieșirea din tunel, în afara acestuia, pe o distanță echivalentă a 5 secunde de condus, drumul trebuie luminat la cel puțin o treime din nivelul de luminanță prevăzut pentru zona de ieșire. Distanța se va cacula in funcție de viteza maxim admisă în zona de tunel.

4.1.2 Aspecte calitative

Distribuția luminanțelor în planul drumului și în câmpul vizual este o condiție esențială calitativă pentru realizarea confortului vizual. Se controlează ca și la alte căi rutiere prin verificarea uniformității iluminărilor și menținerea factorilor Emin/Em și Emin/Emax în limitele admise și anume:

Emin/Em>0.4 Emin/Emax>0.2

considerând că artera care trece prin tunel este o cale de circulație principală.

Datorită incintei închise respectiv a suprafețelor reflectante ale acesteia, tunelul sau pasajul subteran prezintă avantaje asupra distribuției luminanțelor. Astfel componenta reflectată va contribui la o distribuție mult mai echilibrată a luminanțelor decât căile rutiere exterioare.

Verificarea uniformitaților luminanțelor în planul căii de rulare se realizează cu ajutorul coeficienților de uniformitate menționați pentru evitarea orbirii de inconfort.

De remarcat că prezența suprafețelor reflectante (pereți, plafon şi uneori calea de rulare, dacă aceasta are un coeficient de reflexie p>0,3) are un rol pozitiv în uniformizarea luminanțelor în plan util.

Pentru evitarea orbirii de incapacitate se impune asigurarea protecției vizuale prin aparate de iluminat fie cu unghiuri de protecție corespunzătoare, fie prin dispersoare.

Pentru evitarea orbirii de inconfort în câmpul vizual se recomandă determinarea indicelui de creştere a pragului TI cu relațiile:

$$TI=65Lv/Lm^{0,8} \text{ (pentru } Lm \leq 5 \text{ cd/m}^2)$$
$$TI=95Lv/Lm^{1,05} \text{ (pentru } Lm > 5 \text{ cd/m}^2)$$

în care L_m reprezintă luminanța medie a pereților şi tavanului, iar L_v este luminanța de voal a surselor care apar în unghiul spațial corespunzător celui plan de 20°.

Confortul este asigurat dacă TI < 15%.

Diminuarea contrastelor datorită reflexiei încintei contribuie substanțial la diminuarea fenomenului de orbire

ce se manifestă în mod curent pe căile rutiere sub aspect fiziologic şi psihologic.

Deoarece aparatele de iluminat sunt montate la înălțime mică față de cea obişnuită căilor rutiere, trebuie luate măsuri deosebite realizate cu aparate de iluminat specializate cu unghiuri de protecție mai mari decât cele obişnuite din iluminatul exterior public, obținând mascarea surselor față de privirea directă a observatorilor.

Acest aspect este foarte important în zona centrală unde nivelul de luminanță este scăzut.

În zonele de acces şi chiar în cele de tranzit luminanța aparatelor de iluminat poate fi mai ridicată cu distribuția nesimetrică a luminii şi cu intensitatea maximă dirijată în opoziție cu sensul de circulație (counterbeam).

Această accentuare a luminanței la trecerea de la lumina de zi la cea artificială a tunelului va contribui la atenționarea conducătorului auto asupra intrării în tunel.

Efectul de "grotă neagră' la intrare sau "grotă albă" la ieşire reprezintă deasemenea un contrast neconfortabil de luminanțe ce poate provoca accidente dacă nu se iau măsurile privind nivelurile de iluminare indicate anterior.

Culoarea luminii se manifestă la tuneluri sub două aspecte :

- culoarea surselor de lumină;
- culoarea suprafețelor reflectante.

Redarea corectă a culorilor nu este necesară în acest caz, şi deci nu se impun restricții din acest punct de vedere.

Factorul economic este însă foarte important în alegerea surselor. Astfel sunt indicate sursele de lumină de eficacitate luminoasă mare. Culoarea caldă a lampilor cu

vapori de sodiu crează o ambianță placută fiind favorabilă confortului vizual.

Suprafața reflectantă a pereților şi tavanului care contribuie la realizarea ambianței confortabile trebuie sa fie de culoare deschisă caldă estompată cu un factor de reflexie cât mai mare (0.7), aspect ce va contribui şi la o distribuție judicioasă a luminanțelor precum şi la conturarea "in silueta" a vehiculelor la ieşire.

Ghidajul vizual este o condiție de calitate în realizarea unei circulații rutiere în securitate servind la conturarea în perspectiva a căii rutiere.

Amplasarea aparatelor de iluminat în şiruri paralele cu axul drumului reprezintă un sistem de ghidare foarte bun.

În cazul tunelurilor cu două sensuri de circulație este necesară utilizarea a cel puțin un şir de aparate de iluminat continuu sau discontinuu pe fiecare sens şi eventual, dacă nivelurile de iluminare cerute sunt foarte mari, pe fiecare ax al benzii.

Efectul de pâlpâire este creat de şirurile de aparate de iluminat ce impresionează ochiul prin succesiunea rapidă a imaginilor. Aceleaşi efecte îl au şi suprafețele lucioase ale autovehiculelor. Acest fenomen se accentueza în special în zona centrală, unde aparatele de iluminat sunt mai rare. Efectul de inconfort generat de fenomenul de pâlpâire depinde de frecvența dată de relația:

$$f=v/d \ (Hz)$$

unde :

v- viteza traficului (m/s)

d – distanța dintre aparatele de iluminat (m)

Pentru f< 2,5 Hz şi f >15Hz, fenomenul este neglijabil, fără efecte negative asupra capacității vizuale a observatorului.

Şirul continuu sau banda luminoasa reprezintă soluțile optime pentru evitarea fenomenului de pălpăire.

5. Iluminatul de siguranță

Realizarea unui sistem de iluminat de siguranță este obligatoriu pentru orice tunel ce depăşeste lungimea de 500 m şi reprezintă o recomandare în cazul volumelor importante de trafic sau geometriei dificile a acestora.

Iluminatul de siguranță în cazul tunelurilor are două scopuri principale:

- evacuarea persoanelor împreună cu autovehiculele în care se află
- evacuarea persoanelor parăsind autovehiculele – evacuarea facându-se pietonal

Toate aceste tipuri de iluminat se realizează din surse de alimentare neîntreruptibile. Timpul de pornire a iluminatului de siguranță trebuie sa fie de 0,30 secunde iar durata minimă de funcționare 30 min.

Trebuie prevăzut un sistem de iluminat de siguranță ce intra în funcțiune automat când se produc avarii importante ale sistemului de iluminat normal. Acesta are scopul de a minimiza sansele de producere a accidentelor şi de a facilita accesul serviciilor de urgență în cazul în care acesta se produc.

Sistemul de iluminat de siguranță trebuie combinat cu un semn de limitare a vitezei amplasat cu 100-150 m înaintea intrarii în tunel. Nivelele de luminață în zona de prag şi în zona de tranziție trebuie sa fie în concordanță cu limitarea de viteză prevăzută în astfel de cazuri iar nivelul din zona interioară trebuie să fie cel putin egal cu cel din timpul nopții.

Se prevăd două surse independente de alimentare cu energie electrică şi în mod normal cel puțin 1/7 din iluminatul normal este conectat la o sursă neîntreruptibilă. Trebuie luat în calcul timpul de reaprindere a lămpilor folosite.

Se impun ca cerințe :

- pentru căile de circulație rutiere : obținerea unui nivel minim de iluminare medie în interiorul tunelului de 10 lx având o valoare minimă de cel puțin 2 lx.

- pentru căile de circulație pietonale : obținerea unui nivel triplu de iluminare față de calea de circulație învecinată, se admite un nivel dublu în cazul în care se utilizează o sursă de lumină diferită. Uniformitatea nu poate fi mai scăzută decât cea a căii de circulație din vecinatate. Sursele de lumină trebuie să aibă un indice de redare al culorilor de minim Ra>60.



Fig. 3.9 Exemplu de iluminat al unei intersecții într-un tunel

- pentru intersecții sau conexiuni ale căilor de circulație în interiorul tunelurilor: valorile medii menținute ale iluminărilor precum şi uniformitățile trebuie să fie mai mari sau cel puțin egale cu cele ale zonei interioare a tunelului.

A. Căile de evacuare pentru pietoni

În cazuri accidentale de urgență calea de circulație din tunel devine calea de evacuare pentru pietoni către ieşirile de urgență. Toate căile de evacuare trebuie marcate cu lampi de marcaj amplasate la o distanta minimă de 10m între ele şi la o înălțime de maxim 1m de la suprafața căii de circulație amplasate pe ambele părți ale tunelului.

B. Ieşirile de urgenţă

a) Iluminarea ieşirilor de urgenţă

Ieşirile de urgenţă trebuie clar marcate cu aparate de iluminat specializate ce au ca scop determinarea pasagerilor vehiculelor sa le părăsească în caz de necesitate.

Aparatele de iluminat vor fi poziţionate în dreptul uşilor de urgenţă la 2m de acestea înspre tunel. Nivelul mediu al iluminarii verticale tot timpul în dreptul ieşirii de urgenţă trebuie sa fie de 3 până la 5 ori mai mare decât nivelul iluminării verticale a pereţilor tunelului, până la 2m înălţime, în situaţie de zi. Uniformitatea iluminatului în această zonă trebuie sa fie mai mare decât 0,6.

Sursele de lumină trebuie sa aibă un indice de redare a culorilor Ra>60.

b) Marcarea ieşirilor de urgenţă

Aparate de iluminat cu acumulatori cu colant VERDE vor fi amplasate în jurul ieşirilor de urgenţă. Aceste vor funcţiona în regim nepermanent. Este recomandabil ca acestea să funcţioneze intermitent – flash – cu o frecvenţă de 1-2 Hz şi cu o intensitate mai mare de 150 cd emisă în toate direcţiile.



Fig. 3.10 Exemplu iluminat într-un tunel: marcarea ieşirilor de urgenţă

C. Evacuarea către exterior

Acestea reprezintă căile de evacuare a persoanelor, în cazul unei urgenţe, din interiorul tunelului către exterior.

Pentru aceste căi de circulaţie pietonale trebuie asigurat un nivel mediu orizontal menţinut mai mare decât nivelul zonei interioare a tunelului în situaţia de zi, cu o uniformitate de minim 0,2 (minim/mediu). Indicele de redare a surselor de lumină utilizate trebuie să fie Ra>40.

6. Automatizarea sistemelor de iluminat ale tunelurilor şi pasajelor subterane

În conformitate cu modalitatea de calcul a acestor sisteme de iluminat descrisă la capitolul anterior se poate

observa faptul că întreaga structură porneşte de la determinarea luminanței de voal L20 ce depinde într-o mare măsură de factorii climatici externi.

Variația pe o plajă largă a luminanțelor exterioare conduce la o variație a cerințelor a sistemului de iluminat artificial.

Aşadar pentru a realiza un sistem de iluminat corespunzător este obligatorie dotarea acestuia cu un sistem de reglaj ce ține cont de variația luminanțelor exterioare pe parcursul zilei. Se pot utiliza sisteme cu variere în trepte sau cu variere continuă.

Calculul sistemului de iluminat se realizează în minim 5 situații :

a) cer senin dimineața
b) cer înorat dimineața
c) cer senin după-amiaza
d) cer înorat după-amiaza
e) noapte

Automatizarea sistemului de iluminat trebuie să țină cont de îndeplinirea tuturor criteriilor descrise mai sus în toate situațiile de calcul (minim 5). Implementarea unui astfel de sistem va aduce economii de energie importante prin reducerea fluxului luminos emis şi respectiv a puterii consumate pe perioadele din zi în care luminanța exterioară este sensibil scazută față de cea maximă.

În cadrul sistemelor de siguranță a pasajelor subterane trebuie inclus în mod obligatoriu panouri de avertizare amplasate la întrarea în tunel, care vor limita viteza de circulație în zonă în cazul apariției fenomenelor

meteo nefavorabile ce au influențe importante asupra vizibilității şi cresc distanța de frânare – ceață, polei, ploaie, ninsoare, etc.

7. Soluții constructive ale sistemelor de iluminat dedicate tunelurilor

Sistemele de iluminat destinate tunelurilor trebuie să satisfacă exigențele cantitative şi calitative amintite, printr-o amplasare rațională a aparatelor de iluminat şi o alegere corespunzătoare a surselor de lumină.

Sistemele de iluminat se pot clasifica din punctul de vedere al distribuției intensității luminoase în trei categorii: transversal, longitudinal şi "counter beam" (în opoziție cu linia privirii), fiind prezentate în figura de mai jos, unde sunt date şi rapoartele sp/m.h şi tipul surselor de lumină recomandate.

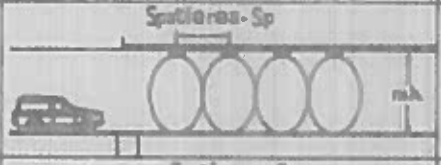
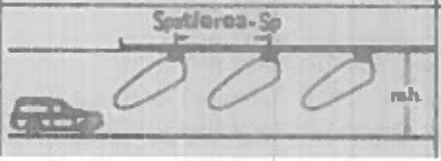
Sisteme de iluminat tipice pentru tunel		Raport max. sp/m.h.	Tip recomandat de lampa	Eficacitate cd/W (q0=0.1)
Simetric-transversal		1.5 1.5 2.0	TL-D/PL-L SOX-E SON-T	2.0 4.0 2.8
Simetric-axial		3.5 3.5 4	SOX-E QL SON-T	4.5 2.4 3.5 - 4
Asimetric-cu flux dirijat		2-2.5	SON-T	4.5

Fig. 3.11 Sisteme de iluminat pentru tuneluri

Sistemul de iluminat transversal radiază lumina în principal perpendicular pe axa longitudinală a tunelului. Cel mai uzual exemplu pentru acest sistem de iluminat este şirul continuu de lămpi tubulare fluorescente.

- Avantajele acestui sistem sunt: ghidarea vizuală bună, orbire minimă, penetrarea luminii între vehicule şi comutarea / varierea fluxului luminos.
- Dezavantajele sunt: distanţele mici între corpurile de iluminat şi faptul că trebuie acordată o atenţie sporită evitării fenomenului de pâlpâire

Sistemul de iluminat longitudinal radiază lumina în principal paralel cu axa longitudinală a tunelului.

- Avantaje: eficacitate ridicată, distanţe mari între corpurile de iluminat.
- Dezavantaje: posibile pete de umbră, pereţii sunt iluminaţi mai puţin.

Sistemul de iluminat "counter-beam" cu corpuri de iluminat asimetrice cu intensitatea maximă dirijată în opoziţie cu sensul de circulaţie este utilizat numai în zona de intrare şi ieşire pentru diminuarea efectului de grotă (neagră/albă).

Acesta este de altfel şi principalul avantaj al acestui sistem de iluminat.

- Dezavantaje: intrarea în tunel este mai întunecată, pereţii sunt mai puţin iluminaţi şi

există riscul ca vehiculele mari să pastreze în umbră vehiculele mai mici.

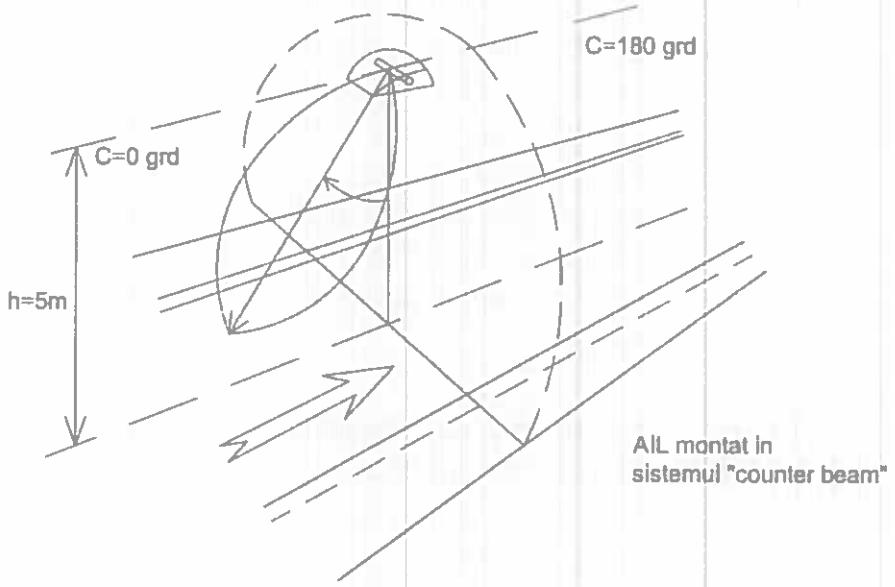


Fig. 3.12 Aparat de iluminat montat în sistemul *"counter-beam"*

Se utilizează în mod curent următoarele tipuri de sisteme:

A. - şiruri cu discontinuităţi în limita evitării fenomenului de pâlpâire

B. - şiruri continue montate în mod obişnuit câte unul pe fiecare sens de circulaţie

C. - benzi paralele montate pe plafon sau pereţi, în plan orizontal sau vertical (orientate)

D. - şiruri luminoase continue realizate din tuburi de lumină, montate pe pereţii laterali ai tunelului.

Un aspect important pentru alegerea sistemului de iluminat o reprezintă realizarea din punct de vedere constructiv a zonei de acces. Plantarea de copaci pentru a micşora aportul luminanței cerului va conduce la o valoare mai mică a luminanței zonei de prag.

Cele mai utilizate aparate de iluminat sunt:

- aparat de iluminat ce poate fi echipat cu lămpi fluorescente;
- aparat de iluminat echipat surse cu descărcări în vapori de sodiu la înaltă presiune;
- aparat de iluminat cu distribuție asimetrică dirijată în opoziție cu fluxul de circulație (sistemul counter beam). Acest aparat de iluminat se utilizează numai în zonele de prag ale tunelelor. Montarea aparatelor de iluminat într-un plafon fals creat din necesități fonoizolante reprezintă o soluție estetică şi funcțională.
- tuburi de lumină, al căror principiu de funcționare constă în transmiterea luminii prin aer, cu ajutorul unui film optic OLF (Optical Ligthing Film), care acoperă interiorul tubului şi asigură un coeficient de refracție mare (98%), permițând astfel transportul luminii la distanțe mari. Datorită acestor tuburi de lumină este posibilă transformarea "surselor punctuale în "surse liniare". Ele sunt utilizate în zona centrală a tunelului.

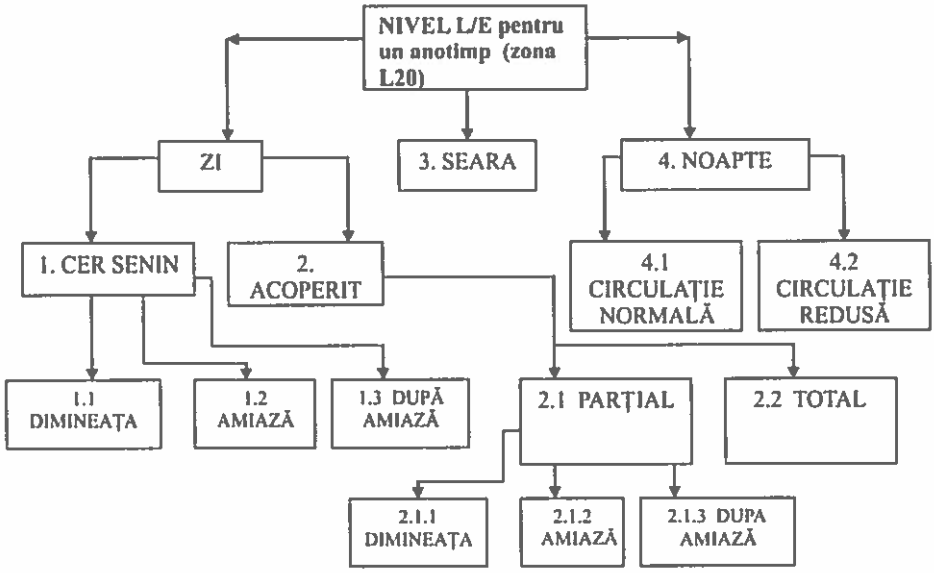
Aparatele de iluminat destinate tunelurilor trebuie să îndeplinească urmatoarele exigențe suplimentare: sa fie robuste şi să nu se degradeze datorită traficului sau curățirii; sa fie etanşe la efectele corozive ale gazelor de eşapare şi produselor utilizate pentru curațire; partea exterioară a aparatului de iluminat să fie foarte netedă, evitând astfel depunerea materialelor corozive, permițând o

curățire uşoară; să asigure protecție vizuală corespunzătoare; să fie prevăzute cu asigurare locală, cu siguranță fuzibilă (recomandare); fixarea aparatului de iluminat şi racordul său la rețea să permită schimbarea rapidă şi sigură a acestuia.

Sursele de lumină utilizate pentru echiparea aparatelor de iluminat montate în tunel sunt alese după următoarele criterii: eficacitate luminoasă mare, recomandându-se utilizarea surselor cu descărcări (sodiu la înaltă presiune, fluorescente, ioduri metalice) precum şi a surselor LED. Soluția optimă impune utilizarea lămpilor cu vapori de sodiu la înaltă presiune în zona de prag, iar în zona de tranzit se recomandă echiparea aparatelor de iluminat cu surse cu descărcări în vapori de sodiu şi lămpi fluorescente tubulare, combinat. În zona centrală se recomandă utilizarea surselor fluorescente singure sau în combinație cu alte surse cu descărcări cu durata de viață mare; funcționarea la diverse temperaturi ale mediului ambiant; timpul mic de amorsare în cazul în care se face comutarea automată pe o rețea de alimentare de rezervă.

Sistemele de iluminat pentru tuneluri trebuie sa fie sisteme dinamice, ale căror niveluri de iluminare/luminanță trebuie să fie în permanență adaptate în funcție de nivelurile de iluminare/luminanță din exterior (cer senin, cer acoperit, zi, seară, noapte).

Fig. 3.13 Regimuri de functionare ale SIL pentru tuneluri



8. Menținerea şi întreținerea sistemelor de iluminat pentru tuneluri şi pasaje subterane

Sistemele de iluminat pentru tuneluri reprezintă cazuri particulare ale iluminatului rutier pentru care sunt prezentate în această documentație măsurile necesare pentru menținerea în parametrii proiectați şi întreținerea pe parcursul duratei de viață.

Particularitatile acestui sistem sunt:

- poluarea excesivă din interiorul tunelului datorată emisiilor de gaze ale autovehiculelor. Acest fapt presupune

folosirea factorului de menținere de maxim 0,8 în proiectare, precum şi un interval de curățire a dispersoarelor scurtat cu 50% față de cel propus pentru iluminatul căii de circulație adiacentă.

- existența echipamentelor electronice în sistemele de automatizare – presupune intervale anuale de verificare a funcționării în parametrii precum şi probe;

- existența iluminatului de siguranță – presupune verificarea conform prescripțiilor producătorului a sistemelor de anclanşare a rezervei precum şi, în cazul utilizarii ca sursă de rezervă a grupurilor electrogene, teste de pornire în gol şi sarcină. La intervale indicate de producători, dar nu mai mult de 4 ani, se înlocuiesc în totalitate acumulatorii existenți în aparatele de iluminat de siguranță / sisteme centralizate de acumulatori.

- influența luminanței reflectate de pereții tunelului – situația proiectată a luat în considerație cazul în care pereții tunelului sunt curați iar componenta reflectată a luminii reprezintă aprox 25%. Este obligatoriu ca pereții tunelului să fie menținuți într-o stare curată pastrându-se astfel proprietățile de reflexie.

Mentinerea si intretinerea sistemelor de iluminat aferente tunelurilor si pasajelor subterane se realizeaza in conditii deosebite :

- accesul la aparatele de iluminat este dificil si presupune oprirea sau restrictionarea traficului in zona
- conditiile de lucru sunt ingreunate de lipsa luminii naturale, fluxul de aer , gazele de esapament,
- in general tunelurile de afla in locuri izolate

- curatarea suprafetelor reflectante se realizeaza deasemenea dificil cu restrictionarea traficului si transportul substantelor necesare pe distante lungi

In conformitate cu prevederile de mai sus recomandam urmatoarele:

- alegerea unor aparate de iluminat construite special pentru acest tip de aplicatie cu grade de protectie ridicate min IP66, rezistenta ridicata la soc IK10, materiale necorozive (aluminiu turnat şi tratat special anticoroziune, otel inoxidabil)
- amplasarea aparatelor de iluminat (acolo unde este posibil) in locuri ce permit accesul cu restrictii minime de trafic
- utilizarea de sisteme de telemanagement ce indica nefunctionarea unor aparate de iluminat
- alegerea unor suprafete reflectante ale peretilor realizate din materiale tratate anti praf astfel incat intervalele de curatare sa fie cat mai mari
- realizarea unui program de mentenanta stabilit prin proiect ce trebuie sa cuprinda toate operatiunile necesare pastrarii sistemului in parametrii proiectati.

CAPITOLUL IV
Optimizarea consumului energetic aferent sistemului de iluminat rutier

În contextul general, consumul energetic are o importanță aparte şi necesită tratarea cu responsabilitate față de oameni şi mediu.

Aşa cum reiese din partea introductivă a ghidului, iluminatul pe drumurile naționale şi autostrăzile din România este o necesitate. Exceptînd situațiile în care analiza cost-beneficiu arată o profitabilitate a iluminatului după atingerea unui prag minim al traficului, costul iluminatului este unul social, o componentă necesară de dezvoltare, integrată în politica națională de dezvoltare a drumurilor.

Pe scurt, este nevoie de iluminat aşa cum este nevoie de drumuri, asigurarea igienei şi sănătății populației, a învățămîntului, etc. Iluminatul corect al drumurilor naționale (şi nu numai) reprezintă o calitate a dezvoltării unei societăți.

Abordarea responsabilă, corectă şi ştiințifică trebuie să trateze cu atenție costurile legate de energia consumată de sistemul de iluminat în sensul obținerii de rezultate maxime cu cel mai mic consum de resurse şi bani pe toată durata de viață a sistemului.

Deoarece tehnologia LED, foarte promițătoare astăzi, încă nu răspunde corect cerințelor tehnico-economice a iluminării

acestei categorii de drumuri, ghidul evaluează eficiența energetică din perspectiva folosirii tehnologiei HID, a lămpilor cu descărcare în vapori de gaze. Ghidul se poate utiliza şi in cazul aparatelor de iluminat cu tehnologie LED în momentul în care acestea vor ajunge la performanțe corespunzătoare unei utilizări corecte în iluminatul drumurilor.

Analiza pleacă de la eficiența luminoasă a lămpilor (lm/watt) care s-a dovedit a fi optimă în cazul lămpilor cu descărcări în vapori de sodiu la înaltă presiune.

Abordarea optimizării consumului energetic are în vedere sisteme de iluminat existente şi sisteme noi.

Primul pas de eficientizare energetică îl reprezintă în cazul sistemelor existente, înlocuirea aparatelor vechi cu lămpi cu vapori de mercur cu cele funcționînd cu surse cu vapori de sodiu la înaltă presiune.

În general, aparatele ce funcționează cu surse cu mercur au pierderi mai mari în aparataj (bobină), economiile de energie generale fiind reflectate în tabelul următor:

Tabelul 4.1 Economiile de energie generate de sursele de iluminat

Puteri ale surselor cu Hg	Acelaşi nivel de iluminare obținut cu surse cu Na	Economie
125W	70W	45-50%
250W	100W; 150W	45-65%
400W	150W; 250W	40 - 70%

Dacă la această economie directă se adaugă durata de viață sporită a surselor cu sodiu găsim încă un motiv în sprijinul deciziei de înlocuire a lămpilor cu mercur.

În ceea ce priveşte ***sistemele existente*** ce funcționează pe baza surselor cu vapori de sodiu la înaltă presiune, se pot lua următoarele măsuri:

- Prima înlocuire de grup a lămpilor se va face cu lămpi de aceeaşi putere dar cu flux luminos sporit (eficiență crescută cu 10%)

- Unde este posibil, se vor modifica tronsoane de cablu cu secțiune sporită care să permită obținerea fluxului luminos corect al lămpilor poziționate spre finalul liniilor electrice şi diminuarea pierderilor prin căldură (efectul Jules-Lenz)

- În urma calculelor privind energia reactivă, se poate decide montarea unor baterii de condensatoare în posturile de comandă. Se recomandă totuşi echiparea individuală a corpurilor de iluminat cu condensatoare pentru compensarea factorului de putere.

- Se va studia posibilitatea diminuării fluxului luminos cu dispozitive speciale pe perioadele în care traficul înregistrează valori scăzute, excepție făcînd zonele de risc şi tunelurile unde se vor aplica principiile descrise în cap.III.

  Se vor evita soluțiile bazate pe amplasarea unor sisteme locale de diming (ex: programatoare

electronice incorporabile în aparatele de iluminat) şi se vor adopta sisteme de telemanagement adaptate iluminatului inteligent, fără înlocuirea componentelor din aparatele de iluminat existente.

În situația ***proiectării unui sistem nou de iluminat***, optimizarea consumului energetic are sens prin raportarea la alte sectoare ale aceluiaşi drum şi pleacă din faza proiectării prin:

- alegerea unor aparate cu optică performantă, care să crească distanța în aliniament dintre stâlpi .

- unde este cazul, prin folosirea unui singur aparat în secțiunea drumului (iluminat unilateral, catenar sau axial).

- prevederea aparatelor de iluminat cu condensatoare şi balast electronic, valorile în acest caz pentru cosΦ ajungînd la 0,98, ceea ce reprezintă o îmbunătățire din perspectiva reducerii valorii energiei reactive

- dimensionarea corectă a liniilor electrice (secțiuni de cablu)

- folosirea sistemelor de iluminat inteligent, completate cu senzori diverşi (luxmetru, măsurarea traficului, etc).

Sistemele de iluminat de siguranță ce au sarcina de a intra în funcțiune în cazul penelor de curent în rețeaua națională de energie pot fi alimentate prin folosirea surselor de energie regenerabilă. Astfel, o rețea de acumulatori încărcați prin intermediul unor panouri fotovoltaice corect dimensionate, poate genera energie pentru semnalizarea zonei de risc care este temporar scoasă din funcțiune.

CAPITOLUL V
Managementul sistemului de iluminat rutier

5.1.Costurile sistemului de iluminat

Construirea şi dezvoltarea unui sistem de iluminat presupun costuri ale proprietarului acestuia, indiferent de forma de proprietate, publică sau privată.

Din perspectiva iluminatului public, ***absența*** sistemului de iluminat sau a condițiilor necesare funcționării acestuia presupun nişte costuri comunitare importante, în general mai greu de cuantificat dar care justifică prin antiteză, economic şi financiar, prezența unui sistem de iluminat cu funcționare corectă.

Astfel de costuri comunitare sunt generate de:

- pagube materiale,
- pierderi de oportunitate,
- pierderi pe circuitul asigurărilor,
- regres economic zonal generat de pierederea încrederii,
- zile de spitalizare şi sau refacere,
- perioade de neproductivitate,
- în cazuri grave, pierderile de vieți omeneşti, etc

Prezentul ghid îşi propune să trateze doar structura costurilor directe ale proprietarului sistemului de iluminat public, respectiv:

a) Costuri cu investiția

- valoarea investițiilor incluzînd audit, studii de specialitate, proiectare, avizare, achiziții de lucrări şi echipamente, branşamente în rețeaua de națională de distribuție a energiei electrice, reglaje

Factorii care influențează acest nivel de cost sunt următorii:

- tehnologia existentă
- legislația specifică
- gradul de responsabilitate socială şi de mediu
- tipologia terenului
- speciali: existența siturilor arheologice, exproprieri, prezența altor rețele în subteran, zone de protecție naturală (biodiversitate, cicluri de viață, etc)

b) Costuri cu energia

- valoarea energiei consumate pe toată durata de funcționare

c) Costuri de mentenanță

- valoarea activităților de reparare, înlocuire de componente consumabile, protejare la acțiunea factorilor de mediu
- valoarea operațiunilor de măsurare a parametrilor şi de menținere în valorile proiectate

d) Costuri de sfîrşit de viață şi reciclare

- valoarea demontărilor şi a lucrărilor de ecologizare
- valoarea introducerii în circuitul de reciclare a componentelor eligibile pentru acest lucru.

Costurile sistemului de iluminat pentru drumuri naționale şi autostrăzi se vor evalua în mod corect prin metoda costurilor totale ale ciclului de viață.

Prin această metodă se vor putea estima corect costurile sistemului incluzînd beneficiile unei investiții în echipamente şi tehnologii mai scumpe. Deşi acestea pot reprezenta un important efort financiar inițial, costurile ulterioare de operare şi consum energetic pot influența favorabil balanța pe întreaga durată de viață a sistemului considerat.

Pentru estimarea acestor costuri se pot folosi următoarele formule:

1.Costul de instalare pe metru de drum:

$$C_{in} = (mC_s + nC_a + dC_l) / d \qquad F1$$

unde:

C_{in} reprezintă costurile de instalare pe metru de drum (€)

m este numărul de stâlpi în secțiunea transversală a drumului
(ex: m=2 pt aranjament bilateral opus, m=1 pt aranjament median, etc)

C_s este costul complet al stîlpului montat în fundația respectivă, inclusiv costuri de împământare (€)

n este numărul de aparate de iluminat prezente în secțiunea transversală

C_a reprezintă costul aparatului de iluminat montat şi complet echipat (inclusiv prima sursă de lumină) (€)

d distanța / spațierea dintre stâlpi (m)

C_l este costul liniei electrice pe metru de drum (€)

2.Costul de operare (mentenanță)

$$C_{op} = [t_1 n P_a C_e + (n C_{gr} / t2) + q n C_{ri} + m C_{fs}] / d \qquad F2$$

unde:

C_{op}	reprezintă costul de operare anual pe metru de drum	(€)
t_1	este timpul mediu anual de funcționare (ex: 4000 h)	(h)
t_2	este „durata de viață" a lămpii (sursei de lumină)	(h)
n	este numărul de aparate de iluminat prezente în secțiunea transversală	
P_a	puterea consumată de aparatul de iluminat	(kW)
C_e	costul energiei	(€/kWh)
C_{gr}	costul unitar de înlocuire de grup a lămpilor	(€)
C_{ri}	costul unitar de înlocuire individuală a lămpilor	(€)
q	numărul mediu anual de înlocuiri individuale de lămpi	
m	este numărul de stâlpi în secțiunea transversală a drumului	
C_{fs}	costurile fixe medii anuale pe stîlp	(€)
d	distanța / spațierea dintre stâlpi	(m)

Observații:

- formula de mai sus are în vedere o abordare pro-activă în sensul în care înlocuirea lămpilor (surselor de lumină) se va face preventiv;

- astfel, pt menținerea parametrilor proiectați, în mod programat funcție de perioada de timp în care lămpile nu-şi diminuează fluxul sub o anumită valoare (ex: 80%), se va face o înlocuire de grup a acestora;

- chiar şi în această abordare, există defecte sau întreruperi accidentale în funcționarea unor lămpi care vor fi înlocuite individual;

- formula este valabilă şi în cazul nerecomandat al abordării intervențiilor „curative", în care înlocuirile de lampi se fac pe măsură ce acestea se defectează (C_{gr} = 0, q şi C_{ri} având valori foarte mari).

3.Costul ciclului de viață pe metru de drum

a) NPV – metoda valorii nete actualizată

- are în vedere valoarea banilor în timp, funcție de o rată de depreciere a acestora (inflație)

$$C_{cv} = C_{in} + C_{op}\,[1 - (1 + r)^{-t}] / r + V_r\,[1 / (1 + r)^t] \qquad F3$$

unde:

C_{cv}	este valoarea actualizată a costului ciclului de viață pe metru de drum	(€)
C_{in}	reprezintă costurile de instalare pe metru de drum	(€)
C_{op}	reprezintă costul de operare anual pe metru de drum	(€)
r	rata de depreciere a banilor (rata inflației, dobînda)	
t	lungimea perioadei examinate (ciclul de viață)	(ani)
V_r	valoarea reziduală	(€)

Nota:

- prin valoare reziduală se înțelege valoarea pe care proprietarul sistemului de iluminat se aşteaptă să o primească în procesul de valorificare a componentelor sistemului la sfîrşitul perioadei analizate

- în mod obişnuit, t are valoarea 20; recomandarea noastră este ca t_{min} = 15 ani

b)Metoda mediei costurilor anuale – calculată la mijlocul ciclului de viață, t

$$C_{ma} = \alpha_t C_{in} + \beta_t C_{op} \qquad F4$$

unde:

C_{ma} reprezintă media costurilor anuale pe metru de drum şi an (€)

α_t factor de recuperare de capital

β_t factor de creştere al costurilor de operare

C_{in} reprezintă costurile de instalare pe metru de drum (€)

C_{op} reprezintă costul de operare anual pe metru de drum (€)

Notă:

- deşi mai simplă şi cu reale avantaje, această metodă poate fi mai puțin folosită deoarece se bazează pe experiență şi un istoric al operațiunilor în timp, deci pe o acuratețe a înregistrărilor.

Managementul sistemului de iluminat rutier din perspectiva costurilor se va îndrepta către decizii de optimizare a funcționării acestuia respectînd constrîngerile parametrilor luminotehnici proiectați. Astfel, se va acționa în sensul :

- diminuării responsabile a consumului de energie electrică
- optimizării costurilor de întreținere şi menținere în parametri
- alegerii materialelor şi tehnologiilor cel mai puțin poluante, de greutăți şi gabarite reduse

Recomandările noastre pentru alegerea componentelor sistemelor de iluminat public sunt structurate astfel:

1.Aparate de iluminat:

- compartiment optic reglabil şi amovibil, cu grad ridicat de protecţie la umezeală şi praf, IP65 minim
- placă de bază amovibilă
- echipare cu condensator (cos Φ≥0,92)
- randament luminos superior, minim 0,8 (80%)
- materiale constructive ecologice şi rezistente la intemperii şi radiaţii ultraviolete care să garanteze o bună funcţionare a aparatului timp de minim 15 ani

2.Suporţi

2.1.Stâlpi:

- construcţie robustă din metal, protejat prin tratamente termice adecvate şi eventual vopsire
- fixare pe fundaţie cu talpă de aşezare, rigidizată prin gusee metalice sau montare in fundaţie de tip pahar
- concepte de siguranţă pasivă:
  - absorbţia energiei având ca rezultat deformarea stîlpului la impactul cu autovehicule în favoarea acestora
  - în cazul stâlpilor rigizi, aceştia vor fi poziţionaţi în spatele unor parapeţi metalici de siguranţă

2.2.Console

- pe cât posibil se va evita folosirea acestora, preferabilă fiind montarea aparatelor în vîrful stîlpului
-consolele vor fi din acelaşi material şi cu aceleaşi tratamente de protejare împotriva coroziunii ca şi stâlpii

3.Sursele de lumină

- se vor folosi în mod special surse cu eficiență luminoasă sporită, cu vapori de sodiu la înaltă presiune sau cu ioduri metalice
- acolo unde situația o permite, se vor folosi surse cu LED, în aparate de iluminat corespunzătoare
- nu se va permite amestecul de tipuri de surse ori de culori aparente ale acestora

4.Liniile electrice

- liniile electrice vor fi exclusiv de tipul LES (linii electrice subterane)
- cablurile şi conductoarele vor fi din Cupru sau Aluminiu, cu secțiuni dimensionate astfel încât să fie posibilă o extindere a puterii consumate cu 10-15%.

5.2.Profitabilitatea iluminatului public

Problematica profitabilității iluminării drumurilor naționale şi a autostrăzilor nu are ca subiect compararea costurilor iluminatului cu pierderea de vieți omeneşti sau cu rănirile în accidente favorizate de întuneric.

Analizînd economia traficului pe aceste drumuri, se pot compara însă economiile medii anuale înregistrate în costurile traficului cu influența combinată a costurilor iluminării drumurilor şi a costurilor generate de coliziunile cu stâlpii de iluminat.

Astfel, se poate obține o imagine asupra nivelului de trafic de la care iluminatul drumurilor devine profitabil, luîndu-se în considerare costurile sistemului de iluminat şi evenimentele înregistrate după trecerea a jumătate din ciclul de viață (t=20 ani).

Se va folosi în acest scop următoarea formulă ce conține coeficienți şi factori rezultați din statisticile internaționale:

$$V_{tmz} = 10^8 R_{cb} [C_{ma} + b N_s C_{cs} (1+c_1 / 100)^{t/2}] / 365 b [1,1 p s a Cpa (1 + c_2 / 100)^{t/2} + Ev] \quad F5$$

unde:

V_{tmz} Volumul traficului mediu zilnic (vehicule / km)

R_{cb} Rata cost – beneficiu

C_{ma} Media costurilor anuale ale iluminării pe km de drum (v F4) (€)

b factor de creştere a traficului

N_s numărul de stâlpi pe km

C_{cs} costul coliziunilor cu stâlpii [1)] (€)

c_1 rata anuală de creştere a costurilor coliziunilor cu stâlpii (%)

t lungimea perioadei examinate (ciclul de viață) (ani)
Coeficientul 1,1 include distrugeri de materiale

p proporția de trafic pe timp de noapte

s procentul de reducere a numărului accidentelor pe timp de noapte datorită iluminării drumurilor (ex: 25%)

a rata accidentelor soldate cu vătămări corporale sau decese pe sectorul de drum analizat (accidente/(10^8 vehicule/km))

Cpa Costul accidentelor soldate cu vătămări corporale sau decese (€)

c_2 rata anuală de creştere a costurilor accidentelor soldate cu vătămări corporale sau decese (%)

Ev Economia în timp a costurilor pe vehicul pe km potrivit formulei F6 (€/km)

[1)]Aceste costuri reprezintă totalul costurilor comunitare generate de coliziune, inclusiv costuri generate de vătămări corporale sau decese. Dacă se vor folosi stâlpi cu sisteme de siguranță pasivă, aceste ultime costuri pot fi considerate nule.

Formula **F6:** $Ev = p\ V_{tt}\ (1/v_1 - 1/v_2)(1 + c_3/100)^{t/2}$

unde:

p proporția de trafic pe timp de noapte

V_{tt} valoarea traficului în timp (€ / h)

c_3 rata anuală de creştere a valorii traficului în timp (%)

v_1 viteza de deplasare a vehiculelor pe timp de noapte în absența iluminatului (km/h)

v_2 viteza de deplasare a vehiculelor pe timp de noapte după instalarea iluminatului (km/h)

$1/v_1 - 1/v_2$ economii de timp pe vehicul pe km (h/km)

5.3.Mentenanța sistemului de iluminat

Prin mentenanța sistemului de iluminat rutier se înțelege totalitatea operațiunilor de întreținere şi reparație a tuturor componentelor acestuia.

Pe perioada de viață a instalațiilor de iluminat, calitatea procesului iluminării scade progresiv.

Această depreciere se datorează condițiilor de mediu, îmbătrînirii în timp a echipamentelor (uzura normală) şi a caracteristicilor ciclului de funcționare.

Întreuperile în funcționare sau funcționarea în afara parametrilor proiectați necesită intervenția factorilor umani specializați pentru remedierea problemelor şi readucerea sistemului în limitele normale de fucnționare.

Lucrările de mentenanță se bazează pe buna cunoaştere a caracteristicilor tehnice ale tuturor componentelor majore ale

sistemului (aparate de iluminat, lămpi, aparataj, suporți, cabluri, conductoare), caracteristici înregistrate în cartea instalației furnizată de montatorul sistemului.Între aceste informații se vor regăsi în mod obligatoriu specificațiile privind:

- durata de viață garantată de producător a lămpilor, corelată cu fluxul luminos emis
- durata de viață garantată de producător pentru aparatele de iluminat, aparataj (bobine, ignitere, condensatoare), suporți (stâlpi, console), cabluri, conductoare, cutii electrice, elemente de comandă şi control (ceasuri programatoare, fotocelule, luxmetre, etc)
- termenele şi condițiile de garanție
- condițiile de exploatare corectă

De asemenea, trebuie cunoscute informațiile tehnice ale funcționării integrate ale sistemului:

- planul instalației de iluminat
- schema monofilară / schema de aprindere
- schema electrică a cutiilor şi tablourilor

Pe baza tuturor acestor informații, proiectantul sistemului va furniza ***planul de mentenanță*** care va conține acțiuni corective şi preventive, precum şi planul şi procedurile de efectuare a ***măsurătorilor***.

Planul de menetenanță va furniza indicații asupra stocului de piese de schimb şi consumabile, corelat cu incidența defectelor.

Măsurătorile vor fi realizate de persoane calificate în acest sens şi cu aparatura specifică, etalonată corect şi vor monitoriza atât parametrii electrici ai instalației cât şi pe cei luminotehnici în vederea comparării cu parametrii proiectați.

Intervențiile în sistemul de iluminat rutier se vor face pentru:

- constatarea defectelor, întreruperilor în funcționare şi a cauzelor accidentelor ori incidentelor
- repararea sau înlocuirea componentelor defecte
- reglaje mecanice, electrice şi optice
- curățirea compartimentului optic al aparatelor de iluminat
- ajustarea sau refacerea legăturilor electrice
- repararea sau înlocuirea coloanelor electrice ori a unor porțiuni de cabluri
- îndepărtarea efectelor acțiunii factorillor de mediu şi refacerea protecției elementelor din sistem (curățire, decapare, grunduire, vopsire, etc)
- corectarea sau refacerea instalațiilor de punere la pământ a sistemului

Procedurile de mentenanță vor ține cont de următoarele aspecte:

a)Siguranța şi sănătatea personalului

Operațiunile de mentenanță se vor face numai de către persoane autorizate de ANRE cu respectarea tuturor normelor specifice şi de protecția şi siguranța muncii.

b)Accesibilitate

Operatorii în sistem trebuie să lucreze confortabil, în siguranță şi fără a avea membrele întinse la limita lor fiziologică. Acest lucru reclamă din partea inginerilor responsabili următoarele:

- cunoşterea modului de accesare a obiectului intervenţiilor
- punerea la dispoziţia lucrătorilor a tuturor uneltelor, sculelor şi echipamentelor necesare
- furnizarea utilajelor de tip PRB, a schelelor şi scărilor după caz
- furnizarea mijloacelor potrivite de transport persoane şi materiale
- furnizarea echipamentelor de protecţie avertizare şi împrejmuire

c)Curăţirea adecvată a aparatelor de iluminat

Inginerii de mentenanţă vor alege cu grijă materialele şi procedeele de curăţire a suprafeţelor diverse, pentru evitarea zgîrierii, îngălbenirii sau mătuirii suprafeţelor din plastic, sticlă sau aluminiu ale elementelor optice (reflector, lampă, difuzor).

De asemenea, în cazul folosirii unor agenţi de curăţire noi, aceştia se vor testa întîi pe suprafeţe mici şi se vor folosi în masă doar după confirmarea unor rezultate bune.

d)Înlocuirea lămpilor

Se vor înlocui lămpile numai după curăţirea aparatelor de iluminat şi numai cu lămpi de tipul celor uzate sau defectate, fără producerea de stricăciuni în orice mod sistemului de prindere ori a elementelor optice

e)Înlocuirea elementelor de aparataj

Orice componentă electrică prezintă riscuri în exploatare astfel încât inspectarea şi testarea acestora trebuie făcută cu regularitate.

Combinate cu înlocuirile de lămpi, în special în înlocuirile de grup, inspecţiile vizuale şi testările aparatajelor pot fi benefice.

Înlocuirea lor poate fi făcută pe poziție sau în ateliere, dacă se înlocuieşte temporar sau definitiv placa de aparataj amovibilă.

Noile componente trebuie să aibă aceiaşi parametri cu cei ai componentelor uzate sau defecte, potrivit instrucțiunilor proiectantului sau producătorilor

f)Întreținerea suporților

Se vor inspecta periodic, potrivit planului de mentenanță, toți stâlpii şi toate consolele din sistem din punct de vedere al aliniamentului, integrității şi rezistenței la coroziune. Cînd se consideră necesar, eventual grupat cu alte tipuri de intervenție, suporții se vor repoziționa şi/sau se vor reface straturile de protecție.Eventualele părți mobile se vor curăța şi lubrifia.

În cazul suporților cu vechime mai mare de 20 ani, se va verifica stabilitatea structurală şi eventual se va planifica înlocuirea acestora

g)Liniile electrice

Pentru liniile electrice subterane se vor utiliza proceduri de defectoscopie specifice, cu ajutorul echipamentelor mobile de tip PRAM pentru detectarea cât mai precisă a defectului. Unde este cazul se vor executa manşonări sau înlocuirea tronsonului de cablu.

Cutiile electrice vor fi verificate din punct de vedere al coroziunii, amplasării, etanşeității şi accesului şi vor fi reparate sau înlocuite, după caz.

Întreaga activitate va fi înregistrată şi va fi orientată către îndeplinirea unor ***indicatori de performanță*** stabiliți de proprietarul sistemului de iluminat.

Proprietarul sistemului va decide dacă această activitate va fi efectuată cu surse, dotări şi resurse umane proprii sau o va delega către un operator specializat şi autorizat. Decizia se va baza pe analiza costurilor şi a indicatorilor de performanță.

5.4.Menținerea parametrilor proiectați

Nivelul inițial de iluminare al instalației de iluminat rutier va descreşte gradual în timp şi chiar dacă într-o anumită perioadă efectele pot fi mai greu sesizabile, ele pot atinge valori critice în lipsa intervenției specializate, conducînd astfel la evenimente nedorite: accidente, coliziuni, reducerea nivelului de trafic, ambuteiaje, etc.

Factorii ce influențează acestă depreciere pot fi:

a) necorectabili:

- îmbătrînirea în timp a componentelor (inerentă, greu de înlăturat prin mentenanță şi fără justificare economică)
- deprecierea în timp a reflectorului
- tensiunea la borne, temperatura, frecvența – au influență permanentă şi semnificativă, de aceea amploarea efectelor variațiilor acestor factori trebuie estimată şi inclusă în stadiul de proiectare în calculul factorului de menținere
- radiația solară în spectrul UV
- factori de mediu:
- poluarea chimică excedentă (atmosferă uleioasă, cu compuşi chimici aderenți şi dificil de îndepărtat)
- atmosferă salină (la malul mării)
- factori ocupaționali: exploatări de suprafață, pulverizarea de substanțe chimice deasupra culturilor, etc

b) corectabili

- factorul de menținere a fluxului luminos al lămpii (LLMF): corectabil prin acțiunea preventivă de ***înlocuire de grup a lămpilor;***

- factorul de „supraviețuire" (LSF): corectabil prin ***înlocuirea punctuală a lămpii arse*** LLMF şi LSF depind de tipul de lampă, de tipul de balast şi de parametrii energiei furnizate (tensiune, frecvență, ritmul întreruperilor);

- acumulări de praf şi murdărie pe toate suprafețele expuse ale aparatelor de iluminat şi lămpilor, rezultînd scăderea transparenței şi a puterii de reflectare: se corectează prin operațiuni programate periodic de curățire, corelate cu înlocuirea lămpilor;

- ieşiri accidentale din aliniamentul proiectat al aparatelor de iluminat, datorită
condițiilor meteo, erorilor de montaj, accidentelor: se corectează prin repoziționare;

- coroziunea sau defectarea suporților : se corectează prin întreținerea periodică a straturilor de protecție;

- deprecierea în timp a materialului din care este construit difuzorul aparatului de iluminat: poate fi corectat prin înlocuirea difuzorului;

- murdărirea sau scăderea capacității de reflectanță a pereților tunelurilor, pasajelor subterane, arcadelor: se corectează prin curățirea periodică a acestor suprafețe şi acoperirea cu materiale cu nivel crescut de reflectare a luminii;

- obstrucționarea luminii prin prezența vegetației: corectabil printr-o tundere adecvată a arborilor.

Încă din startul proiectării sistemului de iluminat rutier, proiectantul va stabili care este valoarea **factorului de menținere** ca indicator al deprecierii sau pierderii acceptate de lumină.

Acest factor, MF, reprezintă ***raportul dintre iluminarea medie pe planul de lucru după o perioadă certă de funcționare a instalației de iluminat și iluminarea medie obținută în condiții similare a aceleași instalații considerată în mod convențional ca nouă.***

$$MF = Em / Ein$$

unde:

Em este iluminarea medie menținută
Ein reprezintă iluminarea medie inițială

Prin calcularea factorului de menținere pentru aparatele de iluminat și condiții diferite de mediu și ținînd seama de programul de întreținere propus de proiectant, este posibil să se prevadă modelul de iluminare într-o instalație pe o perioadă anume de timp.

Factorul de menținere este un produs de alți factori:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \ (\times SMF)$$

unde:
LLMF este factorul de menținere a fluxului luminos al lămpii
LSF este factorul de supraviețuire al lămpii
LMF este factorul de menținere al aparatului de iluminat

în cazuri particulare (pasaje subterane, tuneluri), SMF reprezintă factorul de menținere al puterii de reflectare a suprafețelor.

Prin urmare, în proiectarea sistemului de iluminat se va ține cont de valori „menținute" ale parametrilor luminotehnici, între aceştia excepție făcînd factorul de orbire, T.I., ce caracterizează orbirea sau influența luminii obtruzive şi care are o valoare stabilită, constantă pe toată perioada de funcționare.

Pentru facilitarea şi scăderea costurilor menținerii parametrilor proiectați, încă din faza de proiectare se vor alege cu grijă echipamentele de iluminat şi suporții, avându-se în vedere:

- ✓ grad ridicat de protecție al compartimentului optic minim IP 65 (unde IP este definit conform IEC 529)
- ✓ grad de protecție al compartimentului aparataj minim IP43
- ✓ reflectorul trebuie realizat din AL de înaltă puritate
- ✓ difuzorul va fi construit din materiale rezistente la acțiunea radiațiilor în spectrul UV
- ✓ accesul la aparataj şi compartimentul optic să fie cât mai simplu, preferabil fără scule
- ✓ placa de aparataj să fie amovibilă iar soclul lămpii să fie prevăzut cu un sistem simplu anti-deşurubare
- ✓ stâlpii şi consolele se vor construi din oțel zincat la cald sau aluminiu şi eventual se vor acoperi cu strat protector de vopsea

- ✓ stâlpii vor fi protejați de acțiunea corozivă a solului în partea inferioară, în zona de montare în fundație

Opțiunile de folosire a aparatelor de iluminat cu autocurățire trebuie luate în calcul.

De asemenea, tot în faza de proiectare, se va avea în vedere simplificarea instalațiilor de iluminat prin alegerea a cât mai puține tipuri de aparate de iluminat, lămpi şi suporți.Pe acelaşi tronson de drum se va alege un singur tip de aparat de iluminat.

Proiectul instalațiilor de iluminat rutier va conține în mod obligatoriu şi următoarele livrabile:

- planul de operațiuni pentru menținerea valorilor proiectate ale parametrilor luminotehnici, inclusiv considerații privind:
  - accesul la piesele supuse reviziilor;
  - necesarul de scule, dispozitive şi instrumente;
  - asigurarea cu piese de schimb, inclusiv cu un număr de aparate de iluminat complet echipate;
  - proceduri şi cerințe de întreținere.
- graficul operațional, cu instrucțiuni, termene clare şi precise.

Responsabilii cu îndeplinirea acestor operațiuni vor organiza obligatoriu înregistrarea informațiilor survenite din exploatare (feedback): erori, defecte de fabricație, dificultăți apărute în exploatare pentru evitarea reapariției acestora în proiecte viitoare similare.

5.5.Gestiunea iluminatului rutier

Prin gestionarea iluminatului rutier se înțelege ansamblul de activități, operațiuni şi măsuri privind :

- recepția tuturor componentelor sistemului de iluminat şi a caracteristicilor tehnico-economice ale acestora
  Observații:
  - recepția se va face de la furnizorul de lucrări de instalare a sistemului de iluminat
  - pe baza acestei recepții se va întocmi sau completa documentul privind patrimoniul sistemului de iluminat aflat în gestiunea CNADNR
  - în cazul externalizării serviciilor de mentenanță, gestiune sau chiar management al iluminatului rutier către un operator privat, i se va preda acestuia patrimoniul ce urmează a fi gestionat

- exploatarea sistemului

- monitorizarea şi controlul parametrilor de funcționare

- sesizarea şi înregistrarea tuturor evenimentelor petrecute în sistem: defecțiuni, întreruperi, anomalii în funcționare, incidente, accidente

- înregistrarea măsurilor de remediere şi a statutului acestora

Gestionarea poate fi efectuată direct, prin mijloace proprii ale deținătorului sistemului de iluminat rutier sau prin externalizare către un operator specializat.

Pentru desfăşurarea corectă a acestei activităţi se poate înfiinţa un ***dispecerat*** separat sau integrat în cadrul dispeceratului general dedicat acestor categorii de drumuri.

Funcţiunile acestui dispecerat sunt:

- monitorizarea şi controlul funcţionării sistemului de iluminat
- monitorizarea şi controlul activităţilor de mentenanţă
- comunicarea cu organismele de control şi cu publicul interesat de funcţionarea iluminatului rutier
- controlul înregistrărilor / bazei de date dedicate iluminatului

Gestiunea iluminatului rutier va avea ca livrabile:

- ✓ rapoarte generale privind funcţionarea iluminatului pe fiecare sector de drum analizat
- ✓ rapoarte privind consumul de energie
- ✓ rapoarte de eveniment
- ✓ statutul intervenţiilor
- ✓ fişe de echipamente
- ✓ rapoarte tehnico-economice privind :
  - incidenţa defectelor şi întreruperilor în funcţionare într-o anumită perioadă, pe zone şi tipuri de echipamente
  - incidenţa accidentelor într-o anumită perioadă de timp pe zone şi intervale orare
  - semnalarea incidentelor cu impact negativ (furturi de energie / branşamente ilegale, întreruperi cauzate de terţi, etc)

5.6. Iluminat inteligent – soluții moderne de management

Abordarea managementului de la distanță, implementarea soluțiilor moderne de monitorizare şi control a iluminatului, modificarea responsabilă în timp real a anumitor parametri, emiterea de rapoarte necesare în luarea rapidă a deciziilor sunt caracteristici ale soluțiilor moderne de management ale unui iluminat inteligent.

Având în vedere faptul ca prezentul ghid se adresează in special iluminatului drumurilor naționale şi autostrăzilor şi specificul acestui tip de iluminat (noduri rutiere, intersecții, zone de conflict, etc) este de luat in considerare implementarea unui sistem de telemanagement. Dacă in cazul străzilor urbane cetățenii pot semnaliza disfuncționalitățile in sistemul de iluminat – datorita influenței directe asupra vieții personale, în cazul drumurilor naționale şi autostrăzilor acest lucru nu se întâmplă, sistemul de telemanagement rezolvând această problemă.

Recomandăm implementarea sistemelor de telemanagement care ***nu necesită înlocuirea componentelor sistemului de iluminat*** (exemplu: înlocuirea balasturilor electromagnetice cu cele electronice – operațiune costisitoare şi nejustificată economic).

Astfel, prin adăugarea unor echipamente de monitorizare şi control gestionate prin intermediul comunicațiilor wireless şi a unui soft dedicat, se pot realiza următoarele acțiuni:

- ✓ **Comanda de la distanță a sistemului de iluminat**: închidere / deschidere adresabilă, funcționarea după orare flexibile, programabile pentru întreaga rețea sau

pe tronsoane, zone, în acord cu condițiile atmosferice şi de anotimp.

- ✓ **Optimizarea consumului energetic**: diminuarea fluxului luminos pe perioade de trafic redus în care nu este necesar consumul la puterea maximă instalată.Ca şi în cazul comenzilor simple on/off, dimming-ul este adresabil.
- ✓ **Măsurarea consumului de energie individual, pe tronsoane sau în punctele de comandă şi control**
- ✓ **Diagnosticarea şi comunicarea stării aparatelor de iluminat**
- ✓ **Monitorizarea orelor de funcționare pe componente**
- ✓ **Gestiunea serviciului de iluminat rutier**:
    - gestionarea unei **baze de date** cu suport grafic descris în coordonate de poziționare globală referitoare la elementele individuale de rețea (tip echipamente, caracteristici, data punerii în funcțiune, etc)
    - citirea de la distanță a **contoarelor digitale** în sistem centralizat
    - gestionarea **intervențiilor** în sistemul de iluminat
    - gestionarea **sesizărilor** şi emiterea de **rapoarte de gestiune (defect, stare, etc)**
- ✓ **Autosesizarea în timp real a defecțiunilor sau intervențiilor neautorizate în sistem**
    - **Alarme** la apariția diferitelor tipuri de defecțiuni cu înştiințarea factorilor de răspundere (alarme sonore, video, sms)
    - Depistarea **branşamentelor ilegale** (furturi de energie)

Suplimentar, prin adăugarea unor componente în infrastructura iluminatului rutier (antene, senzori, luxmetre, camere video, etc), sistemul de telemanagement poate furniza informații care nu țin în mod direct de iluminat dar care pot adăuga valoare activității generale de administrare a drumurilor naționale şi autostrăzilor:

- ✓ Densitatea traficului rutier pe sectoare de drum
- ✓ Modificări ale condițiilor meteo şi ale nivelului de lumină naturală
- ✓ Calitatea aerului
- ✓ Comunicarea de informații către participanții la trafic, activi sau potențiali: prezența aglomerărilor, starea drumurilor, variante de ocolire, avertizări diverse
- ✓ Supravegherea video a anumitor sectoare de drum importante

De asemenea, pe tot traseul drumurilor naționale şi al autostrăzilor se poate furniza participanților la trafic serviciul de conectare la internet.

Avantajele implementării unui astfel de sistem inteligent de telemanagement al iluminatului public sunt următoarele:

- adaptabilitatea funcționării sistemului de iluminat la condițiile reale din teren (volum de trafic rutier, starea vremii, etc)

- diferențierea facilă de la distanță a iluminatului pe zone sau porțiuni de drum

- tratarea diferențiată a fiecărui punct luminos şi folosirea disponibilității luminii naturale

- economii majore de energie implicit contribuție importantă la protejarea mediului prin reducerea emisiilor de gaze de seră sau a noxelor

- economii foarte importante ale costurilor de mentenanță

- reducerea poluării luminoase (respectarea politicilor „dark sky")

- facilitarea unor servicii integrate oferite de administratorul de drum datorită comunicării wireless sau prin internet, cu ajutorul antenelor montate pe stâlpii de iluminat şi alimentate din rețeaua electrică a sistemului de iluminat: fluidizarea traficului, comunicarea de informații utile către participanții la trafic, supraveghere video, etc.Aceste facilități conexe se bazează pe tehnologii moderne de tipul WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), **Wi-Fi** (Wireless Fidelity) şi **PLC** (PowerLine Communications)

De remarcat că aceste beneficii se obțin datorită infrastructurii iluminatului rutier, cu respectarea normelor europene şi naționale de iluminat care au ca element central siguranța, confortul şi capacitatea de orientare a participanților la trafic.

CAPITOLUL VI

Utilizarea energiilor neconvenționale in iluminatul rutier

Există cazuri speciale când iluminatul rutier este imperios necesar, dar alimentarea cu energie electrică este extrem de dificilă şi foarte costisitoare.

Câteva exemple ar putea fi: sensuri giratorii aflate între localități, poduri, curbe deosebit de periculoase, zone cu foarte multe accidente din cauza configurației dificile a drumului, treceri le nivel cu calea ferată.

O soluție pentru iluminatul acestor zone poate fi producerea locală a energiei electrice necesară iluminatului rutier. Aceasta se poate realiza cu panouri fotovoltaice individuale (montate pe fiecare stâlp) sau prin crearea unei ferme fotovoltaice (câmp de panouri) .

Varianta recomandată este cu panouri fotovoltaice individuale, avantajul acestei soluții fiind suprafața ocupată redusă (nu necesită suprafețe mari pentru amplasarea panourilor, doar suprafața de teren ocupată de stâlpi) şi faptul că nu este necesară realizarea unei rețele de alimentare cu energie electrică.

Principiul de funcționare este următorul:

- Ziua:
    - panourile fotovoltaice produc energie electrică

- Energia electrică produsă, trece printr-un dispozitiv de comandă si control, încărcând o baterie de acumulatori;
- Dispozitivul întrerupe alimentarea bateriei atunci când este cazul pentru a evita supra-încărcarea acesteia;

- Noaptea:
  - Dispozitivul de control comută de la faza de încărcare a bateriei, la consum, alimentând corpul de iluminat cu energie;
  - Dispozitivul trebuie sa controleze descărcarea bateriei, astfel încât aceasta să nu se descarce complet;



Fig. 6.1 Sistem de iluminat fotovoltaic cu acumulatorii îngropați la baza stâlpului



Fig. 6.2 Sistem de iluminat fotovoltaic cu acumulatorii montați pe stâlp

Sistemul de iluminat cu panouri fotovoltaice prezentat în fig 6.1 cuprinde următoarele componente:

- Panouri fotovoltaice
- Baterie de acumulatori;
- Corp de iluminat;
- Dispozitiv de comandă şi control;
- Stâlp pentru susținerea panourilor si corpului de iluminat cu suport de prindere a acestora;
- Cablaje;
- Cutie pentru amplasare acumulatori;
- Fundație din beton pentru ansamblul descris mai sus.

Restricții tehnologice de luat in considerare:

- ***Tensiunea de lucru***: panourile fotovoltaice alimentează bateria cu curent continuu, de cele mai multe ori, 24V. Bateria alimentează consumatorii la un curent continuu la 12 sau 24V. Corpul de iluminat trebuie să fie proiectat să funcționeze la această tensiune. Soluția este următoarea:
    - Utilizarea corpurilor de ilumnat cu tehnologie LED şi cu aparataj adaptat pentru a lucra cu curent continuu. Alegerea acestei soluții se datorează faptului că ansamblul funcționează bine la tensiuni reduse şi curent continuu şi de asemenea posibilitățile de control a luminii sunt foarte bune.

- ***Durata de viață a bateriei de acumulatori***: trebuie aleşi acumulatori cu o durată de viață cât mai ridicată

şi care să suporte multe cicluri încărcare-descărcare (aprox. 365/an) şi de asemenea cicluri incomplete de încărcare/descărcare

- ***Posibilitatea furtului acumulatorilor***: Acestia se recomanda să fie instalați astfel încât să se reducă posibilitatea furtului – Într-o cutie amplasată la înălțime (fig 6.2) sau în subteran (fig 6.1), în fundația stâlpului într-o cutie specială;
- ***Influența temperaturii*** asupra caracteristicilor acumulatorilor: fluctuațiile mari de temperatură duc la modificarea caracteristicilor acumulatorilor, reducând capacitatea de acumulare şi durata de viață. Amplasarea în subteran, la o adâncime corespunzătoare ar elimina această problemă.
- ***Radiația solară redusă*** în anumite perioade ale anului;
- Se va amplasa sistemul doar în zone cu insolație puternică, evitându-se zonele cu umbrire (păduri, văi între munți, clădri, etc);
- Se va ține seama de asemenea că ridicarea maximă a soarelui în 21 decembrie este de maxim 21 grd față de orizontală, la amiază.

În aplicarea acestei soluții trebuie să se țină seama obligatoriu de prescripțiile prezentului ghid, parcurgând paşii descrişi la capitolul 1.În plus, recomandăm:

I. O analiză comparativă de costuri pentru sistemul clasic şi cel cu alimentare cu panouri fotovoltaice;
II. Calculul fotometric conform SR EN 13201-3 din care să rezulte corpul de iluminat ce trebuie utilizat;

III. Dimensionarea corectă a sistemului fotovoltaic, astfel încât bateriile să poată fi încărcate în cea mai defavorabilă zi, 21 decembrie, astfel încât să poată alimenta corpul de iluminat ales pentru cel puțin 5 zile consecutive fără soare (media zilelor fără soare pe timp de iarnă în România);

IV. La faza de recepție se va verifica conformitatea cu SR EN 13201-2 şi de asemenea funcționarea 5 zile în parametrii, fără aport solar;

V. Se va acorda atenție deosebită pentru dimensionarea stâlpului de susținere şi a fundației, precum şi construcției cutiei în care se amplasează bateria de acumulatori;

VI. Se va avea în vedere de asemenea la faza de întreținere, curățarea panourilor fotovoltaice: cel puțin 1 data la 6 luni precum şi verificarea bateriei, o dată pe an.

O altă soluție poate fi utilizarea energiei eoliene (fig. 6.3), prin montarea pe stâlp a unui generator eolian care să încarce o baterie de acumulatori la fel ca şi la soluția descrisă mai sus. Această soluție se va utiliza doar în zone cu vânt puternic şi constant ca intensitate la înălțimea de 8-10m față de sol şi eventual cu un studiu în prealabil.



Fig. 6.3 Sistem de iluminat eolian: vedere diurnă şi nocturnă

Atragem atenția încă o dată: aceste soluții alternative se vor lua în calcul doar dupa realizarea comparației de costuri între soluția clasică şi una din soluțiile neconvenționale, ținând cont de condițiile şi restricțiile de mediu.

CAPITOLUL VII

Preocupari similare în contextul European

Demersul CNADNR de a elabora un Ghid al condițiilor de iluminat pe drumurile naționale şi autostrăzi nu este unul singular, ci vine să se alăture eforturilor comune ale altor state membre ale comunității europene de a îmbunătăți dezvoltarea sectorului rutier şi a transportului pe drumurile publice precum şi relația dintre sectorul rutier cu alte moduri de transport şi cu societatea în general.

Urmarea a activității organizațiilor WERD şi DERD, în septembrie 2003, a luat ființă la Viena organizația non profit CERD (Conference of European Directors of Roads) care şi-a propus să sprijine cooperarea la nivel european privind schimbul de experiență şi de informații şi de a analiza şi discuta toate aspectele legate de drumuri, în special în infrastructură, managementul infrastructurii, traficului şi de transport, finanțare, probleme juridice şi economice, de siguranță, mediu şi de cercetare în toate aceste domenii.

Potrivit raportului din 2009 al acestei organizații privind siguranța drumurilor, publicat în iunie 2010, preocupările țărilor membre de a reglementa iluminatul pe drumurile publice au inclus următoarele concluzii:

- Evaluarea economică cost beneficiu implică luarea în considerație a costurilor legate de mentenanță şi operare

- Referitor la impactul politicilor de dezvoltare a drumurilor, inclusiv a iluminatului rutier, se vor analiza probleme legate de poluarea luminoasă, lumina obtruzivă, economia de energie şi influenţele asupra ciclului de viaţă şi comportamentului animalelor
- Siguranţa pe drumurile publice implică analiza tranziţiei de la întuneric la lumină şi invers (adaptarea vizuală)
- Păstrarea marginilor de drum neamenajate în ideea că lipsa iluminatului în zonele cu trafic scăzut implică mai puţine obiecte cu care participanţii la trafic pot intra în coliziune
- Includerea costurilor legate de siguranţa lucrătorilor şi sănătatea ocupaţională în estimarea costurilor cu mentenanţa

Raportul relevează de asemenea următoarele abordări ale fiecărei ţări în parte:

AUSTRIA

- Zonele urbane, intravilan: iluminat obligatoriu pe toate drumurile naţionale
- în general, în zonele rurale nu există iluminat, cu excepţia zonelor foarte periculoase: intersecţii, treceri de pietoni. Zonele cu risc sporit sunt identificate caz cu caz:
- există reglementări care arată că trecerile de pietoni trebuie iluminate suficient
- există un standard pentru iluminatul tunelurilor
- autostrăzile nu sunt iluminate, cu excepţia sectoarelor urbane

BELGIA şi OLANDA

- În interiorul localităților toate străzile sunt iluminate;
- Drumurile naționale sunt iluminate în zonele din apropierea localităților, zonele de conflict;
- Toate autostrăzile sunt iluminate pe toată lungimea lor

DANEMARCA

- reglementările pt iluminatul zonelor rurale: se ilumineză doar intersecțiile semaforizate, trecerile de pietoni şi intersecțiile cu drumuri principale
- există multe locații în zonele rurale cu iluminat: sensuri giratorii, intersecții majore, zonele întunecate (ex: împădurite)
- decizia iluminării zonelor rurale aparține autorităților publice, cu excepția zonelor de risc care trebuie iluminate obligatoriu
- în mediu urban sunt iluminate toate străzile

ESTONIA

- în interiorul spațiului urban sunt iluminate toate străzile
- autostrăzile sunt iluminate în totalitate, inclusiv porțiunile în rampă sau nodurile rutiere
- drumurile naționale au toate nodurile rutiere, intersecțiile şi stațiile de autobuz iluminate
- intersecțiile, trecerile la nivel cu calea ferată şi trecerile de pietoni sunt iluminate cu 250m înainte şi după
- autostrăzile şi drumurile naționale sunt iluminate continuu pe sectoarele care conțin intersecții sau noduri rutiere la

mai puțin de 2.000m sau pe sectoarele în care distanța dintre zonele iluminate scade sub 1.500m

- în spațiul rural sunt de asemenea obligatoriu iluminate tunelurile, conexiunile cu ferryboat-urile precum şi spațiile populare sau aglomerate amenajate pentru odihnă lîngă drumuri
- iluminarea rutieră este recomandată în sectoarele de drum cu incidență mare de accidente şi la intersecțiile cu separare de benzi de circulație

FINLANDA

- zona urbană: toate drumurile sunt iluminate
- zona rurală: toate sensurile giratorii şi intersecțiile sunt iluminate

Iluminarea drumurilor expres şi a autostrăzilor este rezultatul calculelor de profitabilitate, iar parametrii formulei de calcul a profitabilității se regăsesc în statisticile naționale

În general se iluminează :

- autostrăzile cu zonă mediană < 12m şi o medie zilnică a traficului ≥1.800 vehicule/zi;
- drumurile naționale deschise doar autoturismelor, cu 2 intersecții/km şi un trafic mediu ≥ 8.000 vehicule /zi;
- drumurile naționale cu participare largă cu un trafic mediu ≥6.000 vehicule/zi;
- drumurile naționale colectoare cu un trafic mediu ≥ 5.000 vehicule/zi;

Carosabilul autostrăzilor este iluminat între noduri dacă distanța dintre acestea coboară sub 1.500 m

FRANȚA

- deține cel mai vechi ghid de iluminat rutier (1974)
- prevederile acestui ghid sunt în curs de modificare şi se aplică în mod precaut
- între prevederile ghidului:
    - Autostrăzile se luminează astfel:
      - în totalitate dacă traficul are valori ≥ 50.000 vehicule /zi;
      - cînd traficul are valori cuprinse între 25.000 şi 50.000 vehicule pe zi se vor lumina continuu porțiunile de drum cu ditanța dintre noduri este mai mică de 5 km, în celălat caz iluminîndu-se doar nodurile rutiere;
      - pentru un trafic ≤ 25.000 vehicule/zi se vor ilumina doar nodurile rutiere;
    - Pe drumurile naționale în spațiul rural se vor ilumina doar intersecțiile periculoase, principalul parametru urmărit fiind uniformitatea .

De asemenea Standardul european EN 13201 este adoptat, existând şi un ghid de utilizare a acestuia.

GERMANIA

Dispozițiile privind iluminatul rutier fac parte dintr-o mulțime de ghiduri specifice de proiectare a drumurilor.De exemplu:

- EVA 2002: Recomandări pentru facilitățile dedicate pietonilor;
- RAST 2007: Ghidul pentru proiectarea drumurilor urbane;

- RABT: Ghidul pentru proiectarea şi exploatarea tunelurilor;

În toate zonele urbane cu construcţii drumurile sunt iluminate.

În afara localităţilor iluminatul pe drumurile naţionale este mai rar aplicat, decizia pentru ca o porţiune de drum să fie iluminată fiind luată în baza informaţiilor privind probabilitatea accidentelor pe timp de noapte sau a orbirilor din mediul ambiental (ex: lumină provenită de la drumuri secundare sau de la surse de la marginea drumurilor).

Pe autostrăzi sunt iluminate obligatoriu zonele de servicii, parcările şi zonele cu faciţităţi pentru petoni, intrările şi ieşirile.

GRECIA

În Grecia nu există un ghid sau o colecţie de recomandări naţionale privind iluminatul drumurilor .

Referitor la drumurile naţionale şi autostrăzi există următoarele preocupări:

- iluminatul este obligatoriu
  - În toate intersecţiile principale din reţeaua de drumuri naţionale;
  - În toate nodurile rutiere de pe autostrăzi şi drumurile naţionale cu 2 benzi pe sens
- iluminatul rutier şi de siguranţă este furnizat:
  - în majoritatea sectoarelor de drum ce conectează zonele urbane;
  - în zonele de parcare şi zonele de servicii de-a lungul autostrăzilor;
  - pe drumurile secundare ce fac legătura cu autostrăzile;

- pe orice sector de drum care conectează intreprinderi private cu rețeaua de drumuri naționale.

În general, decizia de iluminare a drumurilor este luată de autoritățile publice locale.

ISLANDA

Iluminatul rutier este asigurat pe următoarele sectoare de drum:

1. toate zonele urbane (viteza legală poate ajunge şi la 80 km/h);
2. în zonele rurale:
- în toate sensurile giratorii;
- în intersecțiile principale;
- în intersecții cu condiții speciale (geometrie proastă a drumurilor, înregistrări de accidente)

Aici există uneori iluminat sub presiune politică, de ex: drumul spre aeroportul Kevlavik.

IRLANDA

Există iluminat pe toate drumurile din zonele urbane.

În zonele rurale se iluminează obligatoriu:

- sensurile giratorii
- nodurile rutiere
- intersecțiile principale, cel care conțin insule pentru întoarcere şi cele care au un flux principal ≥ 12.000 vehicule/zi şi ramuri secundare cu flux ≥3.500 vehicule /zi;

ITALIA

Există deja un standard nou pentru proiectarea intersecțiilor care prevede iluminarea obligatorie a tuturor nodurilor rutiere şi a intersecțiilor cu separarea benzilor.

Nu există un standard formal pentru iluminat şi deşi EN 13201 a fost tradus şi însuşit de UNI, nu există un standard național adoptat de către guvern, de aceea specificațiile şi recomandările EN 13201 se urmează dar nu sunt obligatorii.

Italia are însă un ghid cu iluminat obligatoriu al tunelurilor care acoperă toate cerințele practice pentru proiectarea acestora.

LUXEMBOURG

În Luxemburg serviciile electromecanice utilizează standardul 13201 cu secțiunile 1 – 4, standard ce a fost transpus în legislația luxemburgheză din 2005.

NORVEGIA

În zonele urbane, cînd viteza este limitată la 60km/h se iluminează obligatoriu:

- trecerile de pietoni
- intersecțiile drumurilor cu pistele de biciclete sau căi de pietoni;
- sensurile giratorii;
- intersecțiile cu insule;
- zonele de taxare;
- conexiunile la ferryboat;
- sectoarele în care distanța dintre zonele iluminate scade sub 500m pentru asigurarea uniformității şi continuității.

În afara localităților se iluminează:
- autostrăzile cu limita de viteză de 100 km/h;
- drumurile naționale cu 4 benzi de circulație cu limita de viteză de 80 km/h şi un trafic mediu anual ≥ 20.000 vehicule / zi;
- drumurile naționale cu 2 benzi de circulație, cu limita de viteză de 90 km/h, rezevă centrală şi un trafic mediu de 8.000 – 12.000 vehicule /zi.

ELVEȚIA

În Elveția se întîlneşte o situație mai complicată: deşi există un standard elvețian pentru iluminarea drumurilor naționale bazat pe EN 13201 iar Asociația Elvețiană pentru Iluminat (PPP) a publicat explicații şi recomandări suplimentare, nu există un control centralizat al aplicării acestora deoarece responsabilitatea se situează la nivelul cantoanelor şi situația politică nu permite cea mai bună colaborare în acest sens.

Unele oraşe sau cantoane au chiar abordări mai sofisticate, mergînd până la eliminarea petelor negre de pe drumurile rurale.

Totuşi, drumurile din localități sunt bine iluminate ca şi majoritatea zonelor rurale.

REGATUL UNIT AL MARII BRITANII

Nu există cerințe speciale pt iluminatul rutier, dar în situațiile în care acestea apar, se mențin la nivelul standardelor existente.

Aproximativ o treime din rețeaua de drumuri naționale este iluminată.

Formal există un standard nou pentru proiectarea iluminatului, TD34 / 2007, conexat la standardele europene.Acesta completează standardul TA 47 / 2007 de evaluare a investițiilor în iluminat.

Aceste standarde au apărut în urma unei analize serioase a accidentelor şi incidentelor apărute pe timp de noapte pe drumuri strategice iluminate comparativ cu drumurile neiluminate.

Rezultatul acestor normative este că iluminarea anumitor sectoare de drum se face numai după analiza profitabilității iluminatului.

Alături de tehnica iluminatului se iau alte măsuri de îmbunătățire a condițiilor de siguranță pentru de plasarea pe drumurile naționale.De asemenea, se fac evalări complexe privind impactul iluminatului asupra naturii, biodiversității şi se aplică măsuri moderne pentru economia de energie.

După cum reiese din analiza CERD, ghidul propus pentru stabilirea condițiilor de iluminat pe drumurile naționale şi autostrăzile din România se înscrie într-o serie de eforturi similare ale celorlalte state europene, preocupări asemănătoare existînd şi în Statele Unite, Canada şi Australia.

Considerăm acest ghid un început în înțelegerea şi rezolvarea nevoilor reale de siguranță, confort şi orientare pe drumurile naționale si autostrăzi, un instrument perfectibil, folositor atât administratorului de drumuri cât şi proiectanților, executanțiilor cât şi celor care realizează întreținerea sistemului de iluminat.

CAPITOLUL VIII

BIBLIOGRAFIE

- Sisteme de iluminat interior si exterior – C. Bianchi, N. Mira, D. Moroldo, A. Georgescu, H. Moroldo ; Editura Marix Rom, Bucureşti 2001
- Public lighting on the national road network use of French standard NF EN 13201: RF08708; Editions du CERTU 2008
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines – ICTAVRU; Editions du CERTU 2009
- Studiu asupra sistemelor de iluminat destinate cailor de circulatie rutiere. Tuneluri rutiere si pasaje de nivel – 1998 – Andrei Opincaru
- L'ecleraige des carrefours a sens giratoire – Guide Tehnique; Editions du CERTU 1991
- DIN 67524-1 : 2008 - Lighting of street tunnels and underpasses - Part 1: General quality characteristics and guide values
- CEDR- Conference Europeenne de Directeurs de Routes – Road lighting and safety – may 2009
- SR EN 1838 / 2003 Aplicatii ale iluminatului de siguranta
- SR 13433:1999 – Iluminatul căilor de circulație. Condiții de iluminat pentru căi de circulație destinate traficului rutier, pietonal şi/sau cicliştilor şi tunelurilor/pasajelor subterane rutiere

- SR CEN-TR 13201-1 Iluminat public. Partea 1: Selectarea claselor de iluminat
- SR EN 13201-2 Iluminat public. Partea 2: Cerințe de performanță
- SR EN 13201-3 Iluminat public. Partea 3: Calculul performanțelor
- SR EN 13201-4 Iluminat public. Parte 4: Metode de măsurare a performanțelor fotometrice
- BS 5489-2:2003+A1:2008 Code of practice for the design of road lighting. Lighting of tunnels
- BS 5489-1:2003+A2:2008 Code of practice for the design of road lighting. Lighting of roads and public amenity areas
- CIE S 017 ILV International Lighting Vocabulary
- CIE 23 International Recommandations for Motorway Lighting
- CIE 88 Guide for the road tunnels and underpasses
- CIE 93 Road Lighting as an Accident Countermeasure
- CIE 115 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic
- CIE 132 Design Methods for Lighting of Roads
- CIE 140 Road Lighting Calculations
- CIE 144 Road Surface and Road marking Reflection Characteristics
- CIE 180 Road transport lighting for developing countries
- CIE 189 Calculation of Tunel Lighting Quality Criteria
- CIE 194 On Site Measurement of the Photometric Properties of Road and Tunnel Lighting
- CIE 193 Emergency lighting in road tunnels
- CIE TC 5.14 Maintenance of outdoor lighting systems

CAPITOLUL IX

ANEXE

Anexa 1. O modalitate de alegere a clasei de iluminat pentru drumuri

Anexa 2. Exemplu de alegere a clasei de iluminat M

Anexa 3. Clasificare a îmbrăcăminților rutiere uscate

Anexa 1. O modalitate de alegere a clasei de iluminat pentru drumuri

Parametru	Optiune	Indice de evaluare (Vws)	*Criteriu selectat (Vws)*
Viteza	Foarte mare	3	
	Mare	2	
	Moderata	1	
	Mica	0	
Volumul de trafic	Foarte mare	1	
	Mare	0,5	
	Moderat	0	
	Mic	-0,5	
	Foarte mic	-1	
Compozitia traficului	Mixt cu procent mare de trafic nemotorizat	2	
	Mixt	1	
	Doar motorizat	0	
Separare intre sensurile de mers	NU	1	
	DA	0	
Nivelui de luminanta ambientala	Mare	1	
	Moderata	0	
	Mica	-1	
Ghidaj vizual / control de trafic	Slab	0,5	
	Moderat sau bun	0	
		Suma punctajului	

CIE 115:2011

M = 6 – Vws Formula de calcul a clasei de iluminat M (ME)

C = 6 – Vws Formula de calcul a clasei de iluminat C (CE)

Anexa 2 – exemplu de alegere a clasei de iluminat M:

Parametru	Opțiune	Indice de evaluare (Vws)	*Criteriu selectat (Vws)*
Viteza	Foarte mare	3	
	Mare	2	2
	Moderata	1	
	Mica	0	
Volumul de trafic	Foarte mare	1	
	Mare	0,5	0,5
	Moderat	0	
	Mic	-0,5	
	Foarte mic	-1	
Compozitia traficului	Mixt cu procent mare de trafic nemotorizat	2	
	Mixt	1	1
	Doar motorizat	0	
Separare intre sensurile de mers	NU	1	1
	DA	0	
Nivelui de luminanta ambientala	Mare	1	
	Moderata	0	0
	Mica	-1	
Ghidaj vizual / control de trafic	Slab	0,5	0,5
	Moderat sau bun	0	
		Suma punctajului	5

Rezultă M=6 – Vws = 6 – 5 = 1

Clasa de iluminat este M1 sau ME1

Anexa 3. Clasificarea îmbrăcăminților rutiere uscate

Un sistem de clasificare a îmbrăcăminților rutiere în funcție de proprietățile lor de reflexie constituie un suport indispensabil în calculul luminanței în procesul de proiectare. Un astfel de sistem simplifică proiectarea, deoarece nu necesită utilizarea unui mare număr de tabele de reflexie. Un sistem de clasificare al suprafețelor rutiere permite gruparea acestora într-un număr redus de clase, în funcție de valoarea factorului S1 şi, acceptând anumite aproximări, să se stabilească pentru fiecare clasă un singur tabel de reflexie, caracteristic pentru clasa respectivă. Altfel spus, se poate atribui fiecărei clase un tabel de reflexie tip care poate să fie utilizat pentru calculul luminanței tuturor suprafețelor rutiere aparținând acelei clase.

S1 factor selectiv – se traduce ca şi caracterul selectiv al suprafeței studiate (efectul de oglindă). Corespunde cu partea de energie luminoasă reflectată pe o direcție specificată.

Standardul CIE 144:2001 «*Road Surface and Road Marking Reflection Characteristics*» introduce un nou parametru, coeficientul de luminanță pentru iluminatul difuz, Q_d, şi care comparativ cu Q_0 este mai uşor de măsurat. Parametrul Q_d a fost dezvoltat pentru marcajele rutiere, dar este de asemenea un parametru relevant pentru suprafețele rutiere.

Clasificările C, R, N ale îmbrăcăminților rutiere uscate în funcție de factorul S_1

Clasa		Tabele				
Nume	Limitele de variație ale factorului S_1	Nume	S_1	Q_d	Q_0	Q_0 / Q_d
CI	$S_1 < 0,40$	**C1**	0,24	0,090	0,100	1,11
CII	$0,40 \leq S1$	**C2**	0,97	0,054	0,070	1,30
RI	$S_1 < 0,42$	**R1**	0,25	0,087	0,100	1,15
RII	$0,42 \leq S_1 < 0,85$	**R2**	0,58	0,057	0,070	1,23
RIII	$0,85 \leq S_1 < 1,35$	**R3**	1,11	0,050	0,070	1,40
RIV	$1,35 \leq S1$	**R4**	1,55	0,052	0,080	1,54
NI	$S_1 < 0,28$	**N1**	0,18	0,092	0,100	1,09
NII	$0,28 \leq S_1 < 0,60$	**N2**	0,41	0,061	0,070	1,15
NIII	$0,60 \leq S_1 < 1,30$	**N3**	0,88	0,054	0,070	1,30
NIV	$1,30 \leq S1$	**N4**	1,61	0,054	0,080	1,48

(Sursa : CIE 144:2001 *Road Surface and Road Marking Reflection Characteristics)*

Clasele C se referă la imbrăcăminți rutiere realizate din beton de ciment.

Clasele R se referă la îmbrăcăminți rutiere realizate din asfalt. Cea mai des utilizată clasă de asfalt in România este R3.

Clasele N se referă la îmbrăcăminți rutiere realizate din asfalt utilizate în țarile nordice Norvegia, Danemarca, Suedia, Finlanda. Similare cu asfaltul de tip R

Corelația între sistemul de clasificare R şi compoziția, textura şi starea de uzură a îmbrăcăminților rutiere

Clasa îmbrăcăminţii rutiere	Tabelul tip	Textura îmbrăcăminţii rutiere	Natura îmbrăcăminţii rutiere
R I	**R 1**	Rugoasă cu asperităţi	- Îmbrăcăminţi bituminoase cu cel puţin 30% material concasat de culoare deschisă - Îmbrăcăminţi cu pietriş concasat cu o mare cantitate de material artificial deschis - Beton de ciment
R II	**R 2**	Rugoasă fără asperităţi	- Îmbrăcăminţi asfaltice cu cribluri de culoare deschisă - Beton asfaltic grosier şi rugos bogat în pietriş (60%) şi cu granule care pot depăşi 10mm - Asfalt turnat în stare nouă
R III	**R 3**	Netedă cu asperităţi	- Beton asfaltic (la rece) cu pietriş cu granule până la 10mm, cu textură cu asperităţi
R IV	**R 4**	Netedă fără asperităţi	- Asfalt turnat după mai multe luni de utilizare

(Sursa: Moroldo, D., *1999, Iluminatul urban. Aspecte fundamentale, soluţii şi calculul sistemelor de iluminat*, Ed. Matrix Rom, Bucureşti)

Prezentul GHID a fost relizat pentru Compania Națională de Autostrăzi şi Drumuri Naționale din Romania de S.C. I Măsurări Profesionale de Iluminat SRL în perioada august 2011- ianuarie 2012.

Autorii prezentului ghid :

Ing. Dan VĂTĂJELU

Ing. Andrei OPINCARU

Ing. Laurențiu CHIHAI

Ing. Radu TEBEŞEL

Ing. Sorin VIDIS

Ediția 1, Bucureşti 2012

Beneficiar:

Compania Națională de Autostrăzi si Drumuri Naționale din România SA – Bv. Dinicu Golescu 38 Bucreşti, România, email: office@andnet.ro

Executant:

SC I Masurări Profesionale de Iluminat SRL – Str. Maior Coraavu Ion 25, Sector 2, Bucureşti, România, email: office@1mpi.ro

Coordonator:

Ing. Dan Vătăjelu, dan@vatajelu.ro

C.N.A.D.N.R.: Bd. Dinicu Golescu nr. 38, sector 1, Bucureşti
Tel.: 021/264.32.56; Fax: 021/264.33.58