

ILUMINATUL TUNELEROR RUTIERE

Cuprins

Comentarii preliminare	3
Capitolul I.....	3
Definiții	3
<i>Secțiunea a 1-a.....</i>	<i>3</i>
<i>Domeniu de aplicare</i>	<i>3</i>
<i>Secțiunea a 2-a.....</i>	<i>3</i>
<i>Secțiuni relevante din punct de vedere fotometric</i>	<i>3</i>
<i>Secțiunea a 3-a.....</i>	<i>5</i>
<i>Cerințe vizuale.....</i>	<i>5</i>
<i>Secțiunea a 4-a.....</i>	<i>5</i>
<i>Unități generale de iluminat.....</i>	<i>5</i>
<i>Secțiunea a 5-a.....</i>	<i>6</i>
<i>Variabile specifice corpurilor de iluminat</i>	<i>6</i>
<i>Secțiunea a 6-a.....</i>	<i>7</i>
Variabile fotometrice specifice tunelurilor.....	7
Capitolul II.....	9
Concepte fundamentale referitoare la iluminat	9
<i>Secțiunea a 1-a.....</i>	<i>9</i>
<i>Cerințe generale</i>	<i>9</i>
<i>Secțiunea a 2-a.....</i>	<i>10</i>
<i>Cerințe fotometrice.....</i>	<i>10</i>
<i>Secțiunea a 3-a.....</i>	<i>12</i>
<i>Sisteme de iluminat</i>	<i>12</i>
Capitolul III	13
Dimensionarea sistemelor de iluminat	13
Capitolul IV	22
Control și reglare	22

<i>Sectiunea a 1-a.....</i>	22
<i>Iluminatul secțiunii de intrare</i>	22
<i>Sectiunea a 2-a.....</i>	22
<i>Iluminatul secțiunii interioare</i>	22
Capitolul V	23
Detalii privind execuția dispozitivelor	23
<i>Sectiunea a 1-a.....</i>	23
<i>Proiectarea luminilor pentru tuneluri</i>	23
<i>Sectiunea a 2-a.....</i>	25
<i>Valori implicite ale corpurilor de iluminat din tuneluri</i>	25
<i>Sectiunea a 3-a.....</i>	27
<i>Surse de lumină.....</i>	27
<i>Sectiunea a 4-a.....</i>	27
<i>Dispozitive de măsurare a luminii</i>	27
Capitolul VI	28
Tuneluri scurte	28
<i>Sectiunea a 1-a.....</i>	29
<i>Nivelul de vizibilitate</i>	29
<i>Sectiunea a 2-a.....</i>	32
<i>Sistemul de iluminat pentru tuneluri scurte</i>	32
Capitolul VII.....	34
Revizuirea planurilor	34
<i>Sectiunea a 1-a.....</i>	37
<i>Instrumente de măsurare fotometrice</i>	37
Capitolul VII.....	38
Referințe	38

Comentarii preliminare

Prezentul Ghid tehnic are la bază reglementarea tehnică RVS 09.02.41.-, TUNNEL LIGHTING “elaborată de către F.S.V.- Austria. **.(aceasta fraza este obligatorie datorita contractului cu autoritățile austriece)**

Capitolul I

Definiții

Secțiunea a 1-a

Obiect și Domeniu de aplicare

Art.1. (1) Prezentul ghid tehnic se va aplica în conformitate cu legislația națională privind proiectarea, execuția și inspectarea soluțiilor de iluminat pentru tunele rutiere și galerii.

(2) În cazul lucrărilor de renovare, Directiva se va aplica prin analogie, în măsura în care acest lucru nu încalcă principiul proporționalității. Se va acorda prioritate uniformității pentru participanții la trafic.

(3) Trebuie respectate prevederile Directivei 2009/125/CE

Secțiunea a 2-a

Secțiuni relevante din punct de vedere fotometric

Art.2. Secțiuni relevante din punct de vedere fotometric

- (1) Relevante fotometric sunt secțiunile de acces, de tunel și de legătură. Secțiunea tunelului cuprinde secțiunea de intrare, secțiunea interioară și secțiunea de ieșire (vezi Figura 1).
- (2) Pentru asigurarea unei iluminări optime și sigure, tunelul este împărțit în secțiuni distincte, stabilite în funcție de nivelurile necesare de intensitate luminoasă.
- (3) Această segmentare permite adaptarea iluminatului în funcție de condițiile de vizibilitate și de adaptarea vizuală a conducătorilor auto.

Art.3. Secțiune acces

- (1) Această secțiune corespunde secțiunii situate în fața portalului de intrare, extinzându-se pe o distanță echivalentă cu distanța necesară pentru o frânare în siguranță până la portal.
- (2) În această secțiune, șoferul trebuie să poată vedea traseul drumului, orice obstacole și toate detaliile necesare legate de portalul de intrare al tubului.
- (3) Luminanța în secțiunea de acces este determinată în principal de împrejurimile tunelului și de luminanța din zona de prag.

Art.4. Secțiune de intrare

- (1) Parte a secțiunii tunelului constând din zona de prag și zona de tranziție; în timpul zilei are lungimi diferite în funcție de luminanța din secțiunea de acces.
- (2) Iluminarea secțiunii de intrare îi permite șoferului aflat în secțiunile de acces să vadă în tunel și să detecteze obstacolele din zona distanței sale de oprire.

Art.5. Zona de prag

Zonă care începe la portalul tunelului și are o lungime egală cu cea a secțiunii de acces. Aici se petrece fenomenul de Gaură Neagră (Black Hole) cauzat de diferența mare între lumina exterioară și cea interioară.

Art.6. Zona de tranziție

- (1) Zona din tunel care urmează zonei de prag. Aceasta se termină când luminanța a scăzut la de 3 ori față de luminanța secțiunii interioare.
- (2) Iluminarea zonei de tranziție îi permite șoferului să se adapteze la timp de la luminozitatea ridicată a zonei de prag la luminozitatea redusă a secțiunii interioare.

Art.7. Secțiunea interioară

Parte a secțiunii de tunel care are o lungime diferită între zi și noapte. Începe de la capătul zonei de tranziție și se termină la portalul de ieșire în timpul zilei și cuprinde întreaga lungime a tunelului pe timp de noapte.

Art.8. Secțiunea de ieșire

Ultima secțiune a tunelului în care vizibilitatea șoferului este afectată de lumina naturală care pătrunde în tunel.

Art.9. Secțiunea de legătură

- (1) O secțiune care începe de la portalul de ieșire al tunelului și cuprinde o lungime corespunzătoare distanței de oprire.
- (2) Condițiile de iluminare din secțiunea de legătură asigură contactul vizual cu carosabilul după ieșirea din tunel.

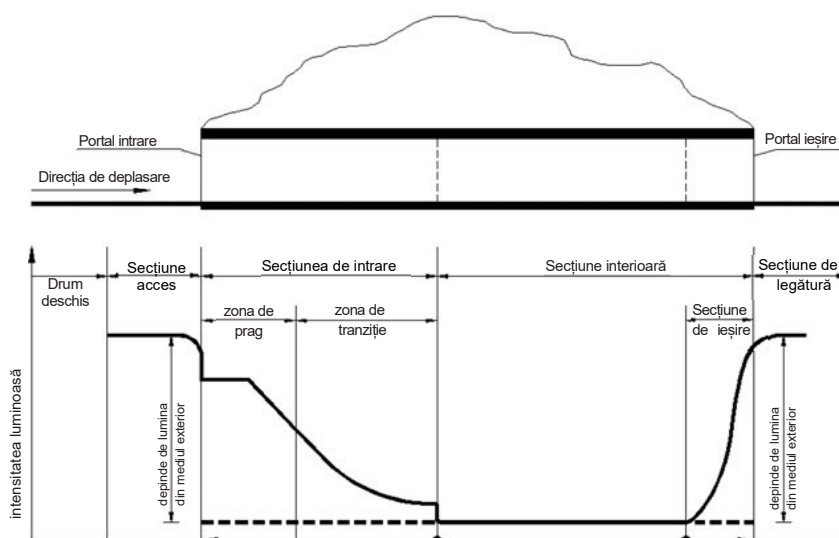


Figura 1 Reprezentare schematică a luminanței în timpul zilei

Art.10. Iluminatul refugiilor de urgență

Zonă de iluminat care începe la 30 m în fața refugiului de urgență (RU) în direcția de deplasare și se termină cu aceasta.

Art.11. Zonă interdependentă

O parte dintr-o bandă a tunelului unde vehiculele intră și/sau ies din tunel.

Art.12. Condiții privind iluminatul

Condițiile și criteriile fundamentale relevante pentru iluminatul tunelurilor au fost preluate din SR EN 12665.

Secțiunea a 3-a

Cerințe vizuale

Art.13. Efect de orbire

- (1) O condiție vizuală percepută ca neplăcută sau care are drept consecință o reducere a funcției vizuale din cauza distribuirii nefavorabile a luminanței sau a contrastelor excesive.
- (2) Efectul de orbire are un impact fiziologic și psihologic și afectează capacitatea vizuală a șoferului în plan fiziologic și psihologic.
- (3) În cazul iluminării tunelelor, cu excepția tunelelor foarte lungi, doar efectul fiziologic de orbire este important din cauza timpului de expunere redus.
 - a) Efect de orbire, fiziologic tipul de orbire ce reduce funcțiile vizuale, fără a provoca neapărat o senzație neplăcută.
 - b) Efect de orbire, psihologic tipul de orbire care provoacă o senzație neplăcută fără o reducere notabilă a funcției vizuale.

Art.14. Contrast

- (1) În mod subiectiv, evaluarea diferenței dintre două impresii vizuale imediat adiacente sau temporal consecutive; în mod obiectiv, o cantitate care se corelează cu contrastul de luminozitate perceput.
- (2) Contrastul obstacolelor se stabilește prin:
 - a) Proprietățile de reflexie ale obstacolelor, suprafeței rutiere și pereților
 - b) Distribuția intensității luminoase a corpurilor de iluminat
 - c) Componenta luminii diurne de la secțiunea de intrare și de ieșire

Art.15. Efectul de „gaură neagră” la intrarea în tunel

- (1) Efectul de „gaură neagră” se referă la percepția vizuală a șoferului în momentul în care se apropie de portalul de intrare al tunelului, în condiții de lumină naturală intensă. Din cauza contrastului puternic dintre iluminarea exterioară și întunericul relativ din interiorul tunelului, deschiderea acestuia apare ca o masă neagră, fără detalii vizibile. Acest fenomen afectează negativ percepția vizuală și confortul conducătorului auto, putând genera nesiguranță, ezitare sau întârzierea reacțiilor.
- (2) Pentru a reduce sau elimina acest efect, este esențială implementarea unui sistem de iluminat adaptiv în secțiunea de acces, care să asigure o tranziție vizuală lină prin iluminarea progresivă a secțiunii de intrare. Aceasta permite adaptarea treptată a vederii șoferului la condițiile de lumină interioară, asigurând vizibilitate optimă și siguranță sporită în trafic.

Secțiunea a 4-a

Unități generale de iluminat

Art.16. Iluminare E [lx]

Coeficient al fluxului luminos $d\Phi$ care intră în contact cu un element de pe suprafața ce include punctul și suprafața dA a acestui element.

$$E = d\Phi / dA$$

Art.17. Redarea culorilor

Efectul unui tip de lumină asupra percepției culorii obiectelor iluminate de aceasta, în comparație conștientă sau inconștientă cu percepția culorii acelorași obiecte sub efectul unui tip de lumină de referință.

Art.18. Indicele de redare a culorilor R_a

- (1) Valoarea medie conform CIE 13.3-1995 pentru un set fix de opt culori de testare.
- (2) R_a (CRI - Color Rendering Index), este o măsură care indică cât de fidel redă o sursă de lumină culorile obiectelor în comparație cu o sursă de referință (de obicei lumina naturală sau o sursă incandescentă).
- (3) Se exprimă printr-un scor între 0 și 100:
 - a) 100 înseamnă redare perfectă a culorilor (ex: lumina naturală la amiază).
 - b) Valori sub 80 pot însemna că obiectele par "opace" sau își schimbă nuanța în mod artificial sub acea lumină.

Art.19. Luminanță L [cd/m^2]

Componenta de flux luminos $d\Phi$ emis de un element de suprafață dA al unei suprafețe luminoase sau iluminate într-o direcție specifică într-un con cu unghiul solid $d\Omega$. Reprezintă variabila fotometrică percepută de ochi și care generează impresia de luminozitate.

$$L = d\Phi / (dA \cdot d\Omega) = dI / dA$$

Art.20. Luminanță, medie [cd/m^2]

Media luminanței calculată pe o anumită suprafață sau într-un anumit unghi solid

Art.21. Eficacitatea luminoasă [lm/W]

Coeficientul fluxului luminos emis și puterea consumată de sursa radiantă (cu excluderea accesoriilor cum ar fi balastul)

Art.22. Intensitatea luminoasă I [cd]

Coeficientul fluxului luminos $d\Phi$ emis de o sursă radiantă într-un element al unghiului solid $d\Omega$ și care include direcția dată și elementul de unghi solid.

$$I = d\Phi / d\Omega$$

Art.23. Flux luminos Φ [lm]

Variabilă fizică obținută din puterea radiantă prin evaluarea radierii conform efectului său asupra observatorului fotometric conform CIE.

*Secțiunea a 5-a**Variabile specifice corpurilor de iluminat***Art.24.** Eficacitatea luminoasă

Produsul sumei eficacității luminoase a sistemului aferente corpurilor de iluminat și randamentul luminos normalizat.

Art.25. Distribuția intensității luminoase a corpurilor de iluminat

- (1) O măsură a distribuției intensității luminoase spațiale a corpurilor de iluminat, care este înregistrată sub formă de tabele sau reprezentări similare în diagrame polare.
- (2) Intensitatea luminoasă este raportată la un flux luminos de 1000 lm pentru fiecare corp de iluminat.

Art.26. Eficacitatea sistemului de iluminat

Coeficientul fluxului luminos total al corpurilor de iluminat și suma puterilor electrice necesară pentru funcționarea corpurilor de iluminat (inclusiv balastul, compensarea, releele sau componentele electronice și unitățile de alimentare cu curent) aferente unei trepte de putere (reglată sau cu operare prin pornire/oprire).

Secțiunea a 6-a

Variabile fotometrice specifice tunelurilor

Art.27. Iluminarea exterioară E_A [lx]

Nivelul de iluminare pe orizontală pe un dispozitiv de măsurare a iluminării dispus în zona portalului frontal.

Art.28. Efect de pâlpâire și limitarea acestuia

- (1) Impresia de discontinuitate a senzațiilor vizuale provocate de stimulii luminoși cu fluctuații temporare ale luminanței sau distribuției spectrale.
- (2) Efectul de pâlpâire este deranjant cu precădere în intervalul cuprins între 4 Hz și 15 Hz. Intervalul de frecvență sub 4 Hz și peste 15 Hz este neglijabil.
- (3) Următorii parametri sunt esențiali pentru intervalul de interferență:
 - a) Durata expunerii
 - b) Frecvența (corespunzătoare vitezei de deplasare și distanței până la punctul de iluminat)
 - c) Magnitudinea modificărilor luminanței (gradientul)
 - d) Localizarea luminanței de interferență în câmpul vizual
- (4) Pentru efectul de pâlpâire, zona de interferență trebuie stabilită conform formulei de mai jos, fiind necesară și stabilirea distanței până la corpul de iluminat din secțiunii interior (a se vedea Figura 2).
- (5) Întrucât un timp de expunere mai mic de 20 sec. este neglijabil, distanța dintre corpurile de iluminat din secțiunii de intrare se poate selecta liber.

$$FF = v / (3,6 \cdot y)$$

cu:

FF frecvența de pâlpâire [Hz]

x Viteza maximă permisă de deplasare [km/h]

y Distanță dintre corpurile de iluminat din secțiunii interior [m].

Distanța dintre lumini[m]

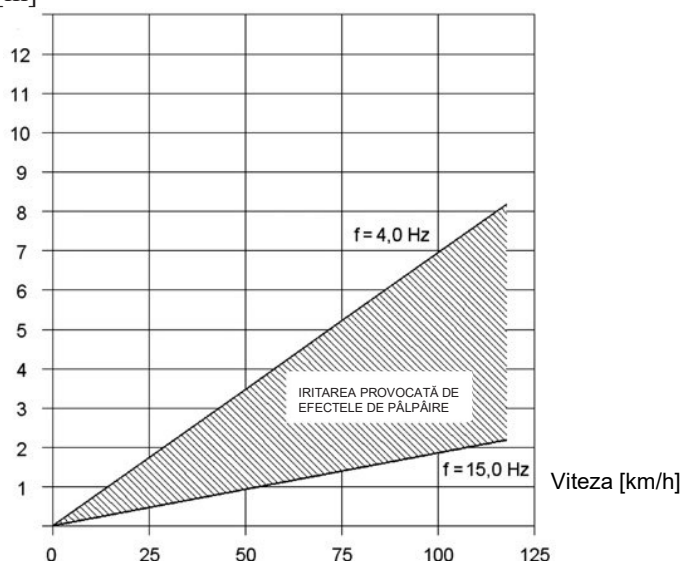


Figura 2. Intervalul de interferență provocat de pâlpâire

(6) Dacă distanța dintre finalul și începutul iluminării generată de două corpuri de iluminat adiacente operate în același mod este mai mică decât sau egală cu extinderea longitudinală a suprafeței de iluminare, efectul de pâlpâire poate fi ignorat.

Art.29. Uniformitate generală U_o

Raportul dintre luminanța minimă și medie a unui câmp de măsurare sau calcul

$$U_o = L_{\min} / L_m$$

Art.30 Coeficientul calității contrastului q_c [(cd/m²)/lx]

O măsură a proprietăților de redare a contrastului ale unui sistem de iluminare a tunelului (iluminare simetrică sau în contrafascicul). Se calculează pe baza coeficientului luminanței suprafeței rutiere L_{fe} și al iluminării verticale în direcția de deplasare E_{v+} (ca valoare medie).

$$q_c = L_{th} / E_{v+}$$

Art.31. Uniformitate longitudinală U_i

Raportul dintre luminanța minimă și maximă în axa longitudinală a observatorului în câmpul de măsurare sau de calcul.

$$U_i = L_{\min} / L_{\max}$$

Art.32. Proprietăți de reflexie

- (1) Caracteristicile îmbrăcăminților rutiere definite conform tabelelor standard de reflexie (plafoanele claselor R1 - R4 sau C1 - C2 cu coeficientul mediu de luminanță q_0).
- (2) Trebuie luați în considerare următorii coeficienți de luminanță pentru suprafețele rutiere diverse sau pentru pereții tunelurilor în faza de proiectare:
 - a) pentru plafoane din beton: R2 cu $q_0 = 0,08 \text{ cd/m}^2\text{lx}$
 - b) pentru suprafețe din mixturi bituminoase: R3 cu $q_0 = 0,05$ până la $0,07 \text{ cd/m}^2\text{lx}$
 - c) pentru pereții tunelurilor: $q_0 = 0,20 \text{ cd/m}^2\text{lx}$
- (3) Coeficientul de luminanță al îmbrăcăminții bituminoase trebuie stabilit în timpul alegerii rețetei de mixtură bituminoasă în funcție de tipurile regionale de roci și agregate pentru producția de mixturi bituminoase, precum și în funcție de posibilitățile de tratare ulterioară a îmbrăcăminții bituminoase (de ex. hidrosablare) în contextul unei optimizări tehnico-economice, cu luarea în considerare a costurilor de producție a mixturii bituminoase, precum și a costurilor de instalare și operare a sistemului de iluminat.

Art.33. Creșteri ale valorii de prag TI [%]

Parametru de evaluare pentru limitarea efectului fiziologic de orbire (consultați definiția).

Art.34. Iluminarea verticală în direcția de deplasare E_{v+} [lx]

Iluminarea pe o suprafață verticală vizibilă șoferului, perpendiculară pe direcția de deplasare la o înălțime de 20 cm. Alături de factorul de luminanță al suprafeței și de luminanța din fundal, stabilește contrastul dintre această suprafață și fundalul său.

Art.35. Niveluri de luminanță specifice tunelurilor

- (1) Luminanța suprafeței rutiere L_{sr} [cd/m²], luminanța medie pe o suprafață rutieră dată.
- (2) Luminanța în secțiunea de acces L_{20} [cd/m²], luminanța medie a câmpului vizual al șoferului pe distanța de oprire.
- (3) Luminanța în zona de prag L_{th} [cd/m²], luminanța medie a suprafeței rutiere în prima jumătate a zonei de prag (a se vedea Figura 1).
- (4) Luminanța în secțiunea interioară L_{in} [cd/m²], luminanța medie a suprafeței rutiere în secțiunea interioară (a se vedea Figura 1).

- (5) Luminanța de pe perețele tunelului L_p [cd/m^2], luminanța medie pe perețele tunelului în intervalul de înălțime 0 m - 2 m deasupra trotuarului.
- (6) Luminanță în zona de tranziție L_{tr} [cd/m^2], luminanța medie a suprafeței rutiere în zona de tranziție (a se vedea Figura 1).
- (7) Luminanța de voal L_v [cd/m^2], parametru de evaluare pentru stabilirea efectului fiziologic de orbire.

Art.36. Condiții influențate de trafic

- (1) Distanța dintre detecția pericolului și distanța de oprire fără coliziune sau distanța necesară pentru întreruperea intenționată a unei deplasări.
- (1) Intervalul de timp dintre apariția unui anumit stimul (solicitarea unei reacții) și începutul primei acțiuni asociată acestuia (reacția).
- (2) Întârziere, reducerea vitezei sau accelerația negativă.

Art.37. Condiții specifice tunelurilor

Toate dispozitivele de siguranță menționate sunt definite cu abrevierile aferente în ghidurile tehnice indicativ AND 622 și indicativ AND 623.

Capitolul II

Concepte fundamentale referitoare la iluminat

Art.38. Nivelul de iluminare ales într-un tunel reprezintă un echilibru dintre calitatea și economia exploataării.

- (1) Referitor la distanța dintre corpurile de iluminat, trebuie stabilită și optimizată relația cu echipamentul de operare și de siguranță (a se vedea AND 623).
- (2) Cu precădere, dispunerea echipamentelor de siguranță (de ex., ventilatoare puternice) trebuie adaptate astfel încât să nu se influențeze distribuția luminii, pe cât posibil.
- (3) Tunelurile cu o lungime ≥ 500 m trebuie prevăzute cu sisteme de iluminat în conformitate cu prevederile din Capitolul 3; tunelurile cu o lungime < 500 m sunt considerate tuneluri scurte, conform prevederilor din Capitolul 6.

Secțiunea a 1-a

Cerințe generale

Art.39. Necesitatea iluminatului în tunele

- (1) Cerințele de iluminat în tunele se stabilesc în funcție de caracteristicile ochiului uman.
- (2) Capacitatea de recunoaștere a vehiculelor și obstacolelor depinde atât de proprietățile de iluminare, cât și reflexie ale suprafeței rutiere și ale pereților tunelurilor.
- (3) Conducătorul unui vehicul care se deplasează cu viteza maximă admisă trebuie să poată repera clar benzile de deplasare, alte vehicule și obstacolele de pe suprafața rutieră, cel puțin pe lungimea distanței de oprire.

Art.40. Structura traficului

La dimensionarea iluminatului, trebuie avute în vedere diferitele tipuri de trafic, cu excepția cazului în care se asigură separarea prin mijloace structurale. Trebuie să se țină cont de următoarele aspecte:

- a) Vehicule și motociclete
- b) Trafic de biciclete și moped
- c) Trafic pietonal

Art.41. Condiții de vizibilitate și trafic

Valorile indicate în prezentul normativ se aplică tunelurilor cu condiții normale de instalare; în cazul condițiilor speciale (de ex. interdependențe de trafic), trebuie efectuate analize separate.

Art.42. Distanța până la semafoare

- (1) Acolo unde este posibil, trebuie menținută o distanță laterală de cel puțin 1 m între luminile din tunel și semafoare, indicatoare cu mesaje variabile, indicatoare rutiere și de informare și semnale de bandă cu iluminare interioară.
- (2) Dacă acest lucru nu este posibil în secțiunea interioară a unui tunel, astfel de indicatoare rutiere trebuie amplasate la jumătatea distanței dintre două corpuri de iluminat din tunel.

Art.43. Luarea în considerare a distanței de oprire

- (1) La dimensionarea iluminatului din secțiunea de intrare, distanța de oprire, care include distanța de reacție și distanța de frânare, trebuie luată în considerare prin aplicarea următoarei metode de aproximare (a se vedea și Tabelul 1).

$$s_H = x_O + x$$

cu:

s_H distanța de oprire [m]

x_O distanța de reacție [m]

x Distanța de întârziere [m]

- (2) Distanța de reacție (x_O) rezultă din:

$$x_O = (v / 3,6) \cdot t_o$$

cu:

v viteza maximă permisă [km/h]

t_o Timpul de reacție (t_o cu o valoare de 1,2 s trebuie luat în calcul la planificare)

- (3) Distanța de frânare se calculează astfel:

$$x = (v / 3,6)^2 / [2 \cdot g \cdot (f_B \pm s / 100)]$$

cu:

g accelerația gravitațională de 9,81 m/s²

f_B Factorul mediu de întârziere la frânare [-] (f_B cu o valoare de 0,65 trebuie avut în vedere la planificare)

s Înclinația drumului cu rampă (-) sau pantă (+) [%]

Tabelul 1. Lungimea distanței de oprire raportat la viteza maximă admisă

Viteza maximă admisă [km/h]	Distanța de oprire s_H [m] unde $s = 0$
100	93
80	65
70	52
60	41
50	32

Secțiunea a 2-a

Cerințe fotometrice**Art.44. Valori de planificare și de exploatare**

- (1) Se face o deosebire fundamentală între valorile de exploatare și de planificare pentru cerințele sistemului de iluminat.

- (2) Valoarea de exploatare a luminanței L_{BE} este acea valoare sub care nu trebuie să se scadă în niciun moment pe parcursul exploatării instalației de iluminat. Valoarea de planificare a luminanței L_{PL} este definită drept coeficientul dintre luminanță (valoarea de exploatare) și factorul proiectat.

$$L_{PL} = L_{BE} / f_{PL}$$

- (3) Factorul proiectat al f_{PL} se stabilește în funcție de rezultatul dintre factorii de exploatare și de sistem.

$$f_{PL} = f_{BF} \cdot f_{SF}$$

cu:

f_{BF} Factor de exploatare [–]

- (3) Factorul de exploatare ține seama de durata de viață a corpurilor de iluminat și de intervalele de curățare programate pentru pereții tunelurilor, carosabil și sistemul de iluminat și este stabilit la o valoare de 0,7.

f_{SF} Factor de sistem [–]

- (4) Căderea de tensiune trebuie stabilită în funcție de condițiile sistemului electric. Factorul de sistem depinde de reducerea fluxului luminos din cauza căderii de tensiune. Acesta trebuie aplicat în funcție de tipul de corp de iluminat selectat sau de puterea acestuia și de tensiunea de exploatare (în % din tensiunea nominală U_n) disponibilă în cel mai îndepărtat loc de instalare pe corpul de iluminat (a se vedea Figura 3).

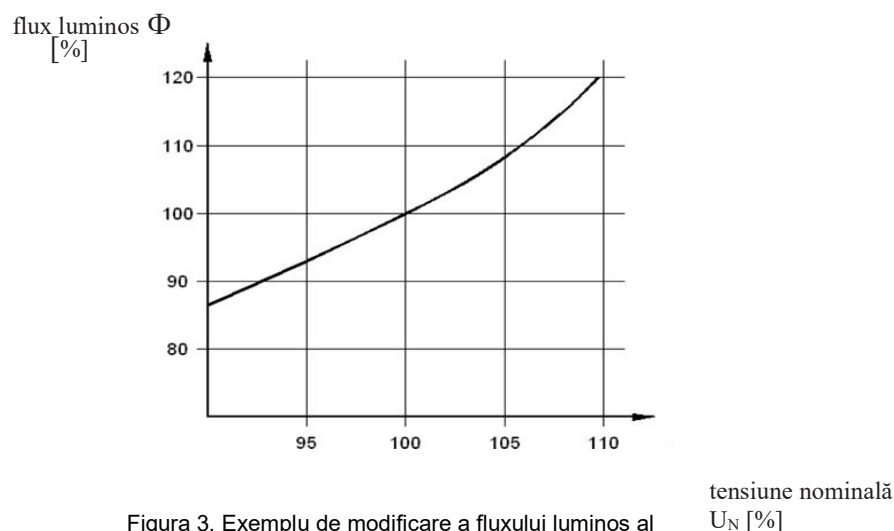


Figura 3. Exemplu de modificare a fluxului luminos al
unul corp de iluminat cu vapori de sodiu la
presiune înaltă (ST) 150 W

- (5) Pentru proiectarea sistemelor de iluminat cu LED, trebuie aplicat un factor de proiectare f_{PL} de 0,67.

Art.45. Uniformitate

- (1) Uniformitatea luminanței se stabilește de lumina incidentă, caracteristicile de reflexie ale suprafeței și unghiul de observare.
- (2) Pe lângă nivelul de luminanță, uniformitatea este decisivă și pentru capacitatea de recunoaștere a obiectelor. Pentru calcul și măsurare, se aplică specificațiile din Capitolul 7.
- (3) În cazul iluminatului cu fascicul spre spate, raportul dintre înălțimea corpului de iluminat și spațiul dintre punctele de iluminat nu trebuie să depășească 1: 2,5 în intervalul 100 %-25 % L_{sr} .
- (4) Cerințele de uniformitate din Tabelul 2 trebuie respectate în secțiunea interioară, cu luarea în considerare a claselor de pericol conform AND 621.

Tabelul 2. Uniformitate minimă

Clasă de pericol	Uniformitate generală $U_0 \geq$	Uniformitate longitudinală $U_1 \geq$
I și II	0,35	0,55
III și IV	0,4	0,6

(5) Se vor menține nivelurile minime de uniformitate menținute până la o reducere cu 50% a luminanței necesare în secțiunea interioară.

Art.46. Limitarea efectului de orbire

- (1) Stimulii luminoși generați de corpurile de iluminat nu trebuie să obstrucționeze o bună direcționare optică.
- (2) Creșterea pragului TI (Threshold Increment) cauzată de instalația de iluminat nu trebuie să depășească 15% pe timp de zi și de noapte, în toate tronsoanele tunelului.
- (3) Dacă se utilizează corpuri de iluminat cu LED, această valoare nu trebuie să depășească 10%. TI se calculează în funcție de luminanța suprafeței rutiere L_{fx} , pe baza următoarelor formule:

$$\begin{aligned}
 TI &= 65 \cdot L_V / L_{SFX} \quad 0,8 && \text{pentru } L_{SFX} \leq 5 \text{ cd/m}^2 \\
 TI &= 95 \cdot L_V / L_{SFX} \quad 1,05 && \text{pentru } L_{SFX} > 5 \text{ cd/m}^2
 \end{aligned}$$

cu:

L_V luminanța de voal

L_{SFX} luminanța carosabilului pe secțiunea de tunel corespunzătoare [cd/m^2]

Dacă se indică în programul de calcul valorile pentru fiecare bandă, trebuie calculată valoarea medie pentru toate benzile.

Secțiunea a 3-a

Sisteme de iluminat

Art.47. (1) Iluminatul tunelului trebuie dimensionat în funcție de aspectele economice și de nivelul de iluminat necesar.

Art.48. Iluminat în contrafascicul



Figura 4. Diagramă cu iluminatul în contrafascicul

- (1) În cazul iluminatului în contrafascicul, distribuția intensității luminoase a corpurilor de iluminat este orientată cu precădere în sens invers direcției de deplasare. Obstacolele par întunecate pe fundalul luminos (a se vedea Figura 4).
- (2) Comparativ cu iluminatul simetric, iluminatul în contrafascicul oferă, în general, niveluri superioare de luminanță pe suprafața rutieră pentru același flux luminos și contraste negative mai puternice comparativ cu suprafața rutieră pe secțiunea de intrare.
- (3) Ca regulă, din rațiuni economice, se recomandă iluminatul în contrafascicul pentru zonele de prag și de tranziție.
- (4) Coeficientul de calitate a contrastului q_c trebuie să fie de cel puțin $0,5 \text{ cd/m}^2 \text{ lx}$, iar creșterea valorii de prag TI trebuie să fie sub 15%.

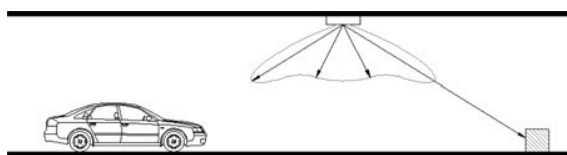
Art.49. Iluminat simetric

Figura 5. Diagramă cu iluminatul simetric

- (1) În cazul iluminatului simetric, distribuția intensității luminoase a corpurilor de iluminat este simetrică (către și dinspre direcția de deplasare) (a se vedea Figura 5).
- (2) Iluminatul simetric trebuie avut în vedere pentru condiții speciale de iluminat (de ex., galerii).
- (3) Coeficientul de calitate a contrastului q_c nu trebuie să depășească $0,5 \text{ cd/m}^2 \text{ lx}$, iar creșterea valorii de prag TI trebuie să fie sub 15%.

Capitolul III**Dimensionarea sistemelor de iluminat****Art.50. Stabilirea luminanței L_{20} din secțiunea de intrare**

- (1) Luminanța secțiunii de acces reprezintă factorul decisiv de luat în calcul la proiectarea iluminatului din secțiunea de intrare.
- (2) Dacă, în funcție de zi, luminanța măsurată în secțiunii de acces depășește luminanța proiectată L_{20} , trebuie redusă în mod adecvat viteza de deplasare (a se vedea AND 623).
- (3) Pentru tunelurile noi, valoarea luminanței L_{20} se stabilește conform prevederilor de la Art. 46. Dacă nu se poate stabili această valoare în funcție de aceste date (de ex., nu s-a definit încă proiectarea portalului), L_{20} se stabilește prin metoda aproximării, conform prevederilor de la Art. 47.
- (4) Pentru tunelurile existente, luminanța L_{20} trebuie stabilită conform Art. 53.

Art.51. Stabilirea luminanței L_{20} cu un câmp de evaluare de 20°

- (1) Conform acestei metode, L_{20} se calculează folosind o reprezentare la scară reală a zonelor înconjurătoare ale intrării în tunel de la nivelul distanței de oprire (a se vedea Figura 6), valorile luminanței pentru câmpurile de evaluare (a se vedea Tabelul 3) și formula de mai jos:

$$L_{20} = \gamma L_o + \rho L_{sr} + \varepsilon L_U + \tau L_{th}$$

cu:

 γ Procent orizont [%] L_o Luminanță orizont [cd/m^2] ρ Procent din carosabil [%] L_{sr} Luminanța suprafeței rutiere [cd/m^2] ε Procent din mediu înconjurător [%] L_U Luminanța împrejurimilor [cd/m^2] τ Procent din zona de prag [%] L_{th} Luminanța zonei de delimitare [cd/m^2]

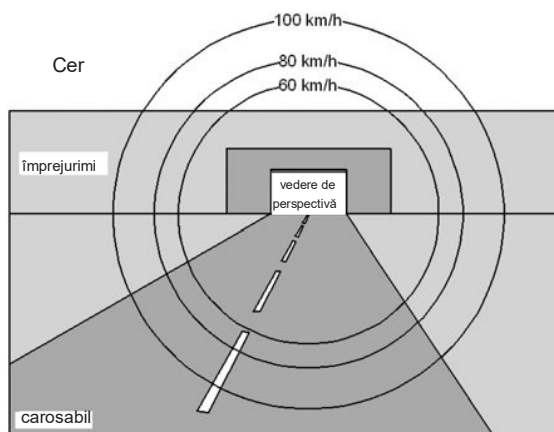


Figura 6. L20 Câmp de evaluare

(2) Pentru fiecare intrare în tunel, situația portalului trebuie prezentată de la nivelul distanței de oprire.

Tabelul 3. Valorile luminanței pentru componentele din suprafața L₂₀

Direcție de deplasare	Luminanță [kcd/m2]								
	Lo	L _{sr}		L _u					
	Orizont	Suprafață imbrăcămin te bituminoasă	Suprafață beton	Rocă	Clădire	Zăpadă		Pășuni	Pădure
						Suprafață verticală	Suprafață orizontală		
Nord	8	3	4	3	8	15	15	2	1
Est-vest/ Vest-est	12	4	5	2	6	10	15	2	1
Sud	16	5	6	1	4	5	15	2	1

- (3) În Figura 6, câmpurile de evaluare a L₂₀ în funcție de distanța maximă admisă sunt prezentate din perspectiva distanței de oprire. Centrul cercului este dat de punctul din centrul benzii la portalul tunelului. Observatorul este poziționat în centrul benzii din dreapta, la o înălțime de 1,50 m deasupra benzii.
- (4) Conform reprezentării din Figura 6, tipurile de sub-zone individuale (rocă, orizont, clădiri) trebuie evaluate ca proporții din suprafața totală a L₂₀ din Tabelul 3.

Art.52. Stabilirea luminanței L₂₀ prin metoda aproximării

(1) Pentru calcularea L₂₀ se aplică următoarea formulă:

$$L_{20} = 2.000 [\text{cd/m}^2] \cdot k_{VO} \cdot k_{DD} \cdot k_{VM} \cdot k_{MT}$$

cu:

k_{VO} Factorul părții vizibile din orizont (a se vedea Tabelul 4)

k_{DD} Factorul direcției de deplasare (a se vedea Tabelul 5)

k_{VM} Factorul vitezei maxime admise (a se vedea Tabelul 6)

k_{MT} Factorul modalității de transport (a se vedea Tabelul 7)

Tabelul 4. Factorul părți vizibile din orizont

Partea vizibilă din orizont [%]	k_{vo} [–]
0	1,00
10	1,05

25	1,10
35	1,20

Tabelul 5. Factorul direcției de deplasare

Direcția de deplasare	k_{DD} [-]
Nord	1,50
Est-vest	1,70
Sud	2,00

- (2) Pentru un procent din orizont de peste 25%, factorul k_{DD} trebuie stabilit la 2,3.

Tabelul 6. Factorul vitezei maxime admise

viteza maximă admisă [km/h]	k_{VM} [-]
≤ 80 pentru drumurile naționale	0,60
≥ 80 pentru autostrăzi și drumuri expres	1,00

Tabelul 7. Factorul modalității de transport

Mod de transport	k_{MT} [-]
Vehicule și motociclete	1,00
Trafic de pietoni, biciclete și moped	1,20

Art.53. Stabilirea luminanței L_{20} prin măsurători

- (1) La reînnoirea sau adaptarea unui sistem de iluminat pentru un tunel cu o lungime ≥ 500 m, datele înregistrate ale măsurătorilor L_{20} din sistemul de control trebuie utilizate timp de cel puțin un an, dacă este posibil.
- (2) Pentru clasele de pericol I și II, se vor utiliza ca referință valorile luminanței corespunzătoare percentilei 95, iar pentru clasele de pericol III și IV se vor utiliza valorile luminanței corespunzătoare percentilei 98. Evaluarea trebuie să se bazeze pe valorile orare raportat la numărul anual de 8.760 de ore.
- (3) Se recomandă verificarea factorilor de corecție salvați în sistemul de control al tunelului (pentru corectarea în funcție de diferitele unghiuri de vizualizare ale observatorilor sau contoarele de luminanță) printr-o măsurare comparativă a luminanței în câmpul de evaluare L_{20} pentru fiecare portal de intrare înainte de evaluare.
- (4) Această operațiune trebuie realizată din pozițiile efective ale observatorilor, folosind un instrument de măsurare care îndeplinește condițiile de la Art. 125.
- (5) În cazul abaterilor, valorile măsurate înregistrate în sistemul de control trebuie evaluate în consecință și corectate, după caz.
- (6) Dacă nu sunt disponibile astfel de date de măsurare în sistemul de control, se va recurge la măsurarea luminanței L_{20} pe o perioadă de cel puțin un an/portal al tunelului. Trebuie aplicate analog cerințele de la Art. 94 cu privire la dispunerea și proiectarea acestui echipament de măsurare, care trebuie instalat temporar.
- (7) Dispozitivul de măsurare a luminanței trebuie aliniat astfel încât să se înregistreze cât de mult posibil luminanța din câmpul de evaluare conform Figura 6. Abaterile asociate poziției observatorului trebuie corectate prin intermediul unui coeficient de corecție.
- (8) Pentru stabilirea acestui coeficient de corecție, luminanța din câmpul de evaluare L_{20} trebuie măsurată și din poziția efectivă a observatorului folosind un instrument de măsurare care respectă condițiile de la Art. 125, iar rezultatele de măsurare ale acestui eșantion vor fi comparate cu cele ale dispozitivului de măsurare instalat temporar.

Art.54. Iluminatul zonei de prag și zonei de tranziție

- (1) Benzile de circulație trebuie iluminate conform modelului de iluminat ilustrat în Figura 7. Acesta trebuie să descrie cel puțin curba ilustrată.
- (2) În zona de prag și zona de tranziție, pereții amplasați până la 2 m deasupra trotuarului trebuie iluminați cu cel puțin 50% din luminanța carosabilului.
- (3) Pentru tunelurile bidirecționale, această cerință se aplică doar peretelui tunelului din partea dreaptă în secțiunea de intrare pe direcția de deplasare.

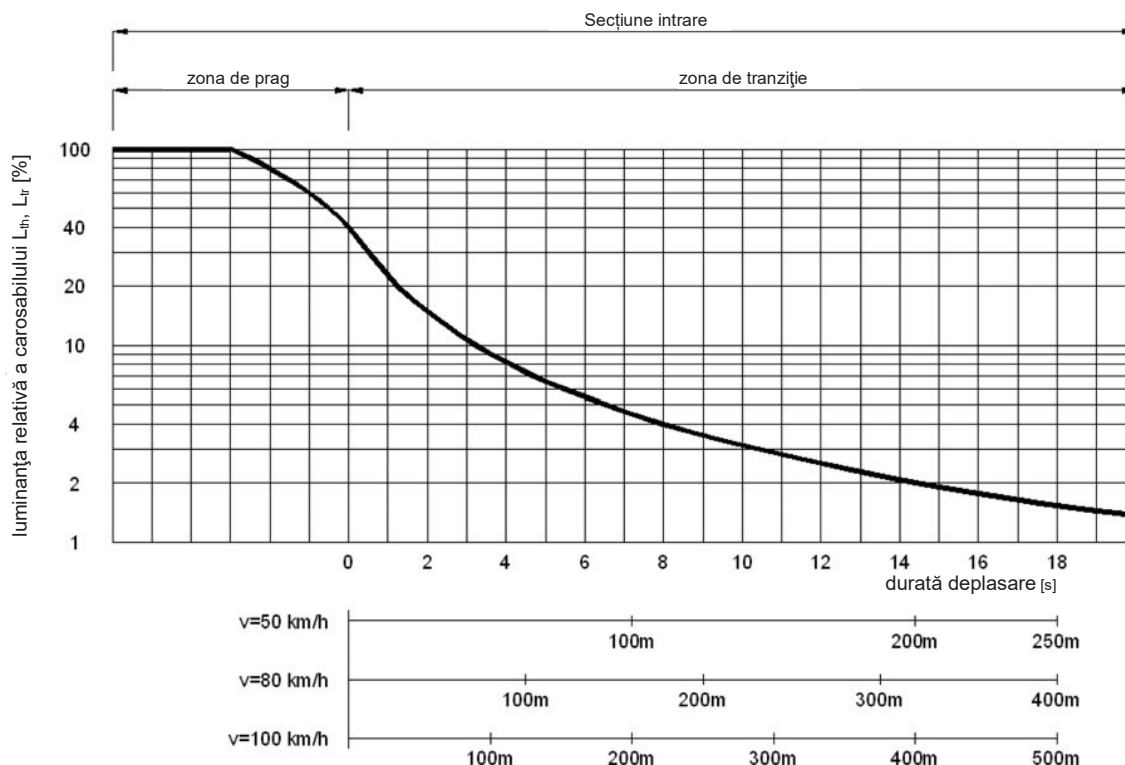


Figura 7. Curba luminanței în zona de prag și de tranziție

Art.55. Iluminatul zonei de prag

- (1) Conform CIE, după jumătatea zonei de prag, luminanța conform Figura 7 trebuie redusă continuu la 40% din valoarea inițială până la finalul zonei de prag. Valoarea luminanței este definită ca valoare de exploatare (a se vedea Art. 42).
- (2) Luminanța medie a carosabilului în prima parte a zonei de prag (L_{th}) se stabilește în funcție de luminanța din zona de intrare (L_{20}) și a factorului de viteză k pe baza următoarei formule:

$$L_{th} = k \cdot L_{20} \text{ [cd/m}^2\text{]}$$
- (3) Tabelul 8 rezumă valorile k , asociate vitezei maxime admise și tipului de iluminat.

Tabelul 8. Factori k asociați vitezei

Viteza maximă admisă [km/h]	K_{ICF} [–]	K_{ISIM} [–]
≤ 60	0,033	0,050
70 și 80	0,040	0,060
≥ 100	0,050	0,075

cu:

factorul k_{ICF} pentru iluminare în contrafascicul

factorul k_{ISIM} pentru iluminare simetrică

Art.56. Iluminatul zonei de tranziție

- (1) În zona de tranziție, trebuie redusă luminanța de la nivelul de la capătul zonei de prag până la nivelul luminanței din zona interioară:

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

cu:

$$L_{th} = 100\%$$

$$t = \text{Timp deplasare [s]}$$

- (2) Curba luminanței rezultată din formulă se poate aproxima în funcție de distanța variabilă dintre corpurile de iluminat și puterea variabilă a lămpilor sau în trepte mai mici de 3:1.
- (3) Capătul zonei de tranziție se atinge când valoarea luminanței suprafeței rutiere ($L_{th} + L_{in}$) este mai mică decât sau egală cu de trei ori valoarea luminanței suprafeței carosabile din zona interioară (L_{in}).

Art.57. Iluminatul secțiunii interioare

- (1) Întregul carosabil (benzile de circulație și posibil banda de urgență) trebuie iluminate conform condițiilor de mai jos.

- (2) Pentru calcularea luminanței L_{in} se aplică următoarea formulă:

$$L_{in} = 6 [\text{cd/m}^2] \cdot k_{VT} \cdot k_{VM} \cdot k_{MT}$$

cu:

k_{VT} factorul volumului de trafic.

- (3) Acest factor se stabilește în funcție de clasa de pericol conform RVS 09.03.11 (a se vedea Tabelul 9).

k_{VM} factorul vitezei maxime admise (a se vedea Tabelul 6)

k_{MT} factorul modalității de transport

Acest factor trebuie stabilit în funcție de structura traficului (a se vedea Tabelul 7).

Valorile luminanței prezentate sunt definite ca valori de exploatare (a se vedea Art. 42).

Tabelul 9. Factorul volumului de trafic

Clasă de pericol	$k_{VT} [-]$
I și II	0,55
III	0,80
IV	1,00

- (4) Pentru dimensionarea sistemului de iluminat, trebuie folosită clasa de pericol în conformitate cu AND 621 - pe baza valorilor previzionate.
- (5) Dacă, însă, sistemul tunelului corespunde unei clase de pericol inferioare conform valorilor actuale ale traficului, este posibilă exploatarea cu un nivel de luminanță inferior până când o creștere a valorilor traficului corespunde atingerii clasei de pericol proiectate. În acest caz, trebuie efectuată o evaluare anuală.

Art.58. Iluminatul secțiunii interioare pe timp de zi

- (1) Valoarea minimă a luminanței medii a drumului din zona interioară L_{in} este dată de formula de mai sus.
- (2) În cazul tunelelor cu trafic bidirecțional, se poate utiliza 50% din L_{in} în intervalul 8:00 - 16:00,

pentru fiecare direcție de deplasare, după 2,5 km.

- (3) În cazul unor condiții de lucru excepționale (de ex., incendii, lucrări de întreținere), acest sistem de iluminat trebuie trecut la capacitate maximă.
- (4) Luminile din secțiunea interioară trebuie operate în secțiunea de intrare și pe parcursul zilei.

Art.59. Iluminatul secțiunii interioare pe timp de noapte

- (1) Dacă secțiunile de dinaintea și de după zona premergătoare portalului nu sunt iluminate, secțiunea interioară trebuie operată pe parcursul zilei conform specificațiilor din Tabelul 10, pe baza următoarei formule (a se vedea Capitolul 5, Secțiunea a 4-a):

$$L_{inz} = L_{in} \cdot k_{red}$$

cu:

L_{inz} Luminanța L_{in} pe timp de zi [–]

L_{in} Luminanța L_{in} [–] (conf. Art.57)

k_{red} Coeficient de reducere [–] (conf. Tabelul 10)

Tabelul 10. Coeficient de reducere pentru luminanța zonei interioare (L_{in}) pe timp de zi

Iluminare E_A [lx]	Interval zi	Criteriu suplimentar	Coeficient de reducere k_{red} [–]
>100			1,00
≤ 100	04:00 - 08:00 16:00 - 22:00	< 350 vehicule per bandă și h	0,50
	22:00 - 04:00	> 100 vehicule/h	0,25
	22:00 - 04:00	≤ 100 vehicule/h	0,125

- (2) Dacă secțiunile de dinaintea și de după zona premergătoare portalului sunt iluminate (de ex., tuneluri din orașe), tunelul va avea cel puțin aceeași luminanță ca și câmpul deschis.

Art.60. Iluminatul pereților tunelului în zona carosabilului

- (1) Ca regulă generală, pereții tunelurilor cu o înălțime de până la 2,0 m deasupra trotuarului vor avea un nivel de iluminare de minimum 50% din luminanța carosabilului, conform prevederilor de la punctul 4.3. În acest caz, conurile de lumină asociate modelelor reflectoarelor de pe pereții tunelurilor se vor suprapune la o înălțime de minim 1,5 m.
- (2) Trebuie menținută o valoare minimă de 0,4 pentru uniformitatea longitudinală la o înălțime de 1,0 m deasupra trotuarului.

Art.61. Iluminatul refugiilor de urgență RU

- (1) Corpurile de iluminat din zona RU trebuie dispuse pe axa sistemului de iluminat din secțiunii interior. În RU ca atare, trebuie prevăzută o altă axă a lămpii deasupra RU (a se vedea Figurile 8 și 9).
- (2) În zona de iluminat RU, se vor utiliza întotdeauna lămpi cu o culoare a luminii ≥ 5.500 K

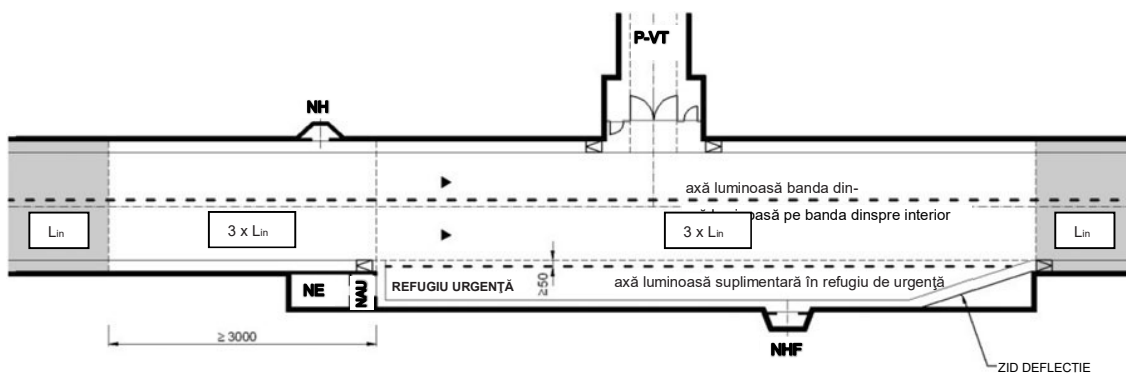


Figura 8. Iluminarea refugiului de urgență la pentru traficul în ambele sensuri (TAS)

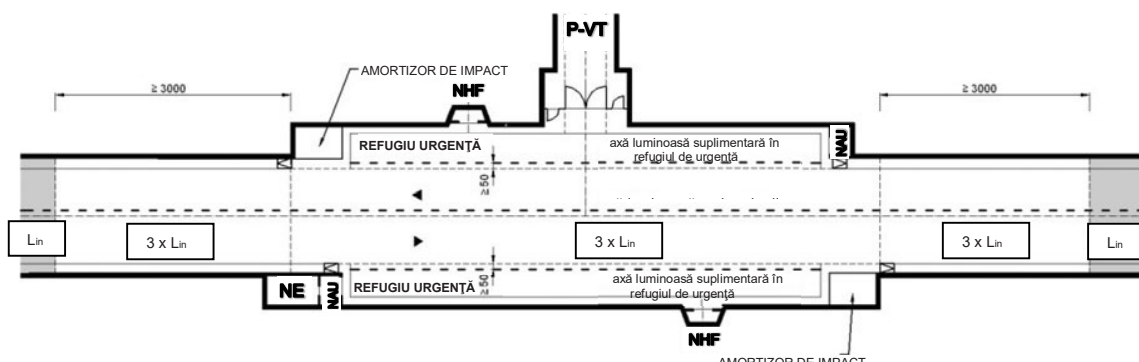


Figura 9. Iluminarea refugiului de urgență pentru traficul într-un singur sens (SU)

- (3) Lămpile din axa sistemului de iluminat al secțiunii interioare trebuie conectate la sistemul de alimentare de siguranță cu curent (ALIMU) conform Art. 70; lămpile din axa de iluminat de deasupra refugiului de urgență trebuie conectate integral la ALIMU.
- (4) În zona amplasată cu 30 m în fața RU (în direcția de deplasare) până la finalul RU, luminanța trebuie să fie de trei ori valoarea iluminatului din secțiunea interioară.

Art.62. Iluminatul zonelor din benzile de urgență

- (1) Dacă tunelul este prevăzut cu o bandă de urgență continuă, aceasta va fi iluminată conform aceluiași parametri ca și benzile adiacente.
- (2) Iluminatul trebuie asigurat conform prevederilor de la Art. 62 în zona intersecțiilor pasajelor transversale P-VT accesibile vehiculelor de urgență sau la o distanță standard de 1.000 m.

Art.63. Iluminatul pasajelor transversale accesibile vehiculelor de urgență

- (1) Dacă P-VT se termină la o distanță de maxim 1,5 m (măsurat la înălțimea de 1,0 m) de la spațiul liber al tunelului, nu mai este nevoie de iluminat suplimentar în această zonă. Dacă distanța este mai mare, zonele de până la capetele pasajului trebuie proiectate cu nivelul de luminanță al secțiunii interioare.
- (2) Pentru distribuție, este important de menționat că cel puțin un corp de iluminat trebuie să fie amplasat la maxim 2 m de capăt. Trebuie folosite aceleași corpuri de iluminat ca cele din secțiunea interioară și trebuie conectate permanent la ALIMU.

- (3) Ca regulă generală, corpurile de iluminat din plastic cu lămpi fluorescente sau cu LED trebuie utilizate între capetele P-VT; iluminatul trebuie să pornească automat la deschiderea ușilor sau a porților.
- (4) Trebuie atins un nivel de iluminare mediu de cel puțin 50 lx (valoarea de exploatare) pe carosabil între capete. Luminile vor fi alimentate de la ALIMU al sistemului tunelului.

Art.64. Iluminatul legăturilor cu exteriorul accesibile vehiculelor de urgență

- (1) Zona de până la capătul LEX trebuie să aibă nivelul de luminanță al secțiunii interioare. Este important să vă asigurați că ultimul corp de iluminat este poziționat la maxim 2 m față de capăt. Trebuie utilizate aceleași corpuri de iluminat ca în secțiunii interioare și trebuie conectate permanent la ALIMU.
- (2) Ca regulă generală, LEX trebuie iluminat cu lămpi din plastic, cu becuri fluorescente sau LED. Iluminatul trebuie să pornească automat la deschiderea ușilor sau a porților.
- (3) Trebuie atins un nivel de iluminare mediu de cel puțin 25 lx (valoarea de exploatare) pe carosabil între capete. Fiecare a doua lampă trebuie alimentată de la ALIMU al sistemului tunelului.

Art.65. Iluminatul pasajelor transversale accesibile și al legăturilor accesibile cu exteriorul

- (1) În general, iluminatul pasajelor accesibile (P-PT) și al legăturilor accesibile cu exteriorul (LPE) trebuie asigurat cu corpuri de iluminat din plastic cu lămpi fluorescente sau LED; trebuie atins un nivel de iluminare mediu al pasarelei de cel puțin 25 lx (valoarea de exploatare).
- (2) Iluminatul trebuie să pornească automat la deschiderea ușilor sau a porților.
- (3) Fiecare a doua lampă dintre porți trebuie alimentată de la ALIMU al sistemului tunelului.

Art.66. Iluminatul conductelor de aer curat

- (1) Pentru conductele de aer curat care permit accesul, se vor prevedea lămpi din plastic cu becuri fluorescente sau LED, în general la intervale de 100 m sau în componente încorporate (cum ar fi dispozitive de acționare a clapetelor). În plus, se vor monta lumini la ușile de acces și de legătură.
- (2) Nu trebuie instalate lumini permanente în conductele de evacuare a aerului, însă este posibil să fie necesară instalarea de prize în zona clapetelor pentru iluminat mobil.
- (3) Luminile din conductele de aer trebuie alimentate de la ALIMU al sistemului tunelului.

Art.67. Iluminatul colectoarelor

Colectoarele trebuie iluminate prin corpuri de iluminat din plastic cu lămpi fluorescente sau LED. Se recomandă un nivel de iluminat mediu de cel puțin 25 lx (valoarea de exploatare) în zona pavajului.

Art.68. Distanțe de defectare ale secțiunii interioare

În cazul unei singure erori, distanța de defectare a iluminatului secțiunii interioare va fi maxim dublă față de distanța DAU standard (250 m-300 m).

Art.69. Alimentarea de urgență cu curent pentru iluminat

- (1) Pentru ALIMU, se aplică specificațiile prevăzute în AND 623. În secțiunea interioară, trebuie atinse 25% din valori, conform Art. 58, în timpul exploatării ALIMU.
- (2) Distanța dintre luminile alimentate de la ALIMU trebuie să fie de maxim 40 m.

Art.70. Niveluri de luminanță pentru iluminat de acces și de legătură

- (1) Iluminatul de acces și de legătură trebuie proiectat cu o luminanță medie de 33% din luminanța secțiunii interioare L_f , conform Art. 56, cu condiția ca zonele de dinainte și de după portalul de intrare să fie neluminate.
- (2) Dacă este disponibil iluminat stradal (de ex., autostradă în apropierea unui oraș), iluminatul de acces

și de legătură trebuie să aibă aceeași luminanță.

- (3) Iluminatul de dinaintea portalului trebuie să fie pornit între orele 16:00 și 8:00 dacă intensitatea iluminării EA scade sub 100 lx.
- (4) Dacă luminanța din tunel este redusă pe timp de noapte, trebuie redus și nivelul de luminanță al iluminatului stradal (a se vedea Art. 58).

Art.71. Iluminatul zonelor interdependente

- (1) Zonele interdependente pot fi amplasate în secțiunii de intrare și/sau interior al unui tunel. Acestea presupun cerințe vizuale diferite.
- (2) Corpurile de iluminat din zonele interdependente amplasate în secțiunii de intrare trebuie iluminate astfel încât să susțină vizual direcționarea pe bandă.
- (3) Toate benzile vor avea un nivel de luminanță uniform; zona amplasată cu 30 m înainte de început până la 30 m după finalul zonei interdependente trebuie să aibă o luminanță constantă.
- (4) În cazul unei configurații speciale, trebuie acordată atenție specială amplasării indicatoarelor și, pentru îmbunătățirea capacității de recunoaștere a configurației benzii trebuie va analizată posibilitatea creșterii nivelului de luminanță și, dacă este necesar, trebuie implementată această soluție.

Art.72. Iluminatul secțiunii de ieșire

Pe lângă iluminatul secțiunii de intrare, nu trebuie prevăzut iluminat suplimentar în secțiunea de ieșire.

Art.73. Dispunerea corpurilor de iluminat

- (1) Înălțimea de suspendare a sub-structurii corpurilor de iluminat trebuie menținută cât mai jos cu putință în zona de pragși în zona secțiunii interior.
- (2) Alinierea orizontală și verticală a carcaselor corpurilor de iluminat trebuie realizată exclusiv prin sub-structură și nu prin poziționarea directă a corpului de iluminat al tunelului.
- (3) Ca regulă, corpurile de iluminat din secțiunii interior trebuie poziționate cu o abatere de 50 cm față de centru (deasupra benzii din stânga, în cazul traficului în aceeași direcție de mers).
- (4) Dispunerea corpurilor de iluminat pentru alte lățimi de bandă trebuie analizată separat.
- (5) Trebuie evitată o dispunere laterală a corpurilor de iluminat în zona benzii de servicii ridicate din rațiuni economice.
- (6) Dispunerea și distribuția corpurilor de iluminat în tuneluri are prioritate față de poziționarea echipamentului de siguranță și trebuie optimizate în consecință.
- (7) La stabilirea punctelor de instalare, trebuie luate în considerare cerințele operaționale (de ex., închiderea benzilor pentru lucrări de întreținere).
- (8) Dispunerea luminilor în tunel în cazul zonelor interconectate trebuie să permită o recunoaștere mai bună a traseului benzilor din punctul de vedere al direcționării optice.

Art.74. Secțiune intrare

Marginile inferioare ale lămpilor trebuie să fie aliniate paralel cu carosabilul.

Art.75. Secțiune interioară

- (1) Distanța dintre corpurile de iluminat din secțiunii interior trebuie calculată conform Art.57.
- (2) La distribuirea corpurilor de iluminat, trebuie avut în vedere faptul că în tunelele corespunzătoare claselor de pericol I și II, un corp de iluminat trebuie amplasat în apropierea unui dispozitiv de apelare de urgență (NAU sau PAU) din cauza nivelului redus de luminanță.
- (3) Trebuie menținută constantă distanța din interiorul tunelului. Nu sunt permise abateri din cauza altor distanțe față de cele din DAU.
- (4) Distanța dintre corpurile de iluminat se poate reduce (drept consecință, crește Lin) doar după un RU, dacă acest lucru este necesar ca urmare a lungimilor blocurilor de trecere ale tunelului conform proiectului.

Capitolul IV

Control și reglare

Art.76. Informații generale

- (1) Condițiile de iluminare naturală care prezintă variații puternice determină fluctuații temporare ale nivelului de luminanță în diverse tronsoane ale tunelului.
- (2) Cu ajutorul sistemului de control și reglare, luminanța din diversele tronsoane ale tunelului trebuie ajustată continuu sau în trepte cât mai mici posibil în funcție de necesitățile momentului din zi (zi/noapte).
- (3) Sistemele de iluminat trebuie compensate în fiecare stare de exploatare la un factor de putere $\cos \varphi$ de cel puțin 0,92.

Secțiunea a 1-a

Iluminatul secțiunii de intrare

Art.77. Ajustarea curbei de luminanță

Ajustarea la valoarea L_{th} – și L_{tr} - necesară în prezent se realizează ținând cont de următoarele cerințe:

- a) Luminanța se poate ajusta continuu prin estompere, prin reducerea puterii lămpilor, prin stingerea corpurilor de iluminat individuale sau printr-o combinație a acestor măsuri.
- b) Se face trimitere la raportul necesar dintre înălțimea corpului de iluminat și distanța dintre corpurile de iluminat conform Art. 46.
- c) Dacă iluminatul secțiunii de intrare este redus cu echipament ST, corpurile de iluminat se pot opri cu 50% pentru respectarea intervalului de control maxim admis.
- d) În cazul unei comutări în trepte a iluminatului secțiunii de intrare și al unei valori $L_{th} > 160 \text{ cd/m}^2$, trebuie asigurate cel puțin opt niveluri de luminozitate în unități egale de aproximativ 12,5% fiecare.
- e) În cazul unei comutări în trepte a iluminatului secțiunii de intrare și al unei valori $L_{th} < 160 \text{ cd/m}^2$, trebuie asigurate cel puțin patru niveluri de luminozitate în unități egale de aproximativ 25% fiecare.
- f) Intervalul de control maxim admis pentru lumini este specificat ca fiind cuprins între 25% și 100%.

Art.78. Pornirea iluminatului secțiunii de intrare

Iluminatul secțiunii de intrare trebuie pus în funcțiune la depășirea următorului raport:

$$L_{20} = L_{in} / k_{ICF}$$

cu:

k_{ICF} - Factor asociat în funcție de viteză conform Tabelului 8

Secțiunea a 2-a

Iluminatul secțiunii interioare

Art.79. Ajustarea nivelului de luminanță

Adaptarea nivelului de luminanță din secțiunea interioară în condiții normale de funcționare trebuie să țină cont de următoarele cerințe:

- a) Nivelul de luminanță se poate ajustat continuu prin estompere, prin reducerea puterii lămpilor, prin stingerea corpurilor de iluminat individuale sau printr-o combinație a acestor măsuri.
- b) Uniformitatea necesară conform Art. 4 se poate obține indiferent de tipul de ajustare a luminanței ales.

- c) Dacă iluminatul secțiunii interioare are comutare în trepte, trebuie asigurate cel puțin 4 niveluri de luminozitate în unități egale de aproximativ 25% fiecare. În plus, trebuie asigurat un pas de comutare pentru funcționarea pe timp de noapte conform Tabelului 10, cu 12,5% (doar în cazul lămpilor ALIMU).

Art.80. Cablarea iluminatului secțiunii interioare

- (1) Cablarea iluminatului secțiunii interioare trebuie proiectată ca sistem continuu cu integritate funcțională conform AND 623.
- (2) Cutiile de racord trebuie să fie fără halogen și să prezinte o integritate funcțională de E30 conform SR EN 1366-11+A1, o integritate de izolare FE180 conform IEC 60331-11 și o clasă de funcționare F400 conform SR EN 12101.
- (3) Cerința privind integritatea funcțională a cablajelor și cutiilor de racord nu se aplică dacă este valabil unul dintre următoarele criterii:
 - a) Cablurile nu sunt pozate în zona de deplasare.
 - b) Lungimea secțiunii aferentă cablurilor pentru corpurile de iluminat din spațiul de deplasare din tunel este mai scurtă de 75 m (jumătate din distanța standard fata de DAU).
 - c) Lungimea totală a tunelului este mai mică de 250 m.
- (4) În aceste situații, pot fi utilizate cabluri fără halogen.

Capitolul V

Detalii privind execuția dispozitivelor

Art.81. Cerințe generale

Materialele, proprietățile de corodare și protecție a suprafeței, intervalele de temperatură și clasele de protecție trebuie să respecte prevederile din AND 623, cu excepția cazului în care se prevede altfel mai jos.

Secțiunea a 1-a

Proiectarea luminilor pentru tuneluri

Art.82. Cerințe mecanice

Corpurile de iluminat trebuie să aibă o clasă de protecție minimă IP66/IP69 conform SR EN 60529 și clasa de protecție I sau II conform SR EN 61140.

Art.83. Carcase și capace

- (1) Carcasele corpurilor de iluminat vor fi stabile dimensional și realizate din oțel inoxidabil rezistent la corodare; înălțimea totală a acestora nu trebuie să depășească 180 mm. Trebuie folosite materiale din oțel inoxidabil de categoria V4A conform AND 623, iar suprafața carcasei trebuie să fie vopsită electrostatic.
- (2) Sticla securizată cu un singur panou ESG (a se vedea SR EN 12150-1) și profilul trebuie să fie etanșe și fixate prin lipire.
- (3) Capacul trebuie fixat în poziție cu cel puțin patru elemente de fixare ajustabile de siguranță, cu eliberare rapidă, realizate din oțel inoxidabil V4A în conformitate cu AND 623 și asigurate împotriva ajustării accidentale.
- (4) Elementele de fixare de siguranță cu eliberare rapidă trebuie să fie proiectate astfel încât să permită deschiderea și închiderea capacului pe ambele laturi lungi ale corpului de iluminat și să prevină desprinderea capacului de pe carcasa corpului de iluminat la deschidere.
- (5) Capacul trebuie să fie proiectat astfel încât să poată fi deschis fără instrumente și demontat de pe carcasă.

- (6) Pentru obținerea gradului de protecție vizat, trebuie furnizate profiluri izolante, dispuse exclusiv pe cadrul capacului în două planuri (cu profilul interior poziționat mai sus).
- (7) Calitatea minimă a materialelor utilizate va fi cea a unui material termorezistent, rezistent la umiditate, îmbătrânire și atmosfera agresivă din tuneluri, de ex., cauciuc sintetic APTK (cauciuc EPDM).
- (8) Corpurile de iluminat trebuie prevăzute cu compensare a presiunii fără întreținere.
- (9) Corpurile de iluminat din tunel trebuie curățate exclusiv mecanizat. La proiectarea corpului de iluminat, în special a suprafeței emițătoare de lumină, este important să se asigure succesul maxim de curățare la spălarea tunelului cu apă cu presiune ridicată și/sau folosind echipamente de periere.
- (10) Acest lucru se aplică și corpurilor de iluminat cu lămpi ST din tunel:
- (11) Dacă se utilizează lămpi cu descărcare cu presiune ridicată în secțiunii de intrare și interior, acestea trebuie să aibă carcase uniforme.
- (12) Următoarele prevederi se aplică și în cazul lămpilor cu LED din tuneluri.
- (13) Pentru o mai bună distribuția a luminii, corpurile de iluminat cu LED trebuie instalate de preferință într-o configurație liniară.
- (14) Corpurile de iluminat care necesită deschidere pentru lucrări de întreținere sau reparații la montarea corpului de iluminat trebuie proiectate conform descrierii de mai sus.
- (15) În cazul versiunilor fără întreținere (carcasă lampă încapsulată), nu este necesar accesul la componentele individuale întrucât, în cazul unei defecțiuni sau al reparațiilor, unitatea este înlocuită integral.
- (16) Pentru o înlocuire ușoară a acestei unități, se va asigura o conexiune cu fișe, fără instrumente, cu același grad de protecție ca și cel al carcasei corpului de iluminat și o lungime maximă a cablului de 1 m.
- (17) Rezistența la temperatură pentru cablurile destinate iluminatului secțiunii interioarenu se aplică pentru conexiunea cu fișe și pentru cuplajul secțiunii fișă-corp de iluminat.
- (18) În cazul în care corpul de iluminat este proiectat astfel încât lumina iese din carcasă direct prin geamul din sticlă, se poate monta un capac din sticlă securizată.
- (19) Referitor la temperatura de racord relevantă (temperatura stratului emitent de lumină) al semiconductorului, trebuie asigurată o gestionare termică adecvată la proiectarea granulelor sau suprafețelor de răcire (consultați intervalele de temperatură și clasele de protecție conform AND 623).
- (20) Mai exact, trebuie avute în vedere îmbătrânirea și contaminarea materialelor la dimensionare pentru evitarea efectelor negative asupra duratei de viață a semiconductorului.
- (21) Componentele de susținere, cum ar fi consolele carcasei, îmbinările cu șurub etc. trebuie realizate din V4A conform AND 623.
- (22) Sunt permise carcassele și disipatoarele termice realizate din aliaje de aluminiu. Sunt permise ca materiale aliajele din aluminiu maleabile, rezistente cel puțin la sarea de mare, de ex., EN AW 5754, EN AW 5083 sau aliajele AlMg din clasa 5xxx conform SR EN 573-1.
- (23) Nu sunt permise aliajele cu un conținut de cupru de peste 0,1% în greutate. Totuși, pentru evitarea coroziunii electrolitice, trebuie acordată atenție deosebită calității superioare și separării permanente a tuturor componentelor realizate din oțel inoxidabil.

Art.84. Reflectoare și prize

- (1) Reflectoarele trebuie realizate din material de calitate superioară. Acest lucru se aplică și corpurilor de iluminat cu lămpi ST din tunel:
- (2) Reflectorul trebuie realizat ca un ansamblu complet și să servească drept consolă-suport pentru lampă. Cadrele de susținere trebuie să fie dispuse în apropierea consolei suportului pentru lampă. Suporturile pentru lămpi trebuie realizate din porțelan.
- (3) Următoarele prevederi se aplică și în cazul lămpilor cu LED din tuneluri:
- (4) Pentru corpurile de iluminat cu LED trebuie utilizate lentile din sticlă sau plastic de calitate superioară, ca alternativă la controlul luminii prin intermediul reflectoarelor. La limita de contact cu

atmosfera din tunel sunt admise doar lentilele din sticlă sau plastic cu un capac suplimentar din sticlă.

- (5) Se permite o combinație de reflectoare cu lentile din sticlă sau plastic.

Art.85. Module și cablare

- (1) Modulele trebuie să includă toate componentele electrice necesare pentru funcționarea corpului de iluminat. Setul de instalare a dispozitivului trebuie să fie pliabil, ușor de demontat și securizat contra căderii accidentale după eliberarea elementelor de fixare cu eliberare rapidă.
- (2) În funcție de sursa de lumină utilizată, modulele trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:
 - a) Balast cu pierderi reduse (VVG) sau balast electronic (EVG)
 - b) Lampa indicatoare trebuie să fie vizibilă din exterior, ceea ce va permite o localizare cu precizie a unei posibile defecțiuni, fără deschiderea lămpii.
- (3) Cablarea în serie trebuie realizată cu izolație termorezistentă (de ex., silicon).
- (4) Îmbinările interne ale cablurilor între bornele de legătură, componenta electrică și lampă trebuie să fie conectabile la fișe clar identificabile.
- (5) Modulele trebuie să fie marcate corespunzător. În plus, următoarele prevederi se aplică și corpurilor de iluminat cu lămpi ST din tunel:
- (6) Pentru secțiuni de cablu de minim 6 mm² și pentru cabluri de control de minim 2,5 mm² trebuie prevăzute borne fără șurub pentru fixarea cablurilor electrice.
- (7) În funcție de corpul de iluminat utilizat, se aplică următoarele prevederi:
 - a) Electrozi de aprindere complet electronici, fără întreținere
 - b) Cu sau fără dispozitive de compensare
 - c) Cu sau fără dispozitive de comutare în cazul modelelor cu uzură redusă, cu protecție încorporată a contactelor, în cazul versiunilor încapsulate, încapsulate cu borne, cu una sau două trepte de comutare. Dacă nu există tensiune auxiliară, trebuie pornită treapta de 100%.
- (8) Următoarele prevederi se aplică și în cazul corpurilor de iluminat cu LED din tuneluri:
 - a) Elementele de alimentare cu curent și electronice necesare pentru alimentarea cu curent și control trebuie instalate în următorul NE, COT, și/sau în corpul de iluminat. Dispozitivele trebuie instalate într-un design modular și de extensie (plug-in).
 - b) Toate componentele utilizate trebuie realizate cu un design cu pierderi reduse și uzură minimă, respectând cele mai înalte cerințe din punctul de vedere al duratei de viață.
 - c) Pentru corpuri de iluminat fără carcasă, trebuie prevăzute borne fără șurub pentru secțiuni de cablu de minim 6 mm² și pentru cabluri de control de minim 2,5 mm², pentru fixarea cablurilor electrice.

Secțiunea a 2-a

Valori implicite ale corpurilor de iluminat din tuneluri

Art.86. Cerințe generale

- (1) Datele generale ale unui corp de iluminat din tunel trebuie măsurate în conformitate cu SR EN 13032-1 de către un centru de testare acreditat independent.
- (2) De asemenea, trebuie documentate următoarele valori în rapoartele de măsurători:
 - a) Randamentul sistemului de iluminat
 - b) Clasa de protecție

Art.87. Eficacitatea sistemului de iluminat

- (1) Eficacitatea sistemului de iluminat trebuie să fie superioară valorilor din Tabelul 11 atunci când operează la capacitate completă. Măsurătorile trebuie efectuate în conformitate cu SR EN 13032.

Tabelul 11. Eficacitatea sistemului de iluminat

Tip de lampă	Puterea nominală a lămpii [W]	Eficacitatea sistemului de iluminat [lm/W]
ST	150	76
	250	85
	400	93
LED	–	110

- (2) Dacă lămpile se folosesc la mai multe niveluri de putere din rațiuni de exploatare, valorile din Tabelul 11 pot fi reduse cu maxim 2%.

Art.88. Cerințe de calitate pentru sistemele de iluminat cu LED

- (1) Trebuie îndeplinite următoarele criterii ca cerințe de calitate pentru sistemele de iluminat cu LED:
- Raport flux luminos
 - Modificarea temperaturii culorii
- (2) Toate specificațiile se referă la sistemul complet de sistem de iluminare cu LED de la bornele unității de alimentare cu curent. Sistemul de iluminat cu LED trebuie proiectat pentru o durată de viață de minim 80.000 de ore de funcționare. La finalul acestei durate de viață nominale, trebuie asigurate următoarele valori în conformitate cu SR EN 62717, prin care, prin derogare de la acest standard, sunt luate în considerare și unitățile necesare de alimentare cu curent și componentele electronice:
- Raport flux luminos:
 - Scăderea treptată a randamentului luminos L_{80B_5}
 - Scăderea bruscă a randamentului luminos L_0C_{10}
 - Modificarea culorii luminii:
 - Maxim +300 K
- (3) La cerere, trebuie verificate următoarele valori pentru întregul sistem după 6.000 de ore de funcționare în conformitate cu SR EN 62717:
- Raport flux luminos:
 - Scăderea treptată a randamentului luminos L_{90B_1}
 - Scăderea bruscă a randamentului luminos L_0C_5
- (4) Referitor la punctele individuale de iluminare cu LED, trebuie aleasă gruparea corespunzătoare (formarea clasei de culori pentru semiconductori) astfel încât lățimea totală de bandă să nu depășească 300 K.

Art.89. Verificarea clasei de protecție

- Testul pentru clasa de protecție trebuie efectuat în conformitate cu SR EN 60529. Pe lângă specificațiile privind testarea din SR EN 60529 se aplică și următoarele prevederi:
- Chiar înaintea testării, corpul de iluminat trebuie să fie montat în poziția vizată și să funcționeze timp de șase ore la capacitatea maximă a fluxului luminos vizat. Testul ca atare trebuie efectuat cu corpul de iluminat oprit.

Art. 90. Sub-structurile sistemului de iluminat din tunele

- Sub-structurile și elementele de fixare trebuie realizate din materiale conforme cu AND 623.
- Sub-structura trebuie să permită reglarea corpurilor de iluminat în toate direcțiile orizontale. Rezistența sub-structurii nu trebuie redusă ca urmare a demontării corpurilor de iluminat. Rezistența trebuie verificată prin calcule statice.

- (3) În etapa de proiectare, trebuie să se țină cont de următoarele cerințe:
- a) Greutatea corpurilor de iluminat
 - b) Împământare cabluri
 - c) Sarcini aerodinamice
 - d) Solicitare mecanică din partea echipamentului de curățare
 - e) Expunerea la echipamentul de curățare a tunelului cu apă cu presiune și/sau perii
 - f) Interval de temperatură:
 - i. în stare de funcționare între -30°C și 40°C
 - ii. în caz de incendiu de 250°C timp de minim 2 h
- (4) Aceleași cerințe se aplică prin analogie și canalelor de cabluri și altor materiale de instalare din camera de comandă.
- (5) Trebuie asigurate sub-structuri continue până la distanțe de 10 m între corpurile de iluminat. Pentru distanțe între corpurile de iluminat ≥ 10 m, luminile trebuie fixate individual.

Secțiunea a 3-a

Surse de lumină

Art.91. Cerințe generale

- (1) Din rațiuni economice, trebuie folosite lămpi cu vapori de sodiu la presiune înaltă (lămpi ST) sau lămpi cu LED în secțiunii de intrare, ca surse de lumină. Pentru secțiunii interior, sunt recomandate lămpile cu LED pentru o redare mai bună a culorilor.
- (2) Trebuie optimizată performanța surselor de lumină și trebuie luate în considerare cerințele operatorului.
- (3) Corpurile de iluminat sau modulele cu LED trebuie marcate cu data de instalare corespunzătoare.

Art.92. Redarea culorilor

- (1) În funcție de soluția de iluminat selectată, se pot obține următorii indici de redare a culorilor:
 - a) ST: $R_a \geq 20$
 - b) LED $R_a \geq 75$ pentru o temperatură a culorilor de 4.000 K

Art.93. Temperatura culorilor în cazul iluminatului cu LED

- (1) Ținând cont de eficiența economică, temperatura culorilor trebuie să fie ≤ 4.000 K pentru iluminatul cu LED (excl. iluminatul NS).
- (2) Temperatura culorilor luminii emise de lămpi nu trebuie să depășească o lățime de bandă de 500 K.

Secțiunea a 4-a

Dispozitive de măsurare a luminii

Art.94 (1) În vederea înregistrării luminanței, trebuie folosite instrumente de măsurare a luminanței cu design uniform, cu componente optice adaptate și un interval de măsurare adecvat pentru L_{20} , secțiunii de intrare și interior. Pe lângă luminanță, trebuie măsurată și iluminarea în câmp deschis, folosind un luxmetru.

- (2) Toate componentele metalice ale camerei trebuie să fie rezistente la coroziune, cu carcasă termorezistentă. Clasa minimă de protecție este IP65.
- (3) Trebuie evitate givrajul și aburirea stratului frontal prin măsuri adecvate (de ex., încălzire continuă controlată electronic, cu termostat de siguranță). Randamentul trebuie să fie proiectat pentru 4 - 20 mA la o sarcină de 500 Ω .
- (4) Trebuie luată în considerare diferența de luminanță dată de diferitele unghiuri de vizualizare ale

observatorului sau de instrumentele de măsurare prin includerea unui coeficient de corecție în sistemul de control și reglare.

Art.95. Dispozitiv de măsurare a luminanței L_A

- (1) Dispozitivul de măsurare a luminanței L_A se folosește pentru măsurarea luminanței în secțiunii de acces și trebuie să includă intervale de măsurare de până la 6.000 cd/m^2 .
- (2) Dispozitivul de măsurare a luminanței L_A trebuie să măsoare luminanța integrală a mediului din tunel într-un unghi de vizualizare de 20° .
- (3) Dacă se utilizează un sistem optic, trebuie folosită o lentilă de mărire cu deschidere ajustabilă.
- (4) Dispozitivul de măsurare a luminanței L_A trebuie montat la distanța de oprire, în mod normal, la marginea carosabilului, la o înălțime de cca. 3,5 m.

Art.96. Dispozitiv de măsurare a luminanței L_E

- (1) Dispozitivul de măsurare a luminanței L_E se folosește pentru măsurarea luminanței primei părți a zonei de prag L_{fe} cu un interval de măsurare de până la 500 cd/m^2 .
- (2) Reticulele trebuie să fie aliniate cu prima parte a zonei de delimitare, în direcția de deplasare, către centrul benzii din dreapta. Contorul de luminanță trebuie montat la o înălțime de cca. 3,5 m.

Art.97. Dispozitiv de măsurare a luminanței L_I

- (1) Dispozitivul de măsurare a luminanței L_I se folosește pentru măsurarea luminanței L_{fi} în secțiunii interior și poate avea un interval de măsurare care este de aproximativ două ori valoarea L_{fi} .
- (2) Dispozitivul de măsurare a luminanței L_I este montat la capătul NS la o distanță de maxim
- (3) 2,0 km sau în centrul tunelului. Reticulele trebuie aliniate cu centrul dintre două corpuri de iluminat din tunel din secțiunii interior și cu centrul carosabilului.

Art.98. Contor de măsurare a iluminării E_A

- (1) Contorul de măsurare a iluminării E_A se folosește pentru măsurarea luminozității în câmp deschis, în special pentru înregistrarea controlului luminanței din secțiunii interior pe timp de zi (a se vedea Tabelul 10). Ca regulă, intervalul de măsurare trebuie să fie de până la 200 lx .
- (2) Contorul de luminanță trebuie montat pe consolele contoarelor de luminanță L_A .

Capitolul VI

Tuneluri scurte

Art.99. Tunelurile scurte conform prezentului ghid sunt tunelurile cu o lungime mai mică de 500 m.

Pentru tunelurile scurte, trebuie calculat raportul de vizibilitate (a se vedea Art. 100). Sistemul de iluminat furnizat trebuie stabilit pe baza rezultatelor calculelor (a se vedea Art. 108); se vor lua în considerare și alte criterii (a se vedea Art. 105).

Secțiunea a 1-a
Nivelul de vizibilitate

Art.100. Calcularea nivelului de vizibilitate

(1) Nivelul de vizibilitate (DSV – Direct Vision Standard) trebuie stabilit separat pentru fiecare direcție de deplasare; în funcție de obiect, trebuie luate în considerare cerințele de iluminat diferite pentru fiecare portal al tunelului.

(2) DSV [–] se stabilește astfel:

$$DSV = 100 \cdot A_{AFP}/A_{EFP} \cdot f_Q \cdot f_{HS} \cdot f_{VS}$$

cu:

A_{AFP} Suprafața portalului de ieșire (ca secțiune transversală dreptunghiulară), văzută din punctul de referință R [m²].

A_{EFP} Suprafața portalului de intrare (ca secțiune transversală dreptunghiulară), văzută din punctul de referință R [m²].

f_Q Factorul secțiunii transversale a tunelului [–]

f_{HS} Factorul pentru obstrucționarea vizuală

orizontală [–] f_{VS} Factorul pentru obstrucționarea

vizuală verticală [–]

Figura 10 ilustrează condițiile optice ale unui tunel scurt cu secțiune transversală dreptunghiulară.

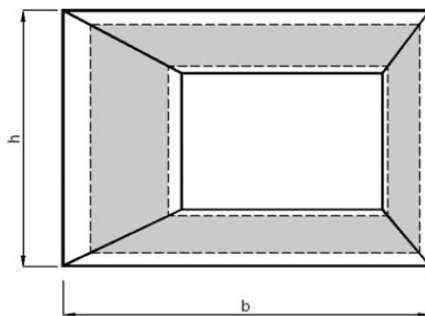


Figura 10. Vizualizarea condițiilor optice

(3) Trebuie luate în calcul alte secțiuni transversale (cu excepția celor dreptunghiulare) și linii care nu sunt drepte la efectuarea calculelor, după cum urmează:

- a) Secțiunile transversale ale tunelurilor (a se vedea Art. 102)
- b) Obstrucționarea vizuală orizontală din cauza curbelor din relațiile vizuale (a se vedea Art. 103)
- c) Obstrucționarea vizuală verticală din cauza modificărilor de înălțime din relațiile vizuale (a se vedea Art. 104)

Art.101. Stabilirea factorului de secțiune transversală a tunelului f_Q

(1) Factorul de secțiune transversală se calculează pe baza secțiunii transversale specifice obiectului (de ex., secțiunea transversală a tunelului) și secțiunea transversală dreptunghiulară pentru două (a se

vedea Figura 11) sau mai multe benzi.

(2) Nu se iau în considerare suprafețele pentru autovehicule la stabilirea factorului.

$$f_Q = A_{\text{Obiect}} / A_{\text{Dreptunghiular}}$$

Art.102. Stabilirea suprafețelor A_{AFP} și A_{EFP}

(1) La calcul, trebuie luate în considerare secțiunile transversale dreptunghiulare (a se vedea Figura 13); suprafața secțiunii transversale A_{EFP} se stabilește astfel:

$$A_{EFP} = A_{\text{Dreptunghiular}} (\text{portal de intrare}) - \text{Suprafața totală a vehiculului (a se vedea Tabelul 12)}$$

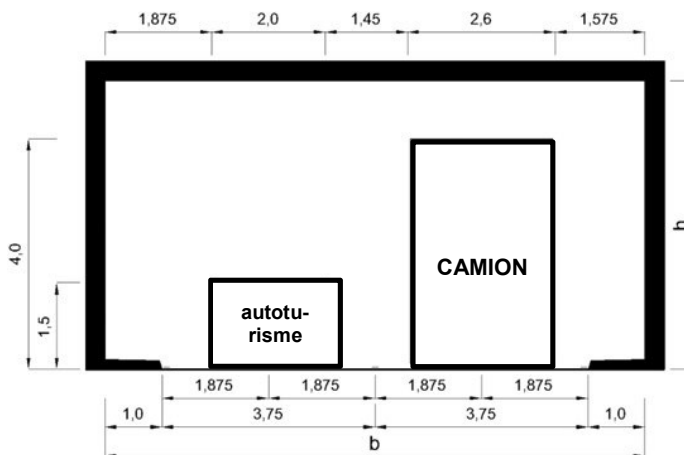


Figura 11. Reprezentarea autovehiculului

(2) Suprafața dreptunghiulară a portalului de ieșire trebuie proiectată pe portalul de intrare; trebuie luate în considerare suprafețele pentru vehicule în raportul $A_{\text{Dreptunghiular}} / A_{EFP}$ la stabilirea A_{AFP} .

Tabelul 12. Reprezentarea autovehiculelor

Mod de transport	Număr de benzi	Ocuparea benzii cu vehicule					Suprafețele vehiculelor [m ²]	
		5. bandă	4. bandă	3. bandă	2. bandă	1. bandă	Detaliu	Total
TAS	1+1	—	—	—	VGM [camioane]	VGM	10,4 + 10,4	20,8
SU	2	—	—	—	Autoturisme	VGM	10,4 + 3	13,4
	3	—	—	Autoturisme	Autoturisme	VGM	(2 · 3) + 10,4	16,4
	4	—	Autoturisme	VGM	VGM	VGM	(2 · 10,4) + (2 · 3)	26,8
	5	Autoturisme	Autoturisme	VGM	VGM	VGM	(3 · 10,4) + (2 · 3)	37,2

Art.103. Obstrucție vizuală orizontală

(1) Obstrucția vizuală orizontală trebuie stabilită în baza următoarei formule, ținând cont de Figura 12:

$$f_{HS} = b_S / b_T$$

cu:

b_S câmpul vizual

b_T Lățimea tunelului

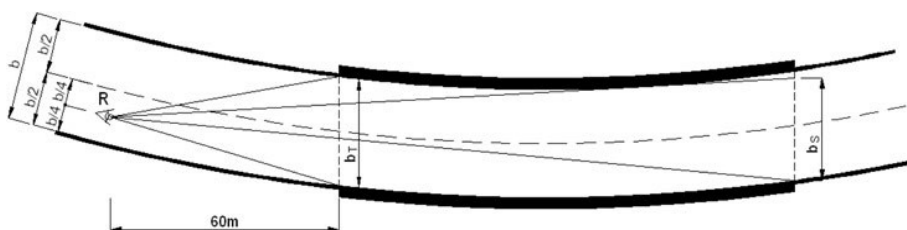


Figura 12. Reprezentarea obstrucției vizuale orizontale

R = punct de referință conform CIE 88:2004

(2) Trebuie stabilită obstrucția vizibilității orizontale pentru fiecare bandă. Cel mai mic rezultat va fi luat în considerare la pașii următori.

Art.104. Obstrucție vizuală verticală

Obstrucția vizuală verticală se stabilește, ținând cont de Figura 13, pe baza următoarei formule:

$$f_{VS} = h_s / h_T$$

cu:

h_s câmp vizual

h_T înălțime tunel

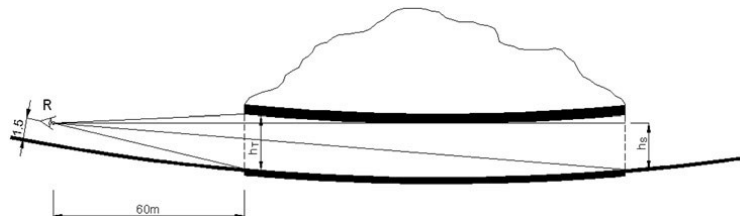


Figura 13. Ilustrarea obstrucției vizuale verticale

R = punct de referință conform CIE 88:2004

Art.105. Criterii Suplimentare

La proiectarea sistemului de iluminat, trebuie respectate și următoarele criterii și, dacă este necesar, trebuie luate în considerare:

- Orientare geografică
- Structuri construite excesive
- Finisajele pereților tunelului
- Viteza maximă admisă
- Tipul de transport (pietoni, moped etc.)
- Situația unui tunel scurt sau care face parte dintr-o rețea de tuneluri

Secțiunea a 2-a

Sistemul de iluminat pentru tuneluri scurte**Art. 106. Tipuri și configurație**

- (1) Tunelurile scurte trebuie echipate cu sisteme de iluminat diferite (a se vedea Art. 111) în funcție de DSV (a se vedea Capitolul 6, Secțiunea a 1-a), de lungime (a se vedea Art. 107) și de iluminatul stradal de dinainte și după tunel.
- (2) Trebuie să se obțină o diagramă schematică a luminanței pe parcursul zilei conform Figurii 14, conform cerințelor (a se vedea Tabelul 13), dacă sunt prezente toate sistemele de iluminat.

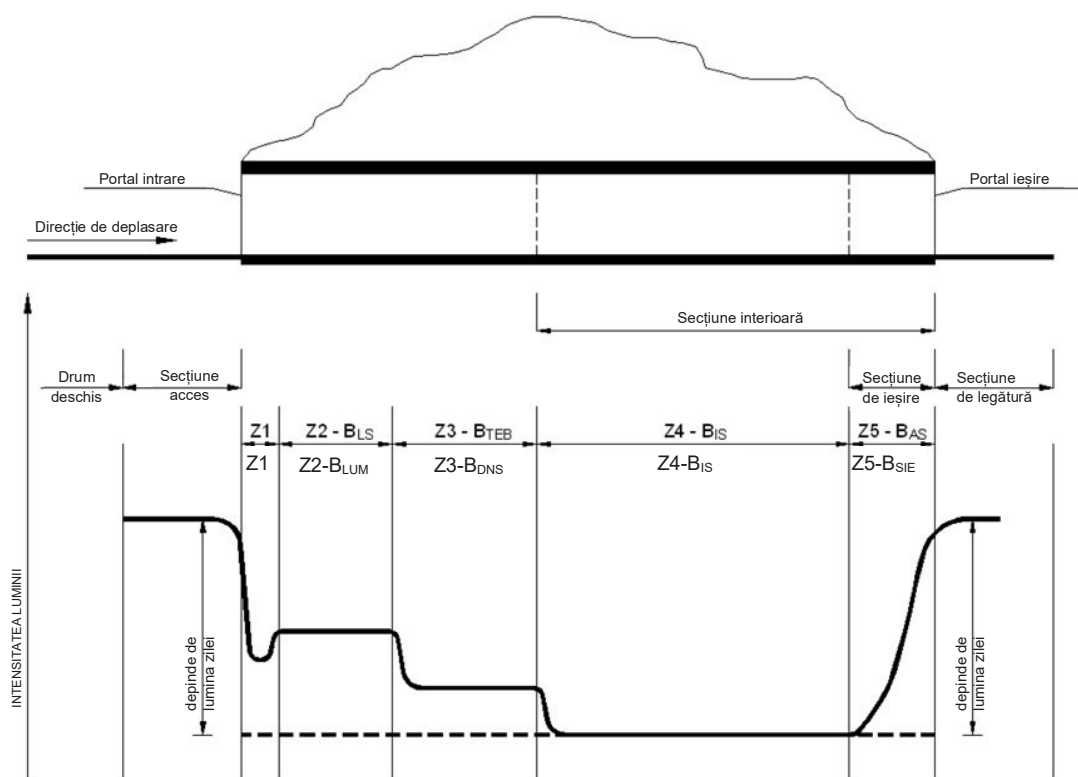


Figura 14. Procesul schematic al luminanței în timpul zilei

Art.107. Zone de iluminat și lungimi

- (1) Zona 1: Fără iluminat, lungime = 10 m
- (2) Zona 2: Iluminat cu luminatoare (BLUM), lungime conform Tabelului 14
- (3) Zona 3: iluminat diurn natural suplimentar (BDNS), lungime conform Tabelului 14
- (4) Zona 4: Iluminatul secțiunii interioare(BSI) pe timp de zi (lungimea se calculează pe baza lungimii totale a tunelului minus zonele 1, 2, 3 și 5 conform Tabelul 13) și pe timp de noapte (lungimea totală a tunelului)
- (5) Zona 5: iluminatul secțiunii de ieșire (BSIE), lungime = 30 m
- (6) Iluminatul pe timp de noapte trebuie asigurat prin sistemul de iluminat pentru secțiunii interior al tunelului, analog unui tunel mai lung de 500 m.

Art.108. Sisteme de iluminat care trebuie asigurate

- (1) Cerințele și tipul de iluminat pentru tunelele scurte trebuie stabilite în funcție de DSV (a se vedea Capitolul 6, Secțiunea a 1-a) și de lungimea tunelului conform Tabelul 13.

Tabelul 13. Tuneluri scurte, sisteme de iluminat în funcție de lungime

Lungimea tunelului scurt [m])	DSV [Direct Vision Standard]		
	0 - 6	>6 - 10	>10
< 125	$B_{LUM} + B_{DNS}$	X	X
125 - 200	$B_{LUM} + B_{DNS}$	B_{DNS}	X
> 200 - 350	$B_{LUM} + B_{DNS}$	$B_{LUM} + B_{DNS}$	–
> 350 - 500	a se vedea Art. 55	–	–

Legendă: X nu necesită iluminat(B_{LUM} , B_{DNS}) - nu este cazul

- (2) În mod similar cu sistemele de iluminat pentru tuneluri ≥ 500 m, pentru zona 2 trebuie folosite corpuri de iluminat cu componente optice în contrafascicul, iar pentru secțiunea interioară trebuie folosite corpuri de iluminat cu o distribuție simetrică a luminii.

Art.109. Iluminat în raze

- (1) Dacă, în conformitate cu prevederile de la Art. 107, trebuie să se asigure iluminat în raze B_{LUM} , lungimea razei și valoarea coeficientului de reducere f_{RE} în funcție de viteza maximă admisă trebuie luate din Tabelul 14.
- (2) Luminanța carosabilului L_{LLS} pentru raza de lumină se calculează pe baza formulei:

$$L_{LUM} = f_{RE} \cdot L_{th}$$

cu:

$$L_{LUM} [\text{cd/m}^2]$$

$$f_{RE} [-]$$

$$L_{th} [\text{cd/m}^2]$$

Art.110. Iluminat diurn suplimentar

Dacă se prevede asigurarea unui iluminat diurn suplimentar B_{DNS} în conformitate cu Art. 108, luminanța carosabilului (L_{TEB}) se calculează pe baza valorilor cunoscute din experiență, utilizând următoarea formulă:

$$L_{DNS} = 3 \cdot L_{IN}$$

cu:

$$L_{DNS} [\text{cd/m}^2]$$

$$L_{IN} [\text{cd/m}^2]$$

Tabelul 14. Lungimea razei de lumină și coeficientul de reducere

Viteza maximă admisă [km/h]	Lungimea razei de lumină [m]	Coeficientul de reducere f_{RE} [-]	Lungimea iluminatului diurn suplimentar [m]
≤ 50	28	0,45	28
60	33	0,45	33
70 / 80	44	0,55	44
100	55	0,67	55
130	72	0,92	72

Art.111. Iluminatul secțiunii interioare

- (1) Cerințele privind iluminatul secțiunii interioare BSI și nivelul de luminanță depind de lungimea tunelului și de iluminatul stradal existent conform Tabelul 15.
- (2) Luminanța carosabilului din secțiunii interior LSIN pentru un tunel scurt se stabilește pe baza valorilor de iluminat rutier cu o valoare minimă de 2 cd/m²; nu este necesar iluminatul pereților tunelului în zona de deplasare conform Art. 61.

Tabelul 15. Luminanța carosabilului secțiunii interioare

Iluminatul stradal de dinainte și după un tunel scurt	Cerințele de iluminat conform Art.105	Luminanța carosabilului [cd/m ²] pe lungimea tunelului [m]		
		< 125	125 - 200	> 200 - 500
disponibil	DSV ≥ 10	L _{SIN}	L _{SIN}	—
	DSV < 10	L _{IN}	L _{IN}	L _{IN}
indisponibil	DSV ≥ 10	X	X	—
	DSV < 10	L _{IN}	L _{IN}	L _{IN}

Legendă: X Iluminatul nu este necesar în secțiunii interior

L_{IN} Luminanța carosabilului în secțiunii interior (a se vedea Art. 57)

L_{SIN} Luminanța carosabilului secțiunii interioare într-un tunel scurt - nu este cazul

Art.112. Iluminatul secțiunii de ieșire

Dacă trebuie să se asigure iluminat conform Art. 106, se aplică cerințele de la Art. 73.

Art.113. Structuri cu incidență a luminii naturale

- (1) În cazul unui tunel cu incidență a luminii naturale, trebuie stabilite, analizate și evaluate cerințele speciale de iluminat în funcție de topologia tunelului, urmând a se aplica măsurile necesare pentru secțiunea de intrare sau secțiunea interioară.
- (2) Dimensiunile lăților coloanelor și distanțele dintre coloane trebuie optimizate raportat la efectele iluminatului tehnic, încă din etapa de planificare tehnică structurală.
- (3) În cazul acestor structuri, trebuie respectate prevederile AND 623 dacă este nevoie de iluminat pentru materiale.

Art.114. Structuri din secțiunea de intrare

În cazul structurilor cu incidență a luminii naturale prin deschiderile laterale din secțiunea de intrare (de ex., galerii), trebuie avute în vedere aspectele fotometrice speciale (de ex., efectul de pâlpâire) și trebuie să se asigure un iluminat simetric (a se vedea Art. 45).

Art.115. Structuri din secțiunea interioară

În cazul structurilor cu deschideri laterale din secțiunea interioară, trebuie avute în vedere și evaluate influențele fotometrice (de ex., necesitatea iluminatului din secțiunea de intrare).

Capitolul VII

Revizuirea planurilor**Art.116. Măsurători**

- (1) După finalizarea suprafeței finale a drumului, trebuie măsurat coeficientul de luminanță.
- (2) După punerea în funcțiune a sistemului de iluminat, se vor realiza măsurători de luminanță și iluminare (luminanța drumului, luminanța pereților și iluminarea orizontală a carosabilului) pentru verificarea valorilor de proiectare.

- (3) De asemenea, trebuie efectuate măsurători pentru structurile speciale din zona tunelului (de ex., galerii).
- (4) Cerințele preliminare pentru efectuarea măsurătorilor sunt ca tunelul să fie finalizat structural și curat, uscat, fără influența luminii naturale diurne și să prezinte un timp de funcționare a corpurilor de iluminat de min. 100 h.
- (5) Măsurătorile trebuie realizate separat pentru iluminatul secțiunii de intrare, secțiunii interioare și NS. Trebuie oprite alte surse de iluminat în timpul măsurătorilor.
- (6) Măsurătorile trebuie efectuate cu sistemul complet operațional.
- (7) Dacă nu se pot determina valori parțial reprezentative pe îmbrăcămintea bituminoasă nou din cauza straturilor de bitum de pe granulele de roci, trebuie măsurată din nou luminanța, după cel târziu un an. În acest interval, se poate demonstra caracterul adecvat al acestora folosind valorile stabilite pentru iluminare.

Art.117. Punct de măsurare de referință

- (1) Punctul de măsurare de referință pentru măsurarea luminanței în tuneluri este punctul din centrul benzii din dreapta, la o înălțime de 1,5 m și la o distanță de 60 m în fața câmpului de măsurare.
- (2) În general, punctul de măsurare de referință pentru măsurarea luminanței L20 se selectează în funcție de distanța de oprire.

Art.118. Câmpurile de măsurare

- (1) Figura 15 prezintă câmpul de măsurare pentru bandă, iar Figura 16 pentru pereți.
- (2) Trebuie folosite aceleași câmpuri de măsurare și puncte de măsurare pentru planificarea proiectului și pentru măsurători.

Art. 119. Luminanța drumului

- (1) Măsurătorile se efectuează în direcția de deplasare în cazul unui tunel cu trafic cu sens unic (SU) și din ambele direcții de deplasare în cazul unui tunel cu trafic în ambele sensuri (TAS) pentru secțiunea interioară (din cauza dispunerii descentrate a lămpilor).
- (2) Luminanța drumului Lsr și luminanța orizontală Ehsr se stabilesc în trei puncte de măsurare/bandă și pe orice bandă de urgență în direcție transversală și în șapte puncte de măsurare în direcție longitudinală.
- (3) Lungimea câmpului de măsurare x în secțiunii interior și în prima parte a zonei de prag (una sau mai multe distanțe între corpurile de iluminat) trebuie să fie de cel puțin 20 m.

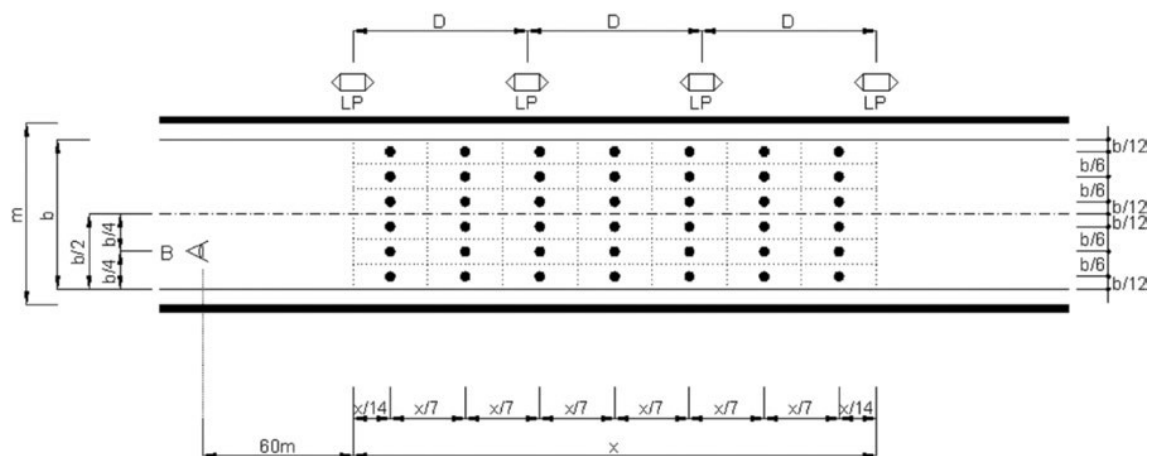


Figura 15. Câmp de măsurare pentru drum

Legendă:

- B Punct de măsurare de referință al observatorului (a se vedea Art. 118)
- D Distanța dintre corpurile de iluminat
- LP Punct de iluminat
- Punct de măsurare
- x lungimea câmpului de măsurare [m]
- b Distanța dintre borduri [m]
- m Lățime liberă [m]

- (4) Dacă prima parte a zonei de prag este mai scurtă de 30 m, este suficientă o secțiune transversală. Cele șapte puncte de măsurare sunt amplasate în centrul câmpurilor parțiale de măsurare ($x/7$), văzute în axa longitudinală.
- (5) Dacă sunt mai mult de două benzi, lățimea dintre bordură și limita dintre banda exterioră și cea centrală se aplică benzilor exterioare, iar respectiva lățime a benzii se aplică benzii (benzilor) centrale.
- (6) Curba iluminatului din secțiunea de intrare (a doua parte a zonei de prag și zonei de tranziție) trebuie măsurată cu secțiunile transversale la intervale de 6 m, prima secțiune corespunzând jumătății distanței de oprire față de portal. În acest caz, distanța dintre observator și secțiunea transversală de măsurare este constantă la 60 m.

Art. 121. Densitatea corpurilor de iluminat pe perete

- (1) Trebuie verificată luminanța pereților în zona secțiunii interioare și în zona primei părți a zonei de prag.
- (2) Măsurarea trebuie realizată între două lămpi după cum se prezintă în Figura 16. Dacă distanța dintre două lămpi este mai mică de 12 m, două puncte de măsurare sunt suficiente.
- (3) Trebuie calculată media aritmetică a valorilor măsurate. Înălțimile indicate în Figura 16 se referă la banda de servicii ridicată.

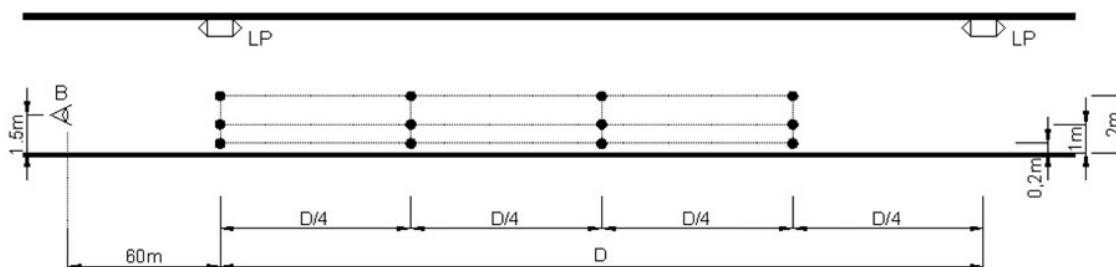


Figura 16. Câmp de măsurare pentru pereți

Legendă:

- | | | | |
|----|---|-----|---|
| B | Punctul de măsurare de referință al observatorului (a se vedea punctul 9.2) | D | Distanța dintre corpurile de iluminat și lungimea câmpului de măsurare [m], |
| D | Distanța dintre corpurile de iluminat | D/4 | Distanța dintre punctele de măsurare în direcția de deplasare [m] |
| LP | Punct de iluminat | • | Punct de măsurare |
| H | Înălțimea punctului de măsurare [m] → 0,2; 1,0; 2,0 m deasupra trotuarului | | |

Art.121. Măsurarea nivelului de iluminare

Nivelul de iluminare trebuie măsurat în aceleași puncte de măsurare ca și pentru măsurarea luminanței drumului.

Art.122. Temperatura culorilor în cazul iluminatului cu LED

Temperatura culorilor trebuie măsurată la toate lămpile din câmpul de măsurare, după cum se ilustrează în Figura 15. Acest lucru se realizează central de la fiecare bandă prin măsurători punctuale pe suprafața emitentă de lumină a corpului de iluminat dintr-un punct de măsurare de la înălțimea corpului de iluminat și un punct de măsurare amplasat central între două corpuri de iluminat, fiecare la o înălțime de 1,5 m de la drum.

Secțiunea a 1-a

Instrumente de măsurare fotometrice

Art.123. Instrumente de măsurare pentru măsurarea nivelului de iluminare

Pentru măsurarea nivelului de iluminare, utilizați un luxmetru care corespunde Clasei B conform ISO/CIE 19476 și este compatibil cu dispozitivul de recepție.

Art.124. Instrumente de măsurare pentru măsurarea luminanței

- (1) Pentru măsurarea luminanței la punctele individuale de măsurare de pe suprafața rutieră trebuie să fie disponibil un unghi de măsurare cu o deschidere suficient de mică. Trebuie utilizat un unghi cu o deschidere maximă de măsurare de 2 minute de arc pe vertical și 20 de minute de arc pe orizontal.
- (2) Un unghi cu o deschidere de măsurare 1° este suficient pentru măsurarea luminanței peretelui. Trebuie utilizat un instrument de măsurare a luminanței clasa B, conform ISO/CIE 19476.
- (3) Localizarea instrumentului de măsurare:
 - a) Distanța până la câmpul de măsurare conform prevederilor de mai sus
 - b) Pentru două benzi, observatorul (B) se află în centrul benzii din dreapta
 - c) Pentru trei benzi, observatorul se află în centrul benzii din mijloc
 - d) Înălțimea dispozitivelor de măsurare este de 1,50 m
- (4) Sunt permise și alte metode de măsurare adecvate (de ex., stabilirea luminanței prin evaluarea imaginilor digitale).

- (5) Parametrii sistemului de măsurare (cu precădere incertitudinea de calibrare, asocierea $V(I)$ și liniaritatea) trebuie să fie comparabile cu cele ale instrumentelor de măsurare punctuală și trebuie să fie adecvați pentru măsurarea surselor de lumină utilizate în tunel (LED, surse de lumină modulată etc.).

Art.125. Instrumente de măsurare pentru stabilirea indicelui de redare a culorilor și a temperaturii culorilor

Pentru stabilirea indicelui de redare a culorilor și a temperaturii culorilor, trebuie utilizate dispozitive de măsurare fără difuzie, cu un interval de toleranță pentru măsurarea temperaturii culorilor și a redării culorilor de max. $\pm 2\%$ din valoarea măsurată.

Art. 126. Evaluarea și documentarea măsurărilor

Documentarea măsurărilor va include cel puțin:

- a) Locul măsurării
- b) Data și ora măsurării
- c) Condițiile meteorologice
- d) Condițiile din tunel (curățenie, umiditate etc.)
- e) Data inspecției/numele inspectorului
- f) Participanți
- g) Descrierea grafică sau verbală a condițiilor de măsurare
- h) Tipurile de instrumente de măsurare
- i) Tensiunea la ieșirea distribuitorului (distribuitoarelor)
- j) Valori măsurate
- k) Stabilirea nivelului mediu de iluminare/câmp de măsurare
- l) Stabilirea luminanței medii a carosabilului/câmp de măsurare
- m) Stabilirea uniformității longitudinale a luminanței carosabilului/câmp de măsurare
- n) Stabilirea uniformității generale a luminanței carosabilului/câmp de măsurare
- o) Stabilirea luminanței medii a peretelui/câmp de măsurare
- p) Stabilirea uniformității longitudinale a peretelui
- q) Stabilirea indicelui de redare a culorilor și a temperaturii culorilor
- r) Reprezentarea grafică a curbei de luminanță în secțiunii de intrare cu compararea obiectivului/situației efective

Capitolul VII

Referințe

Directiva 2009/125/CE	a Parlamentului European și a Consiliului din 21 octombrie 2009 de instituire a unui cadru pentru stabilirea cerințelor în materie de proiectare ecologică aplicabile produselor cu impact energetic.
Directiva 2004/54/CE	a Parlamentului European și a Consiliului din 29 aprilie 2004 privind cerințele minime de siguranță aplicabile tunelelor din Rețeaua Rutieră Transeuropeană.
Legea nr.277/2007	Legea privind cerințele minime de siguranță pentru tunelele situate pe secțiunile naționale ale rețelei rutiere transeuropene.
AND 621/2025	Model de analiză a riscurilor privind tunelele rutiere
AND 622/2025	Echipamente structurale de operare și de siguranță pentru tunele rutiere
AND 623/2025	Echipamente pentru dotarea tunelelor
AND 624/2025	Sisteme de ventilație pentru tunele rutiere. Principii de bază

IEC 60331-11	Teste pentru cabluri electrice în condiții de incendiu - Integritatea circuitului - Partea 11: Aparatură - O sursă de incendiu cu temperatura flăcării de minim 750°C
SR EN 573-3+A2:2022	Aluminiu și aliaje de aluminiu. Compoziția chimică și forma produselor obținute prin deformare plastică. Partea 1: Sistem numeric de simbolizare
SR EN 12101	Sisteme pentru controlul fumului și gazelor fierbinți
SR EN 12150-1+A1	Sticlă pentru construcții. Geam de securitate de sticlă silico-calco-sodică securizat termic. Partea 1: Definiții și descriere
SR EN 12665	Lumină și iluminat. Termeni de bază și criterii pentru specificarea cerințelor de iluminat
SR EN 13032-1+A1	Lumină și iluminat. Măsurarea și prezentarea rezultatelor fotometrice ale lămpilor și corpurilor de iluminat. Partea 1: Măsurarea și prezentarea datelor
SR EN 60529	Grade de protecție asigurate prin carcase (Cod IP).
SR EN 61140	Protecție împotriva șocurilor electrice. Aspecte comune în instalații și echipamente electrice
SR EN 62717	Module LED pentru iluminatul general. Cerințe de performanță
CIE 13.3-1995	Commission Internationale de l'Eclairage (Comisia Internațională de Iluminat)
CIE 88:2004	CIE – Ghid privind iluminatul tunelurilor rutiere și al pasajelor subterane
SR EN 573-3:2022	Aluminiu și aliaje de aluminiu. Compoziția chimică și forma produselor obținute prin deformare plastică. Partea 3: Compoziția chimică și forma produselor
SR EN 13032-2	Lumină și iluminat. Măsurarea și prezentarea rezultatelor fotometrice ale lămpilor și corpurilor de iluminat. Partea 2: Prezentarea datelor pentru locuri de muncă la interior și la exterior
SR EN 13032-4	Lumină și iluminat. Măsurarea și prezentarea rezultatelor fotometrice ale lămpilor și corpurilor de iluminat. Partea 4: Lămpi, module și aparate de iluminat cu LED
SR EN 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. Partea 4: Metode de măsurare a performanțelor fotometrice
SR EN 13501-1	Clasificare la foc a produselor și elementelor de construcție. Partea 1: Clasificare folosind rezultatele încercărilor de reacție la foc
SR EN 61231	Sistem internațional de codificare a lămpilor (ILCOS)
SR EN 50110	Exploatarea instalațiilor electrice, partea 1 și 2
SR EN 1366-11+A1	Încercări de rezistență la foc pentru instalații tehnice. Partea 11: Sisteme de protecție la incendiu pentru sisteme de cabluri și componente asociate
ISO/CIE 19476	Caracterizarea performanțelor contoarelor de iluminanță și a contoarelor de luminanță