

ILUMINATUL TUNELELOR ȘI PASAJELOR SUBTERANE

st. Nicoleta Ciobanu, d.ș.t. Constantin Codreanu

Universitatea Tehnică a Moldovei

ABSTRACT

Exposed lighting system of tunnels, the characteristics of the five areas, lamps and luminaries their.

Iluminatul tunelelor este un moment extrem de important în siguranța traficului rutier. Pe timp de zi este foarte înaltă probabilitatea accidentelor rutiere din cauza diferenței nivelurilor de luminozitate a luminii naturale și a spațiului relativ întunecat al tunelului. La intrarea ziua în tunel are loc readaptarea vederii, ceea ce necesită o încordare majoră a vederii. Sistemul de iluminat al tunelului trebuie să fie conceput astfel încât siguranța circulației și confortul vizual al șoferilor să nu fie diminuate în comparație cu tronsonul de drum aflat înaintea intrării în tunel. Șoferul trebuie să aibă o informație vizuală adecvată în ceea ce privește comportamentul celorlalți utilizatori ai drumului, asupra drumului dinaintea sa, pentru a fi capabil să reacționeze la timp într-o anumită distanță de siguranță (SSD).

Când este necesara lumina în timpul zilei? Fiind adaptați la condițiile exterioare de luminanță, ochii șoferilor nu sunt fiziologic capabili să vadă detaliile de la intrarea într-un tunel, care apare ca o „gaura neagră”. În cazul unui tunel mai scurt, detaliile pot fi vizibile într-un contrast negativ, caz în care tunelul apare ca un cadru negru în jurul unui fundal luminos. Decizia de a echipa sau nu un tunel cu un sistem de iluminat pentru condițiile de zi depinde de factori multipli ca de exemplu lungimea tunelului, vizibilitatea sau nu a ieșirii, penetrarea sau nu a luminii naturale în tunel și densitatea traficului. În acest sens, un mod de lucru este cel oferit de ghidul CIE (Comisia Internațională de Iluminat).

Cum trebuie realizat iluminatul în timpul zilei. Un bun sistem de iluminat pentru tunel, realizează condiții de bună vizibilitate pentru utilizatorii drumului; sunt necesare nivele de luminanță care să se potrivească cu nivelul de adaptare a ochilor șoferului. După cum acest nivel de adaptare se schimbă pe măsura intrării în tunel, din punct de vedere al nivelului necesar de luminanță, tunelul se împarte în cinci zone longitudinale: accesul, zona de prag, zona de tranzit, zona interioară și zona de ieșire.

Zona de acces. Zona de acces nu este o parte propriu-zisă a tunelului, ci porțiunea de drum dinaintea intrării în tunel, de unde șoferii trebuie să fie capabili să vadă și să poată opri la sesizarea unui obstacol sau orice alt pericol aflat la intrarea în tunel. Lungimea zonei de acces este egală cu distanța de oprire în siguranță a vehiculului (SSD). Necesitățile de adaptare de la valoarea mare a luminanței exterioare la luminanța scăzută de la intrarea în tunel, determină valoarea luminanței zonei de prag de la începutul tunelului. CIE definește această valoare ca L_{20} , și reprezintă luminanța medie de valoare într-un unghi spațial de $2 \times 10^\circ$ centrat în deschiderea tunelului la o distanță egală cu distanța de oprire în siguranță față de portalul de intrare în tunel. Măsurările L_{20} , ca și înregistrările valorilor luminanțelor în zona de acces pe o perioadă lungă dau cele mai potrivite informații de calcul.

Tabelul 1

Luminanța recomandată pentru zone de acces /granițe

Distanța de oprire, m	Sistem de iluminat simetric, L_{th} / L_{20}	Sistem de iluminat contra-fascicol, L_{th} / L_{20}
60	0,05	0,04
100	0,06	0,05
160	0,10	0,07

Tabelul 2

Luminanța recomandată (cd/m^2) pentru zone interioare

Distanța de oprire, m	Densitate trafic		
	< 100 veh/h	100 < veh/h < 1000	> 1000 veh/h
60	1	2	3
100	2	4	6
160	5	10	15

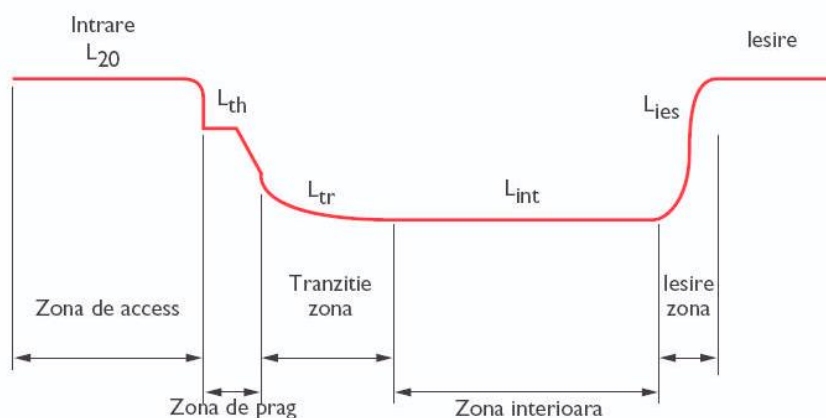


Figura 1 - Cele cinci zone longitudinale ale tunelului

Zona de prag. Nivelul de luminanță necesar în prima secțiune a zonei de prag, a cărei lungime este egală cu distanța de oprire în siguranță, are o valoare care depinde de valoarea luminanței de voal L20, din zona de acces, de distanța de oprire în siguranță, de viteza admisă și de sistemul de distribuție. Ecranarea luminii zilei la intrarea în tunel, Lamelele de protecție, vegetația sau orice alte măsuri care reduc valoarea L20 vor reduce în mod proporțional cantitatea de lumină necesară și modifică implicit consumul de energie în primele zone ale tunelului. În cea de-a doua jumătate a zonei de prag, nivelul luminanței se poate reduce rapid la 40% din nivelul inițial.

Zona de tranzit. În zona de tranzit, nivelul de luminanță este redus gradual până la nivelul necesar în zona interioară. Treptele de reducere sunt legate de viteza de adaptare a ochilor și deci depind de timp. Reducerea de la o treaptă la alta nu trebuie să depășească raportul 3:1.

Zona interioară. În zona interioară, care reprezintă cel mai adesea zona cea mai lungă a tunelului, nivelurile necesare de luminanță sunt dictate de viteză și de densitatea traficului.

Zona de ieșire. Adaptarea vizuală de la nivelul interior scăzut la nivelul mare exterior are loc practic instantaneu, dar există alte motive pentru care este necesară realizarea unui nivel crescător de luminanță în zona de ieșire:

- pentru a face vizibile autovehiculele mici care se deplasează în spatele celor mari atunci când luminanța exterioară are valori mari (ziua);
- autovehiculele din spate, care se află încă în tunel să fie vizibile în oglinda retrovizoare a mașinii care părăsește tunelul;
- să poată fi utilizată ca intrare (la viteză redusă) în caz de urgență sau întreținere, atunci când circulația pe un fir al tunelului este oprită.

Iluminatul de siguranță. Iluminatul de siguranță face parte în mod normal din iluminatul pe timp de noapte, dar este alimentat de la o sursă de energie permanentă.

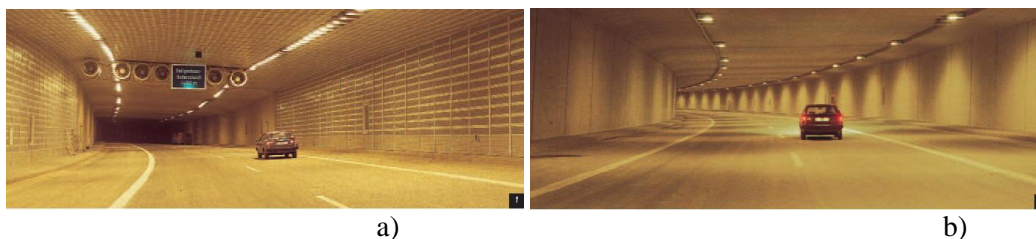


Figura 2 - Iluminatul tunelelor și pasajelor subterane:
a-zona de prag; b – zone de tranzit

Sisteme tipice de iluminat

- Distribuție simetrică este folosită pentru iluminatul zonelor de intrare și interior;

➤ Distribuție asimetrică (flux dirijat împotriva sensului de circulație - CBL) este folosită pentru iluminatul zonei de prag, când sunt necesare valori mari ale luminanței sau pentru distanțe mari de oprire în siguranță (valori mari ale raportului L_{th}/L_{20} sau distanță de oprire în siguranță mare).

Sistem de iluminat simetric transversal

Distribuția intensității luminoase este în principiu perpendiculară pe axa longitudinală a tunelului. Din aceasta rezultă un bun ghidaj vizual, nu este provocată orbirea și există suficientă lumină între mașini.

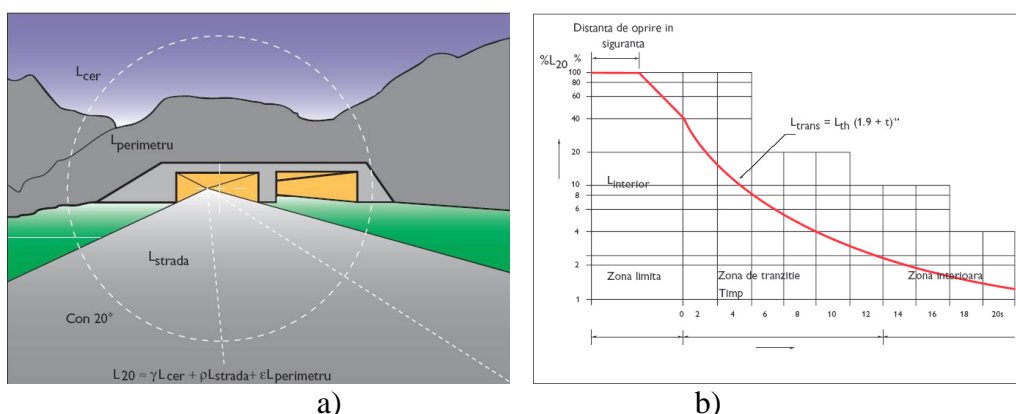


Figura 3 - Raza vizuală conică de 20° (a) și reprezentarea nivelului luminos în diferite zone (b)

Sistem de iluminat simetric axial

Distribuția intensității luminoase este în principiu paralelă la axa longitudinală a tunelului. De aici rezultă o eficiență ridicată a sistemului de iluminat permițând interdistanțe mari între corpurile de iluminat. Totuși, pot apărea umbre datorate ecranării corpurilor de către (vehiculele) mari.

Sistem de iluminat asimetric cu flux dirijat împotriva sensului de circulație (CBL- counterbeam)

Distribuția intensității luminoase este paralelă la axa longitudinală a tunelului, cu intensitățile maxime împotriva sensului de trafic, rezultând o eficiență înaltă și un contrast îmbunătățit, dar cu posibile umbre și pete de lumina pe perete.

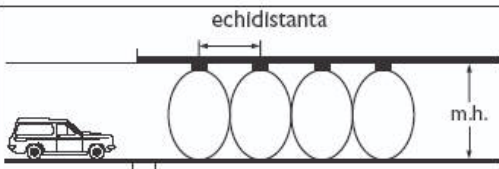
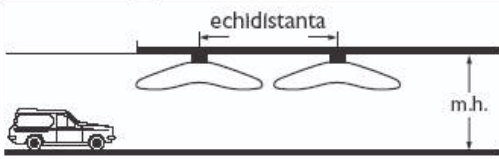
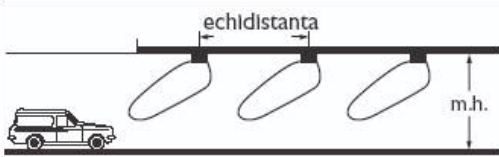
Lămpi recomandate

Intrarea în tunel necesită un nivel ridicat al fluxului luminos care este oferit de lămpile tip SON-T. Pentru alte zone ce necesită un nivel mai scăzut al fluxului luminos, cum ar fi zonele interioare, se pot utiliza lămpi fluorescente compacte. Philips Lighting recomanda lămpi tip TLD/PL-L pentru sistemul de iluminat simetric transversal și lămpi cu inducție tip QL pentru sistemul de iluminat simetric axial. Aceste lămpi cu lumină albă sunt preferate datorita redării bune a

culorilor celor de tip SOX, care sunt mai eficiente. Fluxul luminos al lămpilor fluorescente compacte variază cu temperatura. În general, măsurătorile fotometrice se realizează la o temperatură de 25°C, dar temperatura la care funcționează în realitate variază foarte mult și ca atare afectează eficacitatea acestor lămpi.

Tabelul 3

Sisteme de iluminat tipice pentru tunel

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

Iluminatul tunelurilor mici

Un tunel mic este reprezentat de o stradă sau o cale ferată ce străbat o zonă acoperită pe o distanță de peste 25 m, pentru traficul motorizat inclusiv intrările în parcări multietajate, de exemplu. Înălțimea este de 2,5 m sau mai mare, iar lățimea este cuprinsă între 5 și 20 m. Dacă tunelul este mai scurt de 25 m nu este nevoie de iluminat suplimentar. Când este însă mai mare de 25 m poate să ia naștere o zonă întunecată în jurul ieșirii. În această zonă un obstacol poate fi complet invizibil de la o distanță egală cu distanța de oprire sigură (Stopping Sight Distance - SSD).

Când este necesar iluminatul pe timp de zi

Depinde de un număr important de factori cum ar fi lungimea tunelului, vizibilitatea la ieșire, lumina naturală, strălucirea pereților și densitatea traficului.

Când este necesar iluminatul pe timpul nopții

În timpul nopții, CIE recomandă un nivel minim de iluminat egal cu nivelul fluxului luminos al străzilor din apropiere. BS 5489 recomandă un nivel, care să

nu depășească de mai mult de 3 ori nivelul străzilor învecinate, când acestea sunt iluminate.

Tabelul 4

Nivelul fluxului luminos recomandat pe timp de zi (CIE 88-1990)

Lungime tunel, m	Este ieșirea vizibilă de la distanța SSD?	Pătrunde lumina naturală în tunel?	Reflectanta pereților este mare (>0,4) sau mică (<0,2)	Traficul este dens sau lejer (inclusiv biciclete și pietoni)	% nivelul cerut al fluxului luminos în zona limită
<25					0
25-75	Da			Ușor	0
				Greu	50
25-75	Nu	Suficientă	Mare	Ușor	0
			Mic	Greu	50
		Insuficientă			50
					50
75-125	Da			Ușor	50
				Greu	100
	Nu	Suficientă	Mare	Ușor	50
			Mic	Greu	100
		Insuficientă			100
					100
>125				100	

Nota: BS-5489 prezintă 4 clase pentru tunele:

<25 m: Fără iluminat

25-50 m: Lumina naturală limitată la 15 cd/m² sau de 3 ori nivelul iluminatului din interior, conform tabelului de mai sus pentru tunele lungi, oricare este mai mare. Se va aplica atunci când iluminatul ambiental s-a redus la 10% din maximul L20.

50-100 m: Nivel constant al fluxului luminos pe toata lungimea tunelului, precum zonele limită în cazul tunelelor lungi.

>100 m: Clasa A cu iluminat complet ca pentru tunele lungi. BS recomandă ca iluminatul pe timp de noapte să fie de 3 ori mai mare decât cel de pe străzile din afara tunelului.

Bibliografie

1. DIN 67524-1-2008 *Lighting of street tunnels and underpasses - Part 1: General quality characteristics and guide values.*
2. DIN 67524-2 (2011-06) *Lighting of road tunnels and underpasses - Part 2: Calculation And Measurement.*