

## Тунелско осветљење за специјалне намене

### Кратак садржај

Основни задатак инсталације осветљења у тунелу је да обезбеди безбедно и сигурно кретање учесника у саобраћају у свим могућим ситуацијама. То је комплексан задатак у коме треба водити рачуна о великом броју захтева који истовремено треба да буду испуњени.

Пројекат електричног осветљења тунела обухвата како дневно и ноћно осветљење при нормалним радним условима, тако и безбедносно осветљење у ванредним ситуацијама.

У раду су изложени захтеви који се односе на осветљење тунела у ванредним ситуацијама и осветљење површина које служе за безбедно заустављање возила у случају потребе. Такође је дат и преглед препорука из ове области које се најчешће користе.

### Увод

Тунелско осветљење обухвата:

- Нормално осветљење, које се користи при нормалним радним условима, и
- Безбедносно осветљење, које се користи у ванредним ситуацијама.

Осветљење које се користи при нормалним радним условима, мора да обезбеди добру видљивост у дневним и ноћним условима. Осветљење тунела треба да ублажи проблем адаптације, и да обезбеди да опадање визуелних перформанси возача који улази у тунел у дневним условима буде у границама прихватљивог. Поред осветљења коловоза (који може да обухвата и зауставну траку), тунелско осветљење у нормалним радним условима обухвата и осветљење површина специјалне намене, као што су зауставне нише (ако постоје). С обзиром да се ове површине у суштини користе при ванредним околностима, препорука CIE разматра њихово осветљење у оквиру препорука за евакуационо осветљење.

Безбедносно осветљење обухвата сигурносно осветљење, које треба да омогући корисницима да безбедно изађу из тунела у својим возилима у случају нестанка мрежног напајања, и евакуационо осветљење, које треба да омогући лакшу евакуацију из тунела (пешке) у случају опасности (нпр. у случају пожара). Смернице за обележавање и осветљавање површина које се користе у случају опасности, тј. евакуације људи из тунела, дате су у препоруци Међународне комисије за осветљење CIE 193:2010 „Emergency Lighting

in Road Tunnels“, док су захтеви који се односе на дневно и ноћно осветљење у нормалним условима, као и сигурносно осветљење дефинисани у препоруци CIE 88: 2004 „Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses“.

У циљу спречавања настанка ситуација које би могле да угрозе животе људи, Директивом Европског парламента 2004/54/ЕС дефинисани су минимални безбедносни захтеви који морају да буду испуњени у сваком путном тунелу у Европи. Захтеви који се односе на осветљење разматрају тзв. нормално и безбедносно осветљење. У складу са овом директивом, 2013. године је донет Европски стандард EN 16276 , „Evacuation Lighting in Road Tunnels“, у којем су дефинисани захтеви које треба да испуни евакуационо осветљење. Захтеви који треба да буду испуњени при нормалном осветљењу у дневним и ноћним условима, као и захтеви који се односе на сигурносно осветљење, дати су у техничком извештају EN CR 14380 из 2003. године „Lighting Applications – Tunnel Lighting“.

## **Безбедносно осветљење**

Безбедносно осветљење обухвата осветљење површина специјалне намене, сигурносно и евакуационо осветљење. Према важећим препорукама CIE и европским стандардима, евакуационо осветљење мора да буде предвиђено у свим тунелима дужим од 500 m, као и у тунелима краћим од 500 m, у којима због отежаних услова постоје евакуациони путеви. Захтеви Међународне комисије за осветљење и Европског стандарда у погледу безбедносног осветљења су углавном исти. У случајевима када постоје разлике, у раду су посебно наведени захтеви према препорукама CIE и према EN.

## **Сигурносно осветљење**

У случају испада мрежног напона, дошло би до нестанка осветљења у тунелу, што би могло да угрози безбедност саобраћаја. Због тога препоруке саветују да се пројектом предвиди тзв. сигурносно осветљење, које треба да ублажи могуће паничне реакције у тренутку нестанка нормалног напајања, и да обезбеди минимални ниво осветљености целом дужином тунела како би корисници могли безбедно да изађу из тунела у својим возилима. Сигурносно осветљење треба да омогући непрекидно напајање бар једног дела светиљки (дуж целог тунела), које обезбеђује средњу вредност осветљености од минимално 10 lx и минималну осветљеност од бар 2 lx у било којој тачки у тунелу.

Сигурносно осветљење може да се изведе на неколико начина:

1. Напајањем инсталације осветљења помоћу два међусобно одвојена енергетска вода, напајана из два посебна енергетска извора,
2. Напајањем дела инсталације (одређеног пројектом) из дизел агрегата, који се након испада мрежног напајања укључује у кратком року

3. Напајањем дела инсталације преко централне батерије смештене у техничкој просторији тунела.

Каблови који се користе за напајање светиљки за сигурносно осветљење, морају да буду отпорни на ватру.

### **Евакуационо осветљење**

У случају опасности (нпр. пожара), евакуационо осветљење мора да обезбеди довољну видљивост и добро визуелно вођење особама које напуштају своја возила и крећу се као пешаци ка излазима или просторијама за евакуацију.

Путницима у тунелу треба да се омогући напуштање тунела на један од следећих начина:

- Кроз излазе из тунела који воде напоље,
- Кроз попречне везе које воде у другу цев тунела (ако тунел има више цеви),
- Излазе у случају опасности,
- Склоништа са излазима за евакуацију који су одвојени од тунелских цеви.

Систем осветљења који се користи за евакуационо осветљење мора да има непрекидно напајање у трајању од 30 минута, које мора да буде у функцији најкасније 30 s након настанка опасности (уколико није другачије дефинисано националним стандардом или студијом процене опасности).

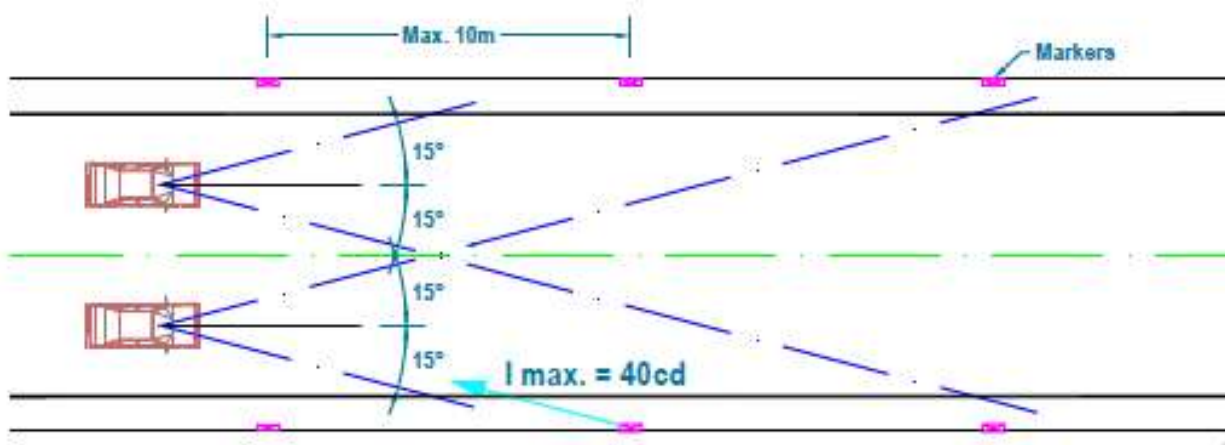
Евакуационо осветљење обухвата осветљавање излаза у случају опасности, осветљавање путева за евакуацију, обележавање евакуационих путева и излаза светлећим маркерима и осветљавање склоништа. У путеве за евакуацију спадају путеви за евакуацију унутар тунела, попречни међупролази за интервентна возила, попречни међупролази за пешаке и излази из тунела који воде напоље.

### ***Пут за евакуацију унутар тунела***

У случају опасности, коловоз у тунелу постаје пут по коме се пешаци крећу ка излазима. При нормалним видним условима, нормално или сигурносно осветљење обезбеђује добру видљивост пешацима који се крећу ка излазима за случај опасности. Међутим, у случајевима када је смањена видљивост (нпр. услед присуства дима), такво осветљење није довољно и неопходно је укључити и светлосне маркере на зидовима тунела. Ови светлосни маркери обезбеђују визуелно вођење пешака ка излазима за случај опасности.

Према препоруци СІЕ, светлосни маркери треба да буду постављени на оба зида тунела, на висини од 1 m изнад нивоа коловоза, а растојање између суседна два маркера не сме да буде веће од 10 m. Како би маркери били видљиви и у ситуацијама када је тунел испуњен

димом, светлосни интензитет маркера мора да буде већи од 1 cd у свим правцима. Светлосни маркери могу да буду укључени стално (и у нормалном радном режиму) или само у ситуацијама када је укључено безбедносно осветљење. Уколико су маркери стално укључени, приликом њиховог постављања мора да се води рачуна о елиминацији бљештања и ефекта треперења у нормалном радном режиму. У циљу елиминисања бљештања, препоручено је да при нормалном радном режиму, светлосни интензитет маркера у конусу  $2 \times 15^\circ$ , чија оса је правац посматрања возача, и који са изводницом формира угао од  $15^\circ$ , не буде већи од 40 cd (слика 1). У случајевима опасности, када је укључено евакуационо осветљење, светлосни интензитет маркера може да се повећа.



Слика 1 Ограничавање бљештања у смеру возача

Према Европском стандарду, маркери морају да буду постављени бар на једном зиду на висини не већој од 1.5 m у односу на коловоз, док максимално растојање између суседних маркера не сме да буде веће од 25 m. У случају да тунел има три или више возних трака, требало би размотрити постављање светлећих маркера са обе стране тунела. Минимална вредност светлосног интензитета светлећег маркера у било ком правцу не сме да буде мања од вредности  $0.1 S$  [cd], где је  $S$  растојање између два суседна маркера изражено у метрима. Уколико је ширина тунела већа од растојања између два маркера, минимална вредност светлосног интензитета маркера у било ком правцу мора да буде већа од вредности  $0.1 W$  [cd], где је  $W$  ширина тунела изражена у метрима.

### **Попречни међупролази за интервентна возила**

Попречни међупролази за интервентна возила морају да постоје у свим дво и вишецевним тунелима чија је дужина  $\geq 900$  m, као и код тунела у којима је већи ризик од могућих опасности чија је дужина већа од 600 m.

У случају опасности, средња вредност хоризонталне осветљености и равномерност осветљености у попречном међупролазу за интервентна возила, морају да буду веће или једнаке одговарајућим вредностима које се имају на коловозу у унутрашњој зони тунела.

### ***Попречни међупролази за пешаке и излази из тунела који воде напоље***

Попречни међупролази за пешаке (у тунелима са две и више цеви) и излази из тунела према спољном простору морају да буду предвиђени код свих тунела чија је дужина већа од 300 m. Удаљеност између два пролаза за пешаке у дугим тунелима не сме да буде већа од 300 m.

У случају опасности, средња вредност хоризонталне осветљености у попречном међупролазу за пешаке или у излазима, мора да буде већа или једнака вредности средње хоризонталне осветљености коловоза у унутрашњој зони тунела, уз равномерност осветљености не мањој од 0,2. Индекс репродукције боје светлосних извора који се користе за осветљење ових површина треба да буде  $R_a \geq 40$ .

### ***Излази у случају опасности***

Излази у случају опасности морају да буду јасно обележени и лако уочљиви. Корисници тунела треба да буду свесни њиховог постојања чак и у нормалним условима, а у ванредним околностима они морају да буду и додатно истакнути. То се постиже осветљавањем врата и њиховим обележавањем светлосним маркерима.

Према препоруци Међународне комисије за осветљење, сва врата за излаз у случају опасности, као и делови зида ширине 2 m око оквира врата треба да буду посебно осветљени, тако да средња вредност вертикалне осветљености ове зоне буде 3 до 5 пута већа од средње осветљености зида до 2 m висине у унутрашњој зони тунела. Равномерност осветљености зоне око врата за излаз у случају опасности не сме да буде мања од 0.6. Индекс репродукције боје светлосних извора који се користе за осветљење зоне око врата за излаз у случају опасности треба да буде  $R_a \geq 60$ .

Европски стандард препоручује осветљење зоне око врата за излаз у случају опасности, али не дефинише ширину зоне око врата. Уколико се, у циљу лакшег уочавања излаза, врата или простор око њих додатно наглашавају фарбањем, стандард препоручује употребу зелене боје. Због тога, светлосни извори који се користе за осветљавање ових зона, морају да буду изабрани тако да се њиховим коришћењем добро репродукује зелена боја предмета.

Поред додатног осветљења излаза за случај опасности, препоручује се и обележавање излаза трепћућим светлосним маркерима зелене боје, који су укључени само у случају опасности. Према препоруци CIE, ови маркери треба да буду постављени око врата (са свих страна), њихов светлосни интензитет не сме да буде мањи од 150 cd у било ком правцу, а

учестаност трептања би требало да буде у опсегу (1 – 2) Hz. Европски стандард захтева постављање маркера са обе бочне стране врата, светлосни интензитет маркера не мањи од 100 cd у било ком правцу и учестаност трептања у опсегу (0.5 – 2) Hz.

### ***Склоништа***

Према препоруци CIE, средња погонска вредност хоризонталне осветљености у склоништу (током опасности) не сме да буде мања од 100 lx, а равномерност осветљености (односно минималне и средње вредности) не мања од 0.2. Индекс репродукције боје светлосних извора који се користе за осветљење ових површина треба да буде  $R_a \geq 40$ . Према Директиви Европског парламента, склоништа морају да имају излазе за евакуацију који воде до отвореног простора. Европски стандард не разматра посебно осветљавање склоништа.

### ***Зауоставне нише***

У тунелима чија је дужина  $\geq 900$  m, и у којима не постоје зауоставне траке (у тунелима у којима владају посебни услови,  $\geq 600$  m), предвиђају се зауоставне нише (зоне склањања). То су проширења намењена оправданом зауостављању возила (у случају нужде или због одржавања). У овим зонама су постављене и нише за СОС позиве. У дугим тунелима, удаљеност између две зоне склањања не сме да буде већа од 600 m. Иако су ове површине посебно осветљене и у нормалним радним условима, препорука CIE разматра осветљавање зауоставних ниша у оквиру препорука за евакуационо осветљење. Средња хоризонтална осветљеност зауоставне нише мора да буде бар три пута већа од осветљености суседног коловоза уколико се за осветљење зауоставне нише користи исти тип светлосног извора као за осветљење тунела. Уколико се за осветљење нише користи другачији тип извора, средња хоризонтална осветљеност зауоставне нише мора да буде бар два пута већа од осветљености суседног дела коловоза. Општа равномерност осветљености зауоставне нише не сме да буде мања од оне која се има на суседном коловозу. Индекс репродукције боје светлосних извора који се користе за осветљење зауоставних ниша треба да буде  $R_a \geq 60$ . Европски стандард не садржи смернице за осветљавање ових површина.

### ***Закључак***

У безбедносном погледу, тунели спадају у ризична подручја. И у нормалним ситуацијама, у дневним условима, приликом уласка или изласка из тунела, постоји проблем адаптације вида корисника, пре свега возача. Осветљење тунела у нормалним радним условима мора да обезбеди да опадање визуелних перформанси возача буде у границама прихватљивог. У случају нестанка нормалног мрежног напајања, у тунелу мора да се предвиди тзв. сигурносно осветљење са аутономним напајањем, које треба да омогући корисницима да, у својим возилима, безбедно напусте тунел. Постојеће препоруке не разматрају улазак

нових возила у тунел у случају нестанка мрежног напајања. У појединим државама, у случају нестанка мрежног напајања, смањује се дозвољена брзина кретања на прилазу и у самом тунелу, и обезбеђује се безбедан улазак и кретање у свим деловима тунела и при таквим условима. То се постиже прикључењем дела светиљки предвиђених за појачано осветљење на систем за непрекидно напајање на који је прикључен и део светиљки за базно осветљење одређен пројектом према постојећим препорукама или стандардима. С обзиром да је ревизија препоруке CIE 88 у току, очекује се измена захтева за сигурносно осветљење.

С обзиром да су тунели покривени делови саобраћајнице из којих није лако изаћи у случају појаве опасности (нпр. пожара), предузима се читав низ мера које треба да ублаже могуће последице и да обезбеде евакуацију људи из тунела. Захтеви које осветљење треба да испуни у овом циљу су само један мали део постојећих мера. Безбедносно осветљење има озбиљан задатак да људима који су у опасности, и по правилу у паници, омогући лако уочавање излаза у случају опасности, јасно визуелно вођење до њих и адекватно осветљење свих евакуационих путева и склоништа.

## Литература

- [1] М. Костић, „Водич кроз свет технике осветљења“, Minel-Schreder, 2000.
- [2] CIE, „Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses“, Publication CIE 88, 2004.
- [3] CEN, „Lighting Applications – Tunnel Lighting“, EN CR 14380, 2003.
- [4] CIE, „Calculation of Tunnel Lighting Quality Criteria“, Publication CIE 189, 2010.
- [5] CIE, „Emergency Lighting in Road Tunnels“, Publication CIE 193, 2010.
- [6] EN, „Evacuation Lighting in Road Tunnels“, EN 16276, 2013.
- [7] Schreder Group, „Tunnel lighting seminar“, Liege, 2013.
- [8] Приручник за пројектовање путева у Републици Србији, 11.1 Општа смерница за пројектовање тунела, ЈП Пүтеви Србије, 2012.
- [9] European Parliament and Council “Directive 2004/54/EC the European Parliament and the council on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network” Brussels, April 29, 2004
- [10] World Road Association PIARC. Technical committee C3.3 Road Tunnel Operations. Human Factors and Tunnel Safety Regarding Users of Road Tunnels. November 2006