

# Požiadavky na komponenty osvetlenia a na ich údržbu v cestných tuneloch

Vlastnosti subsystému „Osvetlenie“ technologického vybavenia cestných tunelov majú rozhodujúci dosah na voľbu materiálov a na konštrukciu komponentov osvetlenia.

Konkrétne sa v tuneli požaduje prevádzkovať len svietidlá s označením CE, ktoré je podložené vyhlásením o zhode. Označenie CE potvrdzuje, že svietidlo je vyhotovené v súlade s príslušnými základnými požiadavkami európskych technických predpisov (smernicami), ktoré sa na svietidlo vzťahujú, a že zhoda bola preukázaná pomocou príslušného postupu jej posudzovania. Svietidlá musia vyhovovať predovšetkým harmonizovanej norme STN EN 60598-1 a STN 60598-2-3.

Aby sa zabránilo vzniku elektrolytickej korózie pri spojení rôznych kovov, musí byť teleso svietidiel vyrobené z ocelevej zliatiny, ktorá obsahuje minimálne 10 % chrómu (pozn. montážne držiaky a konzoly svietidiel sú vyrobené z nehrdzavejúcej ocele V4A). Povrch telesa z nehrdzavejúcej ocele V4A je nevyhnutné moriť a pasivovať alebo elektrolyticky leštiť. Inými slovami, vzhľadom na požadovanú ochranu pred koróziou a hrubé zaobchádzanie, aké sa dá očakávať pri strojovej údržbe tunela kefou a silným prúdom vody pri tlaku 6 bar, nie je prípustné používať na vyhotovenie telesa svietidiel hliníkové zliatiny, plasty a pod.

Pri jednosmerných tuneloch sa v adaptačnom pásme odporúča protismerné osvetlenie. V prípade, ak sa vzhľadom na predpokladané dopravné zaťaženie buduje jedna tunelová rúra, navrhuje sa v oboch adaptačných pásmach symetrické osvetlenie. Protismerné osvetlenie si vyžaduje svietidlá, ktoré dosahujú maximálnu svietivosť v smere proti prichádzajúcim vodičom. Pri symetrickom osvetlení vykazujú svietidlá symetrickú krivku svietivosti v smere jazdného pruhu.

Tab. 1 Merný výkon svietidiel

Druh svetelných zdrojov	Menovitý príkon (W)	Merný výkon svietidla (lm/W)
Vysokotlaková sodíková výbojka	150	76
	250	85
	400	93
LED modul	–	110

Zdroj: RVS 09.02.41 Tunnel. Tunnelausrüstung. Lichttechnik. Tunnelbeleuchtung (RVS 09.02.41 Tunnel. Vybavenie tunela. Svetelná technika. Osvetlenie tunela)

Na úpravu rozloženia svetelného toku vysokotlakových výbojok sa používajú reflektory, ktoré musia byť vyhotovené z jedného dielu z veľmi kvalitného hliníka. Reflektor musí zároveň slúžiť ako držiak objímky. V časti nastavitelného držiaka objímky sa požaduje vystuženie. Objímky výbojok musia byť vyrobené z porcelánu. Na usmernenie svetelného toku LED modulov sa používajú sklenené alebo plastové šošovky s prídavným plochým bezpečnostným sklom. Treba povedať, že typový rad optiky (katalóg LEDiL, kap. STREET & AREA LIGHTING) poskytuje viacero vhodných kriviek svietivosti LED modulov na osvetlenie cestných tunelov.

## Výber svetelných zdrojov

Výber svetelných zdrojov musí byť založený predovšetkým na hospodárnosti prevádzky osvetlenia cestných tunelov, inými slovami, na zohľadnení tak investičných, ako aj prevádzkových nákladov, ktoré ovplyvňuje najmä cena, životnosť a merný výkon svietidiel (tab. 1). Pozn.: Merný výkon svietidla je podiel svetelného toku vyžarovaného svietidlom a príkonu dodaného do svetelných zdrojov a príslušných obvodov v svietidle. Pokiaľ ide

o LED svietidlá, ich merný výkon závisí nielen od kvality používaných čipov (triedenie čipov z každej várky sa vykonáva podľa farby svetla, svetelného toku, napätia atď.), ale aj od optiky (šošoviek) v kombinácii so zložením a hrúbkou vrstvy luminoforu, ďalej od teploty puzdra a okolitej teploty (ide o kontrolu tepelných pomerov svietidla prostredníctvom tzv. teplotného manažmentu), napájajúcej jednotky a pod.

Príkon svietidiel musí zohľadniť požiadavky prevádzkovateľa. Hospodárnosť sa dosiahne hlavne rozmiestnením svietidiel v strede medzi jazdnými pruhmi.

Všeobecný index podania farieb  $R_a$  musí byť:

- v prípade použitia vysokotlakovej sodíkovej výbojky  $R_a \geq 20$ ;
- v prípade použitia LED modulu  $R_a \geq 70$  (pri náhradnej teplote chromatickosti  $T_{cp} = 4\,000\text{ K}$ ).

## Osvetlenie núdzových zálivov

Na osvetlenie núdzových zálivov možno použiť LED moduly s náhradnou teplotou chromatickosti rádovo do  $T_{cp} = 6\,000\text{ K}$ .

Pomocou vhodného binningu (výberu farebnej triedy) sa musí zabezpečiť, aby maximálna odchýlka  $T_{cp}$  LED čipov nebola väčšia ako  $\pm 300\text{ K}$ .

Nakonci predpokladanej životnosti 80 000 h, t. j. po uplynutí približne deviatich rokov pri prevádzkovej teplote okolia 25 °C sa podľa STN EN 62717 dovoľuje:

- postupné zníženie počiatočného svetelného toku LED svietidla charakterizované skratkou  $L_{80B_5}$  (hodnota  $B_5$  vyjadruje, že 5 % LED čipov nedosahuje hodnotu  $L_{80}$ );
- náhly pokles svetelného toku LED svietidla vyjadrený skratkou  $L_3C_{10}$  (hodnota  $C_{10}$  charakterizuje predpokladané totálne zlyhanie 10 % LED čipov svietidla).

Na požiadanie sa podľa STN EN 62717 musí pri LED svietidle po viac ako 6 000 hodinách prevádzky overiť:

- postupné zníženie počiatočného svetelného toku  $L_{90B_7}$ ;
- náhly pokles svetelného toku  $L_0C_5$ .



## LED ako alternatíva k vysokotlakovým sodíkovým výbojkám

V súčasnosti dosahujú LED svietidlá také parametre, že je už nevyhnutné použiť ich ako alternatívu k vysokotlakovým sodíkovým výbojkám (majú vyšší merný výkon, podstatne vyššiu životnosť a lepšie farebné podanie). Pritom okamžitý nábeh oproti niekoľkým minútam pri výbojkách a možnosť plynulej regulácie svetelného toku pri konštantnom mernom výkone (LED moduly sa skladajú z desiatok až stoviek čipov) umožňujú hospodárnejšie riadenie osvetlenia, najmä v adaptačnom pásme. Ďalšou výhodou je možnosť inštalácie LED svietidiel v malej výške na rímsach tunela, čo umožňuje významne znížiť svetelný tok potrebný na dosiahnutie požadovaného jasú vozovky. Okrem toho „líniové“ LED svietidlá umožňujú dosahovať pozdĺžnu rovnomernosť jasú vnútorného pásma blížiacu sa k hodnote 1,0 a úplne odstrániť mihanie.

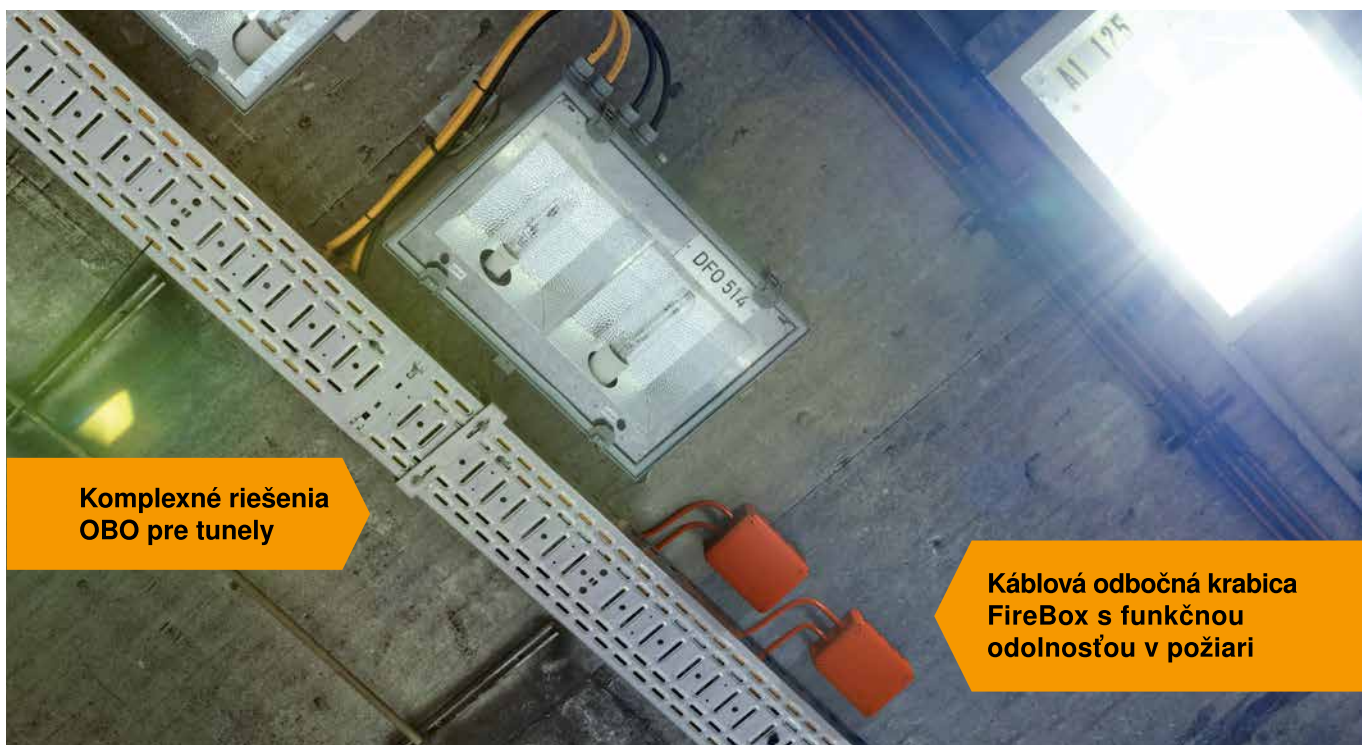
### Osvetlenie vnútorného pásma

Telesá protismerných „kufríkových“ svietidiel a „kufríkových“ svietidiel na osvetlenie vnútorného pásma musia byť v prípade použitia vysokotlakových sodíkových výbojok tvarovo nemenné. Výška protismerných „kufríkových“ a symetrických „líniových“ svietidiel nesmie prekročiť 180 mm a hmotnosť 25 kg. Svie-



tidlá musia mať overený, resp. patentovaný teplotný manažment. Musia byť konštruované ako prachotesné a vodotesné, v triede ochrany I alebo II v súlade s STN EN 61140. Požaduje sa stupeň krytia minimálne IP66 (STN EN 60529). Rám a ploché bezpečnostné sklo, ktoré znáša vysoký tepelný náraz (v texte sa používa aj názov ochranný kryt), musia byť zlepené. Tesnenie medzi ochranným krytom a telesom je nevyhnutné opatřit profilovým tesnením v dvoch úrovniach, odolným

proti teplote, vlhkosti, starnutiu a agresívnej atmosfére tunela (výfukové plyny, opotrebenie pneumatík a brzd). Ochranný kryt, schopný zaručiť ochranu optickej a elektrickej časti svietidla, musí byť uchytený najmenej štyrmi bezpečnostnými zámkami z nehrdzavejúcej ocele V4A, ktoré treba navrhnuť tak, aby umožnili otváranie a zatváranie krytu na oboch pozdĺžnych stranách svietidla a zároveň v otvorenom stave bránili spontánnemu oddeleniu krytu od telesa svietidla.



**Komplexné riešenia  
OBO pre tunely**

**Káblková odbočná krabica  
FireBox s funkčnou  
odolnosťou v požiari**

[www.obo.sk](http://www.obo.sk)

Building Connections

**OBO**  
BETTERMANN



V prípade potreby však možno oddeliť ochranný kryt od telesa bez nástrojov. Svetidlo musí byť vybavené zariadením na vyrovnávanie tlaku vo vnútri telesa. Podmienkou na vykonávanie a vyhodnocovanie rýchlych vizuálnych prehliadok stavu a funkcie svietidiel bez otvorenia ochranného krytu je svietiaci kontrolka viditeľná zvonka.

### Výmena svietidiel

Modulárna konštrukcia svietidiel a rozdielny spôsob ich montáže (na stred tunelovej rúry až po montáž na rímsu) musia zaručiť jednoduchú výmenu svietidla alebo jeho častí (vysokotlakových výbojok, resp. LED modulov a elektrickej časti svietidla). Pri bezúdržbovom variante sa nepožaduje prístup k jednotlivým komponentom, pretože v prípade poruchy, resp. opravy, sa vymení celé svietidlo. Na výmenu svietidla bez nástrojov musia byť k dispozícii konektorové zásuvné spoje s rovnakým stupňom ochrany, ako sa vyžaduje pri telese svietidla s maximálnou dĺžkou kábla 1 m. *Pozn.: Zameniteľnosť komponentov naznačuje koniec prevádzky LED svietidiel na jedno použitie!*

### Prístrojový panel a elektrické obvody

Prístrojový panel musí obsahovať všetko nevyhnutné na prevádzku elektrickej časti svietidla. Musí byť odklopný, jednoducho demontovateľný a po uvoľnení rýchloupínacích prvkov zabezpečený proti nechcenému pádu. Prístrojový panel musí obsahovať:

- v prípade použitia vysokotlakovej výbojky predradník s nízkymi stratami alebo elektronický predradník, elektronický zapalovač, podľa potreby kompenzačné zariadenie, prepínacie zariadenie s jedným alebo dvomi spínacími stupňami;
- v prípade použitia LED modulu ovládaciu jednotku DALI (pozn.: ovládacia jednotka, t. j. napájajúcu a riadiacu jednotku, možno umiestniť aj oddelene od svietidla v modulárnom a zásuvnom vyhotovení v priečnych prepojeniach).

Na spojenie vnútorných elektrických obvodov sa musia používať bezskrutkové svorky pre prierezy vodičov najmenej 6 mm<sup>2</sup> a riadiace káble s prierezom najmenej 2,5 mm<sup>2</sup>, a vidlice na zasunutie do zásuviek. Priechodné vedenie má byť vyrobené z tepelne odolnej izolácie (napr. silikónu). Na pripojenie napájacej siete sa musí používať preslučkovanie. Každé inštalované svietidlo vrátane prístrojového panela musí byť označené.

### Nosné konštrukcie

Nosné konštrukcie vyrobené z nehrdzavejúcej ocele V4A musia umožniť nastavenie svietidiel vo všetkých horizontálnych smeroch. Pri rozstupe svietidiel do vzdialenosti 10 m sa musia používať súvislé nosné konštrukcie. Pri väčšej vzdialenosti svietidiel ako 10 m sa musia svietidlá uchytiť samostatne. Demontáž svietidiel nesmie znížiť pevnosť nosnej konštrukcie, pričom tá sa musí prezentovať statickým výpočtom. Pri výpočte sa musí zohľadniť:

- hmotnosť svietidiel,
- hmotnosť káblov,
- aerodynamické namáhanie konštrukcie,
- mechanické namáhanie konštrukcie pri strojovej údržbe tunela,
- predpokladaný rozsah teplôt počas prevádzky tunela od -30 °C do +40 °C.

### Adaptačné osvetlenie

Adaptačné osvetlenie je ovládané riadiacim centrom na základe merania jasov pred vstupným portálom tunela. Na to je nevyhnutné použiť vonkajší a vnútorný jasomer. Vonkajší jasomer sa inštaluje vo vzdialenosti, ktorá sa rovná brzdné vzdialenosti pred vstupným portálom tunela, obvykle na pravej strane vozovky. Tento jasomer meria priemerný jas podstavy kužeľového zorného poľa ohraničeného vrcholovým uhlom 20°, ktorej stred leží vo výške 1,0 m nad povrchom vozovky a uprostred všetkých jazdných pruhov v smere jazdy vedúcej do tu-

nela. Aby sa zabránilo ovplyvneniu merania prechádzajúcimi vozidlami, musí sa vonkajší jasomer inštalovať približne 4,5 m nad vozovkou. Objektív vonkajšieho jasomeru je vybavený clonou, ktorá chráni vstupnú šošovku pred priamym dopadom slnečných lúčov a svetla, ktoré vychádza zo svietidiel na osvetlenej pozemnej komunikácii pred tunelom. Táto clona však nesmie zasahovať do vrcholového uhla jasomeru. V prípade dlhého tunela sa cca 20 až 30 m pred začiatkom svetelného bazéna inštaluje za vstupným portálom vnútorný korekčný jasomer, ktorý meria priemerný jas prvej časti medzného pásma, resp. pásma svetelného bazéna (v prípade krátkeho tunela sa inštaluje cca 10 až 20 m pred začiatkom svetelného bazéna). Spektrálnu citlivosť jasomerov treba nastaviť na fotopické videnie, t. j. ultrafialové a infračervené žiarenie treba odfiltrovať. Všetky kovové časti jasomerov musia byť vyrobené z nehrdzavejúcej ocele s tepelne izolovaným krytom. Stupeň krytia musí byť minimálne IP65. Zamrznutiu a zahmlievaniu ochranného skla jasomeru treba zabrániť vhodnými opatreniami (napr. elektronicky trvalo regulovaným ohrevom s bezpečnostným termostatom). Signál výstupu musí byť dimenzovaný na 4 až 20 mA pri odporovej záťaži 500 Ω. Rozdiel v nameraných jasoch, vyplývajúci z rôznych uhlov pohľadu pozorovateľa a jasomerov pred a za portálom, sa musí zohľadniť korekčným faktorom v riadiacom systéme. Vonkajší jasomer v približovacom pásme musí byť vybavený dvomi meracími rozsahmi, ktoré pokrývajú rozsah do 6 000 cd/m<sup>2</sup>. Vnútorný jasomer s meracím rozsahom do 500 cd/m<sup>2</sup> sa inštaluje vo výške približne 3,5 m nad vozovkou. Je orientovaný na stred praveho jazdného pruhu v smere jazdy. Kalibrácia jasomerov sa musí revidovať aspoň raz za rok.

Technické údaje svietidiel na osvetlenie cestných tunelov musí merať skúšobné laboratórium akreditované na predmetnú oblasť činnosti v súlade s STN EN ISO/IEC 17025.

Na záver už len treba vyjadriť presvedčenie, že excelentné tunely Ovčiarско a Žilina na diaľnici D1 Hričovské Podhradie a Lietavská Lúčka boli na Slovensku posledné, pri ktorých sa inštalovali svietidlá s vysokotlakovými sodíkovými výbojkami.

TEXT: prof. Ing. Pavol Horňák, DrSc.

FOTO: OBO Bettermann s. r. o.

Pavol Horňák je člen TK 7 Pozemné komunikácie a TK 108 Svetlo a osvetlenie ÚNMS SR, expert CEN/TC 169/WG 6 Osvetlenie tunelov a expert SNAS.

### Requirements for lighting components and their maintenance in road tunnels

The features of the 'Lighting' subsystem of road tunnel technological equipment have a decisive impact on the choice of materials and the design of the lighting components.