

**Ministerstvo dopravy a výstavby SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TP 115

**TECHNICKÉ PODMIENKY
Osvetlenie cestných tunelov**

účinnosť od: 01.06.2020

OBSAH

1	Úvodná kapitola	3
1.1	Vzájomné uznávanie	3
1.2	Predmet technických podmienok (TP)	3
1.3	Účel TP	3
1.4	Použitie TP	3
1.5	Vypracovanie TP	3
1.6	Distribúcia TP	4
1.7	Účinnosť TP	4
1.8	Nahradenie predchádzajúcich predpisov	4
1.9	Súvisiace a citované právne predpisy	4
1.10	Súvisiace a citované normy	4
1.11	Súvisiace a citované technické predpisy rezortu	5
1.12	Súvisiace zahraničné predpisy	6
1.13	Použitá literatúra	7
1.14	Použité skratky	7
1.15	Termíny a definície	7
2	Všeobecne	10
3	Návrh a požiadavky na osvetlenie cestných tunelov	11
3.1	Spôsob osvetlenia tunela	11
3.2	Určenie celkovej brzdnéj dráhy	13
3.3	Určenie jasů približovacieho pásma L_{20}	13
3.4	Určovanie triedy osvetlenia	15
3.5	Obmedzenie mihania	16
3.6	Obmedzenie oslnenia	16
3.7	Výpočtové siete na výpočet jednotlivých parametrov osvetlenia	17
3.8	Osvetlenie stien tunela	19
3.9	Rovnomernosť jasů	19
3.10	Požiadavky na adaptačné osvetlenie cestných tunelov	19
3.11	Požiadavky na vnútorné (prejazdové) osvetlenie cestných tunelov	21
3.12	Požiadavky na osvetlenie núdzových zálivov cestných tunelov	21
3.13	Požiadavky pre osvetlenie vstupov do priečných prepojení v cestných tuneloch	22
3.14	Požiadavky na osvetlenie priečných prepojení cestných tunelov	23
3.15	Požiadavky na náhradné (bezpečnostné) osvetlenie cestných tunelov	24
3.16	Požiadavky požiarneho núdzového osvetlenia cestných tunelov	24
3.17	Požiadavky na osvetlenie krátkych cestných tunelov	25
3.18	Požiadavky na osvetlenie v oblastiach pred portálmi tunela	29
3.19	Požiadavky vodiaceho osvetlenia cestných tunelov	30
3.20	Požiadavky na osvetlenie vnútorných pracovných priestorov v cestných tuneloch a pridružených objektoch	31
3.21	Požiadavky na ostatné svetlo emitujúce zariadenia inštalované v tuneli z pohľadu osvetlenia v tuneloch a zrakovej pohody vodiča	33
4	Minimálne požiadavky na systémy riadenia osvetlenia	35
5	Minimálne požiadavky na energetickú efektivnosť osvetľovacích sústav	37
5.1	Požiadavky na svietidlá na predportálové osvetlenie	37
5.2	Požiadavky na svietidlá na hlavné osvetlenie v tuneli	38
6	Minimálne požiadavky na východiskové merania a kontrolné meranie osvetlenia v tuneloch	39
6.1	Požiadavky na meracie prístroje	39
6.2	Požiadavky na východiskové meranie osvetlenia v tuneli	41
6.3	Požiadavky na kontrolné meranie osvetlenia v tuneli	42
6.4	Neistoty a chyby merania	43
6.5	Vyhodnotenie merania	44
7	Minimálne požiadavky a spôsob vykonávania kontroly a údržby osvetlenia cestných tunelov	46
7.1	Mesačné kontroly	47

1 Úvodná kapitola

1.1 Vzájomné uznávanie

V prípadoch, keď táto špecifikácia stanovuje požiadavku na zhodu s ktoroukoľvek časťou slovenskej normy (Slovenská technická norma) alebo inej technickej špecifikácie, možno túto požiadavku splniť zaistením súladu s:

- (a) normou alebo kódexom osvedčených postupov vydaných vnútroštátnym normalizačným orgánom alebo rovnocenným orgánom niektorého zo štátov EHP a Turecka;
- (b) ktoroukoľvek medzinárodnou normou, ktorú niektorý zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu alebo kódex osvedčených postupov;
- (c) technickou špecifikáciou, ktorú verejný orgán niektorého zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu; alebo
- (d) európskym technickým posúdením vydaným v súlade s postupom stanoveným v nariadení Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011 z 9. marca 2011, ktorým sa ustanovujú harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a ktorým sa zrušuje smernica Rady 89/106/EHS v platnom znení.

Vyššie uvedené body a), b), c), d) sa nebudú uplatňovať, ak sa preukáže, že dotknutá norma nezaručuje náležitú úroveň funkčnosti a bezpečnosti.

„Štát EHP“ znamená štát, ktorý je zmluvnou stranou dohody o Európskom hospodárskom priestore podpísanej v meste Porto dňa 2. mája 1992, v aktuálne platnom znení.

“Slovenská norma” (“Slovenská technická norma”) predstavuje akúkoľvek normu vydanú Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky vrátane prevzatých európskych, medzinárodných alebo zahraničných noriem.

1.2 Predmet technických podmienok (TP)

Predmetom týchto TP sú zásady a postupy pre požiadavky návrhu a realizácie osvetľovacích sústav, požiadavky na materiálové vyhotovenie osvetľovacích zariadení, požiadavky fotometrických, ako aj kolorimetrických parametrov svetidiel, ktoré sú prostriedkom na osvetlenie pozemných komunikácií vo všetkých pásmach tunelov, a požiadavky na meracie prístroje používané na meranie svetelnotechnických parametrov osvetľovacej sústavy tunela. Ďalej predmetom týchto TP sú požiadavky na osvetľovacie sústavy vnútorných pracovísk technických a pridružených priestorov tunela v súlade s platnou legislatívou na území SR. Predmetom týchto TP sú aj postupy na overenie vypočítaných parametrov a priebežnej kontroly parametrov osvetlenia cestných tunelov pomocou terénneho merania. ;

1.3 Účel TP

Účelom týchto TP je návrh a overenie parametrov osvetlenia v cestných tuneloch, ktoré súvisia s bezpečnosťou dopravy.

1.4 Použitie TP

Tieto TP sú určené pre projektantov, programátorov, investorov, stavebníkov, správcov cestných tunelov na diaľniciach, rýchlostných cestách, cestách I., II., III. triedy a miestnych komunikáciách. Tieto TP sú aplikovateľné na akýkoľvek tunel alebo podjazd, v ktorom je potrebné inštalovať osvetlenie.

1.5 Vypracovanie TP

Tieto TP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala spoločnosť FEI STU v Bratislave, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava 1.

Zodpovedný riešiteľ:

Mgr. Roman Dubnička, PhD., tel. č.: +421 903 228 678, e-mail: roman.dubnicka@stuba.sk

Spoluriešitelia:

Ing. Lukáš Lipnický, PhD., Národná diaľničná spoločnosť, a.s.

Ing. Peter Hajduček, Národná diaľničná spoločnosť, a.s.
 Ing. Peter Schmidt, Národná diaľničná spoločnosť, a.s.
 Ing. Dušan Ondrejčík, Národná diaľničná spoločnosť, a.s.
 Ing. Dušan Šesták, Národná diaľničná spoločnosť, a.s.

1.6 Distribúcia TP

Elektronická verzia TP sa po schválení zverejní na webovom sídle SSC: www.ssc.sk (Technické predpisy rezortu).

1.7 Účinnosť TP

Tieto TP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

1.8 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TP nenahrádzajú žiadny iný predpis. Tieto TP dopĺňajú požiadavky uvedené v TP 029, TP 082 a TP 093.

1.9 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z2] zákon č.135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z3] zákon č.157/2018 Z. z. o metrológii a o zmene a doplnení ostatných zákonov;
- [Z4] smernica EP a Rady 2004/54/ES o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v transeurópskej cestnej sieti;
- [Z5] nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 344/2006 Z. z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestnej sieti
- [Z6] vyhláška MV SR č. 9/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov;
- [Z7] vyhláška FMD č. 35/1984 Zb., ktorou sa vykonáva zákon o pozemných komunikáciách (cestný zákon);
- [Z8] vyhláška ÚNMS SR č.161/2019 Z. z. o meradlách a metrologickej kontrole;
- [Z9] vyhláška MZ SR č. 541/2007 Z. z. o podrobnostiach o požiadavkách na osvetlenie pri práci v znení neskorších predpisov;
- [Z10] vyhláška MV SR č. 30/2020 Z.z. o dopravnom značení.

1.10 Súvisiace a citované normy

STN 01 8020	Dopravné značky na pozemných komunikáciách
STN 36 0410	Osvetlenie pozemných komunikácií. Výber tried osvetlenia
STN 73 6100	Názvoslovie pozemných komunikácií
STN 73 6101	Projektovanie ciest a diaľnic
STN 73 6195	Hodnotenie protišmykových vlastností povrchu vozoviek
STN 73 7501	Navrhovanie konštrukcií razených podzemných objektov. Spoločné ustanovenia
STN 73 7507	Projektovanie cestných tunelov
STN EN 1463-1 (73 7015)	Materiály na vodorovné dopravné značenie pozemných komunikácií. Retroreflexné dopravné gombíky. Časť 1: Základné funkčné požiadavky
STN EN 1463-2 (73 7015)	Materiály na vodorovné dopravné značenie pozemných komunikácií. Retroreflexné dopravné gombíky. Časť 2: Skúšky na skúšobnom úseku
STN EN 1838 (36 0075)	Svetlo a osvetlenie. Núdzové osvetlenie

STN EN 12368 (73 6022)	Zariadenia na riadenie cestnej dopravy. Návestidlá
STN EN 12464-1 (36 0074)	Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovísk. Časť 1: Vnútorne pracoviská
STN EN 12665 (36 0070)	Svetlo a osvetlenie. Základné termíny a kritériá na stanovenie požiadaviek na osvetlenie
STN EN 12899 (73 7021)	Trvalé zvislé dopravné značky. Časť 1: Trvalé dopravné značky
STN EN 12966 (73 7040)	Zvislé dopravné značky. Dopravné značky s premennými symbolmi
STN EN 13032-1+A1 (36 0401)	Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 1: Meranie a formulár súborov
STN EN 13032-2 (36 0401)	Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 2: Prezentácia údajov pre vnútorné a vonkajšie pracoviská
STN EN 13032-3 (36 0401)	Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 3: Vyhodnotenie údajov pre núdzové osvetlenie pracovných miest
STN EN 13032-4+A1 (36 0401)	Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 4: Svetelné diódy, LED moduly a svietidlá
STN EN 13032-5 (36 0401)	Svetlo a osvetlenie. Meranie a vyhodnotenie fotometrických údajov svetelných zdrojov a svietidiel. Časť 5: Prezentovanie údajov pre svietidlá použité na osvetlenie pozemných komunikácií
STN EN 13201-2 (36 0410)	Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 2: Svetelnotechnické požiadavky
STN EN 13201-3 (36 0410)	Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 3: Svetelnotechnický výpočet
STN EN 13201-4 (36 0410)	Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 4: Metódy merania svetelnotechnických vlastností
STN EN 16276 (36 0077)	Evakuačné osvetlenie v cestných tuneloch
STN EN 50172 (36 0640)	Sústavy núdzového únikového osvetlenia
STN EN 62504 (36 0293)	Všeobecné osvetlenie. Výrobky s diódami emitujúcimi svetlo (LED) a príslušenstvo. Termíny a definície
TNI CEN/CR 14380 (36 0412)	Osvetlenie. Osvetľovanie tunelov
TNICEN/TR 13201-1 (36 0410)	Osvetlenie pozemných komunikácií. Časť 1: Výber tried osvetlenia
STN ISO 3864-1 (01 8012)	Grafické symboly. Bezpečnostné farby a bezpečnostné značky. Časť 1: Princípy návrhu na bezpečnostné značky a bezpečnostné značenia
STN ISO 3864-4 (01 8012)	Grafické symboly. Bezpečnostné farby a bezpečnostné značky. Časť 4: Kolorimetrické a fotometrické vlastnosti materiálov bezpečnostných značiek
STN EN ISO 7010 (01 8012)	Grafické symboly. Bezpečnostné farby a bezpečnostné značky. Registrované bezpečnostné značky (ISO 7010: 2011)
STN EN ISO/IEC 17025 (01 5253)	Všeobecné požiadavky na kompetentnosť skúšobných a kalibračných laboratórií (ISO/IEC 17025: 2017)

Poznámka: Súvisiace a citované normy vrátane aktuálnych zmien, dodatkov a národných príloh.

1.11 Súvisiace a citované technické predpisy rezortu

[T1] TP 015	Všeobecné zásady na použitie retroreflexných dopravných gombíkov na pozemných komunikáciách, MDPT SR: 2005 + Dodatok č.1, MDVRR SR: 2015;
[T2] TP 020	Tunelové názvoslovie, MDPT SR: 2006;

[T3]	TP 025	Meranie a hodnotenie drsnosti vozoviek pomocou zariadení SKIDDMETER BV11 a PROFILOGRAPH GE, MDPT SR: 2007;
[T4]	TP 082	Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Tunely – technologické vybavenie, MDVRR SR: 2014;
[T5]	TP 093	Centrálny riadiaci systém a vizualizácia – Tunely, MDV SR: 2020;
[T6]	TP 099	Protipožiarna bezpečnosť cestných tunelov, MDVRR SR: 2011;
[T7]	TKP 0	Všeobecne, MDVRR SR: 2012;
[T8]	TKP 26	Tunely, MDVRR SR: 2017.

1.12 Súvisiace zahraničné predpisy

[T9]	TP ČR 98 + TP ČR 98 - Z1	Technologické vybavení Tunelů pozemních komunikací, MD ČR: 2003 + Z1, MD ČR: 2010
[T10]	RVS 09.02.41	Tunnelausrüstung Lichttechnik, [Vybavenie tunelov, osvetlenie]
[T11]	DIN 67524-1	Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen. Teil 1: Allgemeine Gütemerkmale und Richtwerte, [Osvetlenie cestných tunelov a podchodov. Časť 1: Všeobecné charakteristiky kvality a benchmarky]
[T12]	DIN 67524-2	Beleuchtung von Straßentunneln und Unterführungen. Teil 2: Berechnung und Messung, [Osvetlenie cestných tunelov a podchodov. Časť 2: Výpočet a meranie]
[T13]	SN 640551-1	Öffentliche Beleuchtung in Strassentunneln, Galerien und Unterführungen – Teil 1: Lichttechnische Anforderungen - Begriffe und Gütemerkmale, [Verejné osvetlenie v cestných tuneloch, galériách a podchodoch. Časť 1: Požiadavky na osvetlenie – podmienky a vlastnosti]
[T14]	SN 640551-2	Öffentliche Beleuchtung in Strassentunneln, Galerien und Unterführungen – Teil 2: Planung und Bemessung der Beleuchtungsanlage, [Verejné osvetlenie v cestných tuneloch, galériách a podchodoch. Časť 2: Plánovanie a projektovanie osvetľovacieho systému]
[T15]	SN 640551-3	Öffentliche Beleuchtung in Strassentunneln, Galerien und Unterführungen – Teil 3: Methoden zur Messung und Beurteilung der Gütemerkmale, [Verejné osvetlenie v cestných tuneloch, galériách a podchodoch. Časť 3: Metódy merania a hodnotenia kvalitatívnych charakteristík]
[T16]	EABT-80/100	Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln mit einer Planungsgeschwindigkeit von 80 km/h oder 100 km/h, [Odporúčania pre vybavenie a prevádzku cestných tunelov s návrhovou rýchlosťou 80 alebo 100 km/h];
[T17]	CIE 015	Colorimetry, 4th edition, [Kolorimetria]
[T18]	CIE 061	Tunnel entrance lighting: A survey of fundamentals for determining the luminance in the threshold zone, [Osvetlenie vjazdu do tunela: Prehľad základov na určenie jasú medzného pásma]
[T19]	CIE 066	Road surfaces and lighting, [Povrchy komunikácií a osvetlenie]
[T20]	CIE 088:2004	Guide for the lighting of road tunnels and underpasses, 2nd ed, [Návod na osvetlenie cestných tunelov a podjazdov]
[T21]	CIE 97	Guide on the maintenance of indoor electric lighting systems, 2nd ed., [Návod na údržbu interiérových osvetľovacích sústav]
[T22]	CIE 140	Road Lighting Calculations, 2nd Edition, [Výpočet verejného osvetlenia]
[T23]	CIE 154	The maintenance of outdoor lighting systems, [Údržba exteriérových osvetľovacích sústav]
[T24]	CIE 189	Calculation of tunnel lighting quality criteria, [Výpočet kritérií kvality osvetlenia tunela]
[T25]	CIE 193	Emergency Lighting in Road Tunnels, [Núdzové osvetlenie v cestných tuneloch]

[T26]	CIE 194: 2011	On Site Measurement of the Photometric Properties of Road and Tunnel Lighting, [Meranie fotometrických vlastností osvetlenia ciest a tunelov]
[T27]	CIE S 004/E:2001	Colours of light signals, [Farby svetelných signálov]
[T28]	CIE DIS 024/E:2013	Light Emitting Diodes (LEDs) and LED Assemblies – Terms and Definitions, [Svetlo emitujúce diódy (LED) a príslušenstvo – termíny a definície]

1.13 Použitá literatúra

- [L1] HORŇÁK, P.: Výpočet a meranie svetelnotechnických vlastností osvetľovacích zariadení tunelov. In: EE časopis pre elektrotechniku, elektroenergetiku, informačné a komunikačné technológie, 2009, roč. 15, č. 5, s. 12 – 1;
- [L2] CETU - Tunnel lighting guidelines, [Návod na osvetlenie tunelov];
- [L3] CETU - Signalling and support measures for self-evacuation of users from road tunnels, [Signalizačné a podporné opatrenia na evakuáciu užívateľov z cestných tunelov];
- [L4] Schréder - Tunnels and underpasses, [Schréder - Tunely a podjazdy];
- [L5] <https://www.technoteam.de/> ;
- [L6] INDALUX – LIGHTING ENGINEERING 2002, [INDALUX - príručka osvetlenia].

1.14 Použité skratky

Používané sú skratky podľa citovaných noriem a nasledujúce:

CEN	Európsky výbor pre normalizáciu
CETU	Stredisko pre výskum tunelov vo Francúzsku
CIE	Medzinárodná komisia pre osvetlenie
EN	európska norma
PDZ	dopravná značka s premennými symbolmi
SNAS	Slovenská národná akreditačná služba
STN	slovenská technická norma
TNI	technická normalizačná informácia

1.15 Termíny a definície

Na účely týchto TP sa okrem termínov uvedených v STN 73 6100, STN 73 6101, STN EN 12665, STN EN 13032-4 + A1 a platných TPR používajú tieto ďalšie termíny a definície:

intenzita cestnej premávky: počet vozidiel, ktoré prejdú za jednu hodinu v jednom jazdnom pruhu počas dopravnej špičky

návrhová rýchlosť: navrhovaná najvyššia rýchlosť vozidla, z ktorej sa určujú návrhové parametre osvetlenia

celková brzdná dráha (BD): vzdialenosť potrebná na úplné zastavenie vozidla, idúceho určitou rýchlosťou

zmiešaná doprava: doprava pozostávajúca z motorových vozidiel, cyklistov a chodcov

motorová doprava: doprava pozostávajúca iba z motorových vozidiel

približovacie pásmo: časť otvorenej komunikácie bezprostredne pred vstupným portálom zahŕňajúca vzdialenosť, odkiaľ musí prichádzajúci vodič vidieť do tunela (obrázok 1)

medzné pásmo: prvá časť tunela hneď za vstupným portálom; medzné pásmo sa začína pri vstupnom portáli (obrázok 1)

prechodové pásmo: časť tunela, ktorá nasleduje po medznom pásme; prechodové pásmo je vymedzené od konca medzného pásma po začiatok vnútorného pásma; v prechodovom pásme sa

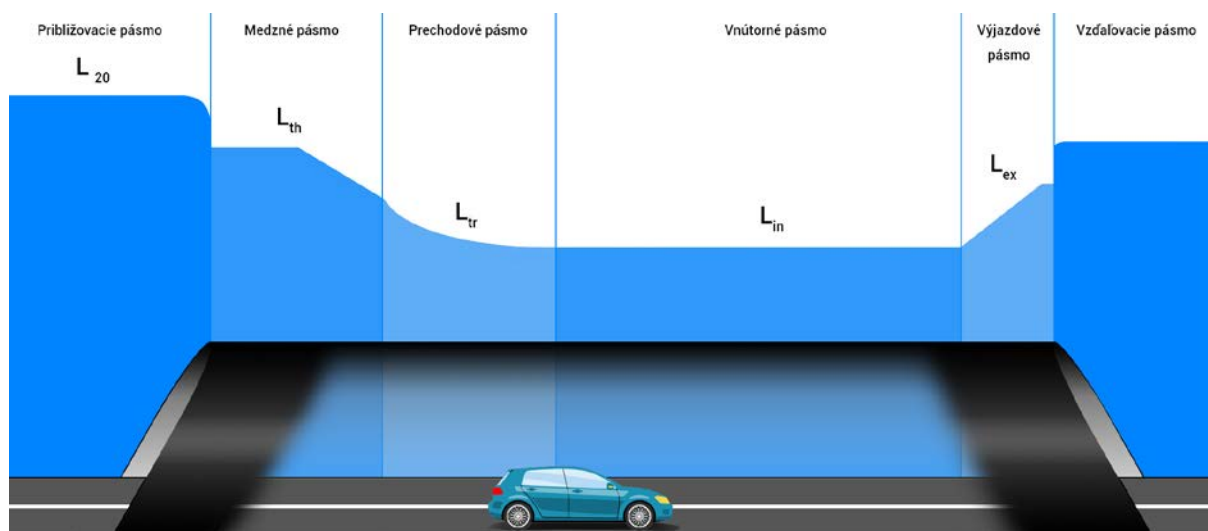
úroveň jas existujúca na konci medzného pásma znižuje na úroveň jas vnútorného pásma (obrázok 1)

vjazdové pásmo: kombinácia medzného pásma a prechodového pásma

vnútorné pásmo: časť tunela, ktorá nasleduje po prechodovom pásme; vnútorné pásmo je vymedzené od konca prechodového pásma po začiatok výjazdového pásma (obrázok 1)

výjazdové pásmo: časť tunela, v ktorej je videnie vodiča blížiacего sa k výjazdu z tunela ovplyvnené jasom priestoru za tunelom; výjazdové pásmo je vymedzené koncom vnútorného pásma po výstupný portál (obrázok 1)

vzdďalovacie pásmo: prvá časť otvorenej komunikácie za výstupným portálom; táto časť, ktorá sa začína za výstupným portálom, nie je časťou tunela, ale úzko súvisí s osvetlením tunela (obrázok 1)



Obrázok 1 - Pásma v cestnom tuneli

osvetlenie medzného pásma: osvetlenie, ktoré osvetľuje medzné pásmo a umožňuje vodičovi vidieť do vnútra tunela z približovacieho pásma

osvetlenie prechodového pásma: osvetlenie, ktoré osvetľuje prechodové pásmo a uľahčuje adaptáciu zraku na úroveň jas vnútorného pásma

osvetlenie vnútorného pásma: osvetlenie, ktoré osvetľuje vnútorné pásmo a umožňuje dostatočnú viditeľnosť vnútri tunela bez ohľadu na to, či sa používajú hlavné svetlomety vozidla

osvetlenie výjazdového pásma: osvetlenie, ktoré osvetľuje výjazdové pásmo a zlepšuje videnie vodiča počas prechodu z vnútorného pásma do priestoru za tunelom

vizuálne vedenie: svetelné prostriedky, ktoré zabezpečujú vodičovi dostatočné informácie počas jazdy v tuneli

jas približovacieho pásma L_{20} : priemerný jas kužeľového zorného poľa ohraničeného vrcholovým uhlom 20° s vrcholom v strede oka prichádzajúceho vodiča a zameraného približne do jednej štvrtiny výšky vstupného portálu; L_{20} je určený zo vzdialenosti rovnajúcej sa celkovej brzdnéj dráhe pred vjazdom do tunela v osi komunikácie alebo jazdného pruhu

jas medzného pásma (L_{th}): priemerný jas povrchu vozovky na začiatku medzného pásma (ako funkcia výpočtového poľa relevantného priestoru)

jas prechodového pásma (L_{tr}): priemerný jas povrchu vozovky v určitom mieste prechodového pásma (ako funkcia výpočtového poľa relevantného priestoru)

jas vnútorného pásma (L_{in}): priemerný jas povrchu vozovky vo vnútornom pásme (ako funkcia výpočtového poľa relevantného priestoru)

jas výjazdového pásma (L_{ex}): priemerný jas povrchu vozovky vo výjazdovom pásme (ako funkcia výpočtového poľa relevantného priestoru)

vertikálna osvetlenosť (E_v): osvetlenosť vertikálnej roviny 0,2 m nad povrchom vozovky; vertikálna rovina je orientovaná čelne na smer prichádzajúcej dopravy; stred povrchového elementu s výškou 0,2 m nad povrchom vozovky predstavuje objekt 0,4 m x 0,4 m

súčiniteľ jasu (q_c): podiel jasu povrchového elementu vozovky a vertikálnej osvetlenosti E_v v danom bode; $q_c = \frac{L}{E_v}$

pomer jasu medzného pásma a jasu približovacieho pásma (k): pomer priemerného jasu povrchu vozovky na začiatku medzného pásma L_{th} k jasu približovacieho pásma L_{20} ; $k = \frac{L_{th}}{L_{20}}$

priemerný jas povrchu vozovky ($\bar{L}$): spriemerovaný jas povrchu vozovky pozemnej komunikácie

priemerná osvetlenosť (na pozemnej komunikácii) ($\bar{E}$): spriemerovaná horizontálna osvetlenosť na povrchu vozovky pozemnej komunikácie

udržiavaná hodnota (priemerného jasu povrchu vozovky, priemernej osvetlenosti na pozemnej komunikácii): úroveň, pod ktorú sa hodnota zodpovedajúcej veličiny nesmie počas prevádzky znížiť

celková rovnomernosť (jasu povrchu vozovky, jasu stien, osvetlenosti povrchu vozovky, osvetlenosti stien) (U_o): pomer minimálnej hodnoty jasu (osvetlenosti), ktorý sa vyskytuje v ktoromkoľvek z bodov siete a priemerného jasu (osvetlenosti)

pozdlžna rovnomernosť (jasu povrchu vozovky) (U_l): pomer minimálnej a maximálnej hodnoty jasu v pozdlžnom smere pozdlž osi každého jazdného pruhu

dopravná značka s premennými symbolmi (PDZ): značka slúžiaca na zobrazenie niektorej z viacerých informácií, ktoré možno meniť, zapínať alebo vypínať podľa potreby

LED zariadenie: konštrukčný celok alebo súbor LED modulov a predradníkov na priame pripojenie na napájací systém

Poznámka 1 k termínu: LED zariadenie musí obvykle disponovať definovaným elektrickým, mechanickým, tepelným a radiačným rozhraním a charakteristickými fotometrickými vlastnosťami.

Poznámka 2 k termínu: LED zariadenie môže prípadne obsahovať chladič. [T28]

LED svietidlo: svietidlo určené na osadenie jedným alebo viacerými LED svetelnými zdrojmi

Poznámka 1 k termínu: LED svetelný zdroj (svetelné zdroje) môže (môžu) byť integrovanou časťou LED svietidla. [STN EN 62504]

farba svetla: súradnice chromatickosti farieb sú definované v súlade s CIE 1931 štandardný kolorimetrický pozorovateľ tak, ako je uvedené v [T17]. Súradnice chromatickosti farby triedy C1 musia zodpovedať hodnotám uvedeným v tabuľke 1. Súradnice chromatickosti farby triedy C2 musia zodpovedať hodnotám uvedeným v tabuľke 2. Oblasti chromatickosti v tabuľkách 1 a 2 [T27] pre červenú, oranžovú, žltú, bielu, zelenú a modrú farbu sú odporúčané v [T27] pre farby signálnych svetiel

pracovisko: priestor určený na pracovné miesta v podnikoch alebo v prevádzkach a akýkoľvek iný priestor v rámci podniku alebo prevádzky, kam má pracovník prístup v priebehu svojej práce

miesto zrakovej úlohy: priestor, v ktorom sa vykonáva zrková úloha

bezprostredné okolie zrakovej úlohy: pás obklopujúci miesto zrakovej úlohy

pozadie: oblasť priľahlá k bezprostrednému okoliu zrakovej úlohy

retroreflexný dopravný gombík (dopravný gombík): vodorovné vodiace zariadenie, ktoré odráža dopadajúce svetlo pomocou spätných odraziek na výstrahu, svetelné vedenie a informovanie používateľov ciest

Tabuľka 1 - Rohové body oblasti chromatickosti pre farby triedy C1

Farba	Trichromatické súradnice rohových bodov						
	Rohový bod	1	2	3	4	5	6
červená	x	0,660	0,680	0,735	0,721	–	–
	y	0,320	0,320	0,265	0,259	–	–
Žltá	x	0,536	0,547	0,613	0,593	–	–
	y	0,444	0,452	0,387	0,387	–	–
Biela	x	0,300	0,440	0,500	0,500	0,440	0,300
	y	0,342	0,432	0,440	0,382	0,382	0,276
Oranžová	x	0,624	0,605	0,650	0,669	–	–
	y	0,370	0,370	0,331	0,331	–	–
Zelená	x	0,310	0,310	0,209	0,028	–	–
	y	0,684	0,562	0,400	0,400	–	–
Modrá	x	0,109	0,204	0,233	0,149	–	–
	y	0,087	0,196	0,167	0,025	–	–

Tabuľka 2 - Rohové body oblasti chromatickosti pre farby triedy C2

Farba	Trichromatické súradnice rohových bodov				
	Rohový bod	1	2	3	4
červená	x	0,660	0,680	0,710	0,690
	y	0,320	0,320	0,290	0,290
Žltá	x	0,536	0,547	0,613	0,593
	y	0,444	0,452	0,387	0,387
Biela	x	0,300	0,440	0,440	0,300
	y	0,342	0,432	0,382	0,276
Oranžová	x	0,624	0,605	0,650	0,669
	y	0,370	0,370	0,331	0,331
Zelená	x	0,009	0,284	0,209	0,028
	y	0,720	0,520	0,400	0,400
Modrá	x	0,109	0,173	0,208	0,149
	y	0,087	0,160	0,125	0,025

2 Všeobecne

Pri potrebe osvetlenia cestného tunela sa rozlišuje krátky tunel (podjazd) alebo dlhý tunel. Požiadavky na osvetlenie dlhých a krátkych tunelov sa líšia podľa schopnosti prichádzajúcich vodičov vidieť cez tunel zo vzdialenosti rovnajúcej sa celkovej brzdnéj dráhe pred vstupným portálom.

Osvetlenie dlhých tunelov cez deň je založené na jase približovacieho pásma, od ktorého závisí aj hodnota jasu medzného pásma. Hodnota jasu približovacieho pásma je buď najvyššia hodnota jasu približovacieho pásma, ktorá sa vyskytuje v priebehu roka, alebo je to hodnota, ktorá sa vyskytuje v určitej časti roka (napríklad aspoň 75 h). Hodnoty požadovaných fotometrických parametrov pre jednotlivé pásma tunela (medzné, prechodové, vnútorné, výjazdové) závisia od hodnoty jasu

približovacieho pásma a triedy tunela vyplývajúcej z intenzity cestnej premávky v danom tuneli. V noci sa osvetlenie tunela udržiava na konštantnej hodnote odporúčanej pre vnútorné pásmo.

Osvetlenie krátkeho cestného tunela (podjazdu) je odvodené od schopnosti užívateľa tunela vidieť počas dňa výjazdový portál zo vzdialenosti brzdné dráhy pred vjazdovým portálom, a to buď úplne, alebo z prevažnej časti. Zorné pole, v ktorom sa javí užívateľovi tunela zo vzdialenosti brzdné dráhy pred vjazdovým portálom výjazdový portál, musí plošne pokryť minimálne žltú škvrnu oka užívateľa tunela. Každý prípad osvetlenia krátkeho cestného tunela si vyžaduje špecifickú štúdiu, pretože schopnosť vidieť cez tunel môže byť ovplyvnená viacerými faktormi. Schopnosť vidieť cez tunel závisí predovšetkým od dĺžky, šírky, výšky tunela, horizontálneho a vertikálneho zakrivenia a pod. Krátke tunely sa vyskytujú tam, kde komunikácia prechádza pod inou komunikáciou alebo železničným priecestím, alebo je zakrytá ako v prípade miestnych komunikácií. Tunely kratšie ako 25 m nepotrebujú vo dne umelé osvetlenie, tunely dlhšie ako 200 m vyžadujú vo dne vždy určitý druh umelého osvetlenia. Postup určovania potreby umelého osvetlenia pre krátke tunely s dĺžkou medzi 25 až 200 m je uvedený v článku 3.17 týchto TP.

3 Návrh a požiadavky na osvetlenie cestných tunelov

Cieľom osvetlenia tunela je zabezpečiť, aby používatelia tunela mohli vo dne i v noci bezpečne a bez zmeny smeru alebo rýchlosti nielen vojsť do tunela, prejsť ním, ale i vyjsť z tunela a aby táto úroveň bezpečnosti bola úmerná bezpečnosti na príjazdovej ceste. Aby sa dosiahol bezpečný prejazd tunelom, je nevyhnutné, aby všetci používatelia mali dostatočné informácie o pokračovaní komunikácie pred sebou, o prípadnom výskyte prekážok vrátane informácie o ostatných používateľoch a ich pohybe. Dopravné značky majú upovedomiť vodiča, že sa blíži k tunelu. Na zabránenie pôsobenia slnečného svetla pri vjazde do tunela sa môžu použiť stromy alebo iné clony. Pri vjazde do tunela by sa mali obmedziť svetlé povrchy a povrch vozovky pred portálmi by mal byť čím tmavší. Povrch vozovky vo vnútri tunela má byť svetlý. Pri symetrickom osvetlení by mal byť takmer difúzny a pri protismernom osvetlení viacej smerovaný. Pri výjazde z tunela sa má zabrániť oslneniu vhodným stavebným riešením alebo výsadbou zelene.

Hlavné parametre určujúce kvalitu osvetlenia tunela sú:

- (a) jas a osvetlenosť povrchu vozovky,
- (b) jas spodnej časti stien tunela do výšky 2 m od povrchu vozovky,
- (c) rovnomernosť jasu na povrchu vozovky a v spodnej časti stien tunela,
- (d) obmedzenie oslnenia,
- (e) obmedzenie mihania.

3.1 Spôsob osvetlenia tunela

Kontrast jasu môže byť negatívny alebo pozitívny, závisí od odrazivosti prekážky a pozadia, ako aj od spôsobu osvetlenia tunela. Spôsob osvetlenia závisí od rozloženia vyžarovaného svetelného toku zo svietidiel. Pre osvetlenie tunelov sa bežne používa symetrické osvetlenie (symetrická krivka svietivosti v C rovinách $0^\circ - 180^\circ$) a protismerné (nesymetrické) osvetlenie. Príklad protismerného osvetlenia je znázornený na obrázku 2 a príklad symetrického osvetlenia je znázornený na obrázku 3.

Pri protismernom osvetlení svietidlá vykazujú maximálnu svietivosť v smere proti prichádzajúcim užívateľom tunela a nízku hodnotu svietivosti v smere premávky. Tým sa dosahuje väčší kontrast jasu, pretože vertikálna osvetlenosť E_{v+} prekážky nachádzajúcej sa na vozovke v smere proti prichádzajúcim užívateľom tunela je nízka. Efekt osvetlenia je charakterizovaný hodnotou súčiniteľa jasu q_c . Hodnoty súčiniteľa jasu pre symetrické a protismerné osvetlenie sú uvedené v tabuľke 3.

Keď sú použité reflexné vlastnosti povrchu vozovky kategórie R3, R4 a C2 podľa kategorizácie uvedenej v publikácii [T19], dosahuje sa zvyčajne vyšší jas na vozovke ako pri symetrickom osvetlení. Typické hodnoty priemerného súčiniteľa jasu Q_0 a činiteľa zrkadlenia povrchu S1 sú uvedené v tabuľke 4.

Protismerné osvetlenie:

- (a) môže zvýšiť efekt čiernej diery, pretože niektoré postupy návrhu osvetlenia medzného pásma môžu priemerný jas povrchu vozovky znížiť,

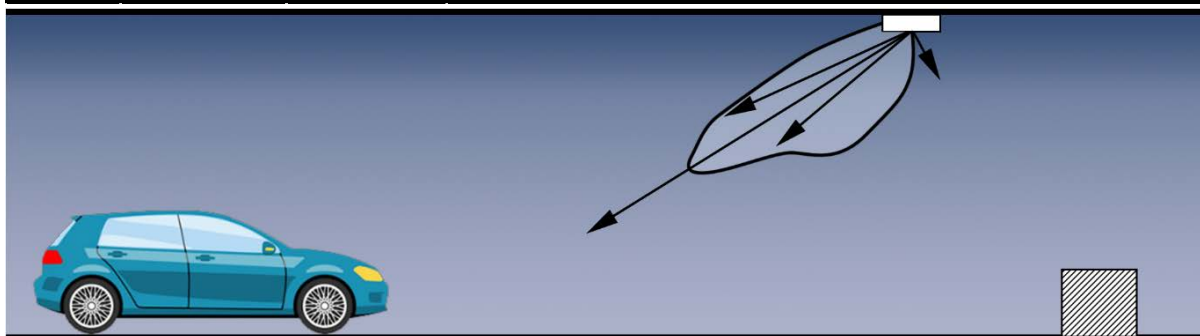
- (b) nemusí byť vhodné pre portál s vysokým stupňom vnikania denného svetla,
 (c) môže byť menej efektívne pri tuneloch s vysokou intenzitou cestnej premávky alebo pri tuneloch s vysokým percentom nákladných automobilov a autobusov.

Tabuľka 3 - Požadované hodnoty súčiniteľa jasu pre jednotlivé druhy osvetlenia [T10]

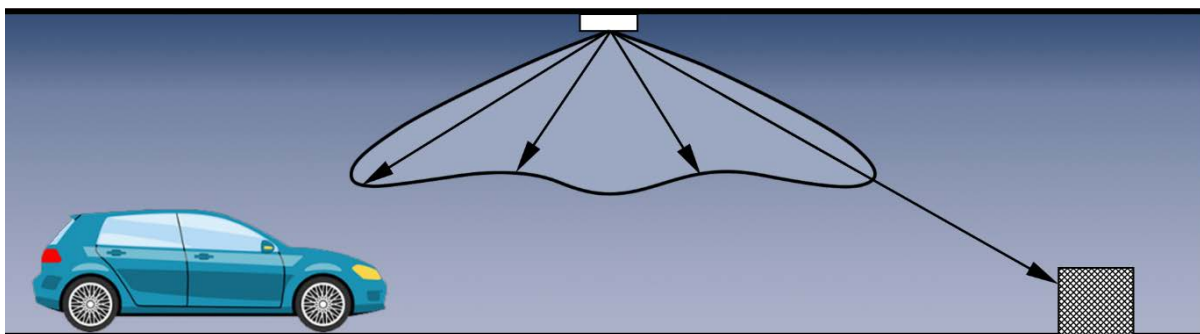
Osvetlenie	Súčiniteľ jasu q_c
Symetrické	$\leq 0,5 \text{ (cd/m}^2\text{)/lx}$
Nesymetrické	$\geq 0,5 \text{ (cd/m}^2\text{)/lx}$

Tabuľka 4 - Kategórie povrchov podľa [T19]

Typ povrchu	Priemerný súčiniteľ jasu Q_0	Činiteľ zrkadlenia S_1	Popis povrchu
C1	0,10	0,24	CIE C1 - betón
C2	0,07	0,97	CIE C2 - asfalt
N1	0,10	0,18	CIE Class = 1, difúzny povrch
N2	0,07	0,41	CIE Class = 1, betón
N3	0,07	0,88	CIE Class = 3, asfalt
N4	0,08	1,55	CIE Class = 4, lesklý asfalt
R1	0,10	0,25	IES RP-8 - difúzna charakteristika portlandského cementu alebo asfaltu spolu s min. 15% svetlejších zložiek z kameňa
R2	0,07	0,58	IES RP-8 - kombinácia difúzneho a zrkadlového odrazu asfaltov s obsahom 60% štrku s veľkosťou väčšou ako 10 mm alebo asfaltov s obsahom 10 - 15% svetlejších zložiek z kameňa
R3	0,07	1,11	IES RP-8 - mierne zrkadlový odraz typický pre asfaltové povrchy s obsahom tmavého kameňa a hrubou textúrou po pár mesiacoch
R4	0,08	1,55	IES RP-8 - väčšinou zrkadlový povrch typický pre veľmi hladký asfalt



Obrázok 2 - Protismerné osvetlenie



Obrázok 3 - Symetrické osvetlenie

3.2 Určenie celkovej brzdnéj dráhy

Dráha zastavenia vozidla sa vypočíta podľa (1). V uvedenom vzťahu je návrhová rýchlosť v vyjadrená v m.s^{-1} , sklon vozovky s v %, reakčný čas t_0 je 1 s, gravitačné zrýchlenie g je $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ a koeficient trenia f je 0,53.

$$BD = v \times t_0 + \frac{v^2}{2 \times g \times \left(f \pm \frac{s}{100}\right)} \quad (1)$$

kde:

v je návrhová rýchlosť,

t_0 reakčný čas,

g gravitačné zrýchlenie,

f koeficient trenia,

s sklon vozovky (+ sa volí pri stúpaní a – pri klesaní).

3.3 Určenie jasů približovacieho pásma L_{20}

Hodnota jasů približovacieho pásma L_{20} , ktorá je použitá pri návrhu osvetlenia alebo pri riadení osvetlenia tunela, musí predstavovať najvyššiu hodnotu jasů L_{20} , ktorá sa v priebehu roka vyskytuje s dostatočnou početnosťou.

3.3.1 Určenie jasů približovacieho pásma L_{20} na základe hrubého odhadu

Metóda určenia jasů L_{20} na základe hrubého odhadu sa používa iba v nižších stupňoch projektovej dokumentácie, pri ktorých nie je známe riešenie vjazdu do tunela (neexistuje pohľad na portál, prípadne existuje len hrubý náčrt). Hodnota jasů L_{20} pomocou hrubého odhadu sa určí na základe tabuľky 5 [TNI CEN/CR 14380] a vysvetliviek pod tabuľkou. Pri existencii pohľadu na portál (náčrt, fotografie) sa musí použiť metóda uvedená v kapitole 3.3.2.

Tabuľka 5 - Typické hodnoty jasů približovacieho pásma

	Priemerná hodnota jasů L_{20} v 20-stupňovom zornom poli (cd/m^2)															
	Percentuálny podiel oblohy															
	35%				25%				10%				0%			
	normál		sneh		normál		sneh		normál		sneh		normál		sneh	
	nízke	vysoké	nízke	vysoké	nízke	vysoké	nízke	vysoké	nízke	vysoké	nízke	vysoké	nízke	vysoké	nízke	vysoké
Jas v zornom poli	1)		1)		1)		1)		2)		3)		2)		3)	
Celková brzdná dráha 60 m	v praxi sa nevyskytuje		v praxi sa nevyskytuje		4000	5000	4000	5000	2500	3500	3000	3500	1500	3000	1500	4000
Celková brzdná dráha 100 m až 160 m	4000	6000	4000	6000	4000	6000	4000	6000	3000	5000	3000	5000	2500	4500	2500	5000

- Záleží predovšetkým na orientácii tunela:
 - nižšia hodnota sa volí pre južný vjazd (od juhu);
 - vyššia hodnota sa volí pre severný vjazd (od severu);
 - pre východný a západný vjazd sa volí stredná hodnota z uvedených hodnôt.
- Záleží predovšetkým na jase okolia:
 - nižšia hodnota sa volí pri nízkej odrazivosti okolia;
 - vyššia hodnota sa volí pri vysokej odrazivosti okolia.
- Záleží predovšetkým na orientácii tunela:
 - nižšia hodnota sa volí pre severný vjazd (od severu);
 - vyššia hodnota sa volí pre južný vjazd (od juhu);
 - pre východný a západný vjazd sa volí stredná hodnota z uvedených hodnôt.

3.3.2 Určenie jas približovacieho pásma L_{20} na základe rozboru približovacieho pásma 20° kužeľového zorného poľa

Pri návrhu osvetlenia nového tunela je potrebné použiť na určenie jas približovacieho pásma L_{20} metódu založenú na základe rozboru približovacieho pásma 20° kužeľového zorného poľa (príklad uvedený na obrázku 4). Vzhľadom na to, že hodnota jas medzného pásma je neznáma a percentuálny podiel vjazdového pásma τ je malý, možno tieto hodnoty zanedbať a výsledný jas L_{20} určiť podľa vzťahu (2). Hodnota jas L_{20} určená podľa tejto metódy je maximálna hodnota a môže sa skorigovať po analýze údajov rozdelenia relatívnej početnosti výskytu L_{20} . Činitele γ , ρ , ε sa určia pomocou náčrtov vjazdu do tunela v mierke alebo pomocou fotografie zo vzdialenosti, ktorá sa rovná celkovej brzdnéj dráhe pred vjazdom do tunela. Ak nie je možné zmerať jas L_C , L_R , L_E , tak sa hodnoty určia z tabuľky 6 [TNI CEN/CR 14380].

$$L_{20} = \gamma L_C + \rho L_R + \varepsilon L_E \quad (2)$$

pri: $\gamma + \rho + \varepsilon < 1$

kde:

L_C je jas oblohy;

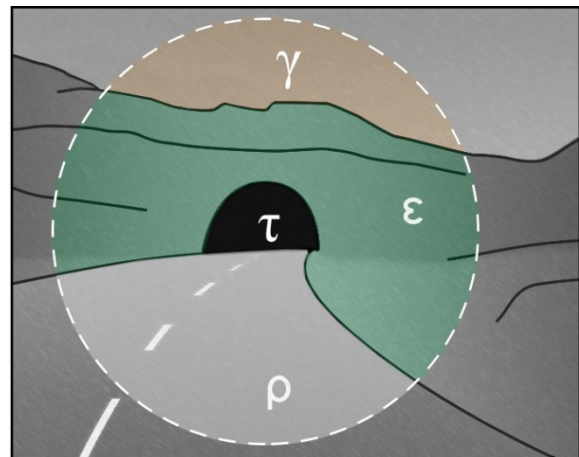
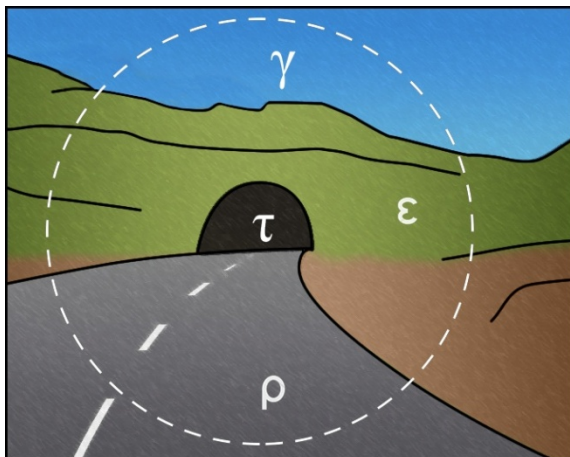
L_R jas vozovky;

L_E jas okolia;

γ percentuálny podiel oblohy;

ρ percentuálny podiel vozovky;

ε percentuálny podiel okolia.



Obrázok 4 - Príklad pohľadu na portál tunela s vyznačením zorného poľa 20° a jednotlivých percentuálnych podielov

Tabuľka 6 - Približné hodnoty jasů (kcd/m²) pre rôzne vjazdy a okolie tunela v 20-stupňovom zornom poli

Smer jazdy	LC (obloha)	LR (vozovka)	LE (okolie)			
			Skaly	Budovy	Sneh	Lúky
Od severu	8	3	3	8	15 (V, H)	2
Východný a západný vjazd	12	4	2	6	10 (V)	2
					15 (H)	
Od juhu	16	5	1	4	5 (V)	2
					15 (H)	

Poznámka: Hodnoty označené (V) sa volia v prípade horskej krajiny s prevažne strmým povrchom; hodnoty označené (H) sa volia v prípade rovinatej krajiny.

3.3.3 Určenie jasů približovacieho pásma L_{20} na základe merania

Pri rekonštrukcii osvetlenia existujúceho cestného tunela je potrebné určiť hodnotu jasů približovacieho pásma L_{20} pomocou štatistického vyhodnotenia existujúceho záznamu meraní hodnôt jasů L_{20} daného tunela (v priebehu jedného roka). Na tieto účely musia byť správcom uchovávané záznamy nameraných hodnôt jasů z jasomerov umiestnených pred portálmi tunela počas celého obdobia od inštalácie až po výmenu osvetľovacej sústavy.

Po uvedení nového cestného tunela do prevádzky je potrebné po roku prevádzky štatisticky vyhodnotiť namerané hodnoty jasů približovacieho pásma L_{20} a v prípade potreby upraviť reguláciu osvetlenia s ohľadom na dané štatistické vyhodnotenie.

Maximálna hodnota jasů približovacieho pásma L_{20} sa určí ako maximálna hodnota, ktorá sa vyskytuje aspoň 75 h v roku.

3.4 Určovanie triedy osvetlenia

Triedy osvetlenia definované v tabuľke 8 [TNI CEN/CR 14380] sú vzťahnuté k intenzite cestnej premávky a typu dopravy, ktoré sú uvedené v tabuľke 7 [TNI CEN/CR 14380]. Vizualne vedenie sa berie do úvahy pre tunely, kde sú požiadavky príliš nízke na opodstatnenie „plného“ osvetlenia tunela. V prípade zvýšenej náročnosti orientácie v cestnom tuneli je potrebné navrhnuť osvetlenie tunela o triedu vyššie, ako to vyplýva z tabuľky 8.

Tabuľka 7 - Hodnoty intenzity cestnej premávky

Intenzita cestnej premávky	Jednosmerný tunel (vozidlá/hodina. pruh)	Obojsmerný tunel (vozidlá/hodina. pruh)
Vysoká	> 1500	> 400
Stredná	500 - 1500	100 - 400
Nízka	< 500	< 100

Tabuľka 8 - Triedy osvetlenia

Intenzita cestnej premávky	Vysoká		Stredná		Nízka	
cestnej premávky						
Typ dopravy	M	A	M	A	M	A
Trieda osvetlenia	4	3	3	2	2	1 (vizualne vedenie)

Poznámka: A - motorizovaná doprava, M - zmiešaná doprava (motorizovaná doprava, chodci, cyklisti).

3.5 Obmedzenie mihania

Mihanie vzniká v dôsledku periodických zmien jasů v zornom poli vodiča, napríklad pôsobením denného svetla prenikajúceho do tunelovej rúry clonami osvetľovacích otvorov alebo pôsobením svietidiel s nesprávnym rozstupom. Rušenie zrakovej pohody spôsobenej mihaním závisí od:

- (a) frekvencie mihania,
- (b) celkového času pôsobenia,
- (c) fotometrických vlastností použitých svietidiel.

Frekvencia mihania sa vypočíta podľa nasledujúceho vzťahu [TNI CEN/CR 14380]:

$$f_{\text{mihania}} = \frac{\text{návrhová rýchlosť (m/s)}}{\text{rozstup svietidiel (m)}} \quad (3)$$

Všeobecne je rušivý vplyv mihania zanedbateľný pri frekvenciách nižších ako 2,5 Hz a vyšších ako 15 Hz. Rušenie zrakovej pohody vo vnútornom pásme tunela môže byť výrazné pri frekvencii mihania v rozsahu od 4 Hz do 11 Hz pri celkovom pôsobení dlhšom ako 20 s.

V pásmach tunela, kde sú použité svietidlá s vysokým stupňom intenzity jasů, je dovolená frekvencia mihania v rozsahu 2,5 Hz a 15 Hz pre danú návrhovú rýchlosť v trvaní kratšom ako 20 s.

Pri nepriepustných slnečných clonách musí byť frekvencia mihania vždy vyššia ako 50 Hz nezávisle od dĺžky zakrytej žalúziami.

Zraková nepohoda spôsobená mihaním sa musí preveriť pre všetky svietidlá, ktoré sú aktívne pri bežnej prevádzke tunela.

3.6 Obmedzenie oslnenia

Keďže oslnenie znižuje viditeľnosť, je dôležité ho minimalizovať. Pri osvetlení tunela sa musí brať do úvahy fyziologické (obmedzujúce) oslnenie. Stupeň obmedzujúceho oslnenia sa hodnotí podľa relatívneho zvýšenia prahovej hodnoty TI uvádzaného v percentách.

Vo všetkých pásmach tunela a pre všetky stupne regulácie osvetlenia musí byť hodnota relatívneho zvýšenia prahovej hodnoty TI menšia ako 15 %. Prahový prírastok sa vypočíta podľa nasledujúcich vzťahov [TNI CEN/CR 14380]:

$$TI = 65 \frac{L_v}{L_{\text{cesta}}^{0,8}} \text{ ak } \bar{L} \leq 5 \text{ cd/m}^2 \quad (4)$$

$$TI = 95 \frac{L_v}{L_{\text{cesta}}^{1,05}} \text{ ak } \bar{L} > 5 \text{ cd/m}^2 \quad (5)$$

kde:

$\bar{L}$ je priemerný jas povrchu cesty,

L_v je ekvivalentný závojový jas spôsobený všetkými svietidlami v zornom poli, kde os pohľadu je sklonená 1° pod horizontálou vo vertikálnej rovine pozdĺžneho smeru prechádzajúcej okom pozorovateľa.

Výpočty sa vykonávajú pre začiatočné hodnoty svetelnotechnických veličín a pre uhol vyžarovania 20° nad osou pohľadu. Ostatné svietidlá musia byť z výpočtu vylúčené, lebo sú mimo zorného poľa vodičov.

Pre tunely triedy osvetlenia 4, 3 a 2 zvýšenie prahovej hodnoty TI pre medzné pásmo a vnútorné pásmo vo dne a vo všetkých pásmach tunela v noci musí byť menšie ako 15 %. Pre tunely triedy osvetlenia 1 nie sú uvedené nijaké požiadavky. Pre výjazdové pásmo vo dne nie sú nijaké obmedzenia prahovej hodnoty TI .

3.7 Výpočtové siete na výpočet jednotlivých parametrov osvetlenia

Na výpočet parametrov osvetlenia v jednotlivých pásmach tunela sú definované výpočtové siete. Na overenie jednotlivých parametrov osvetlenia musia byť výpočtové siete v jednotlivých pásmach zosúladené s meracími sieťami. Výpočet požadovaných parametrov osvetlenia musí byť vykonaný pre každé pásmo v tuneli. Pokiaľ v nejakom pásmo tunela dôjde k zmene geometrie osvetľovacej sústavy, napríklad z dôvodu obchádzky vetracieho systému, musí byť pre tento úsek vykonaný ďalší výpočet, ktorý overí zachovanie jednotlivých požadovaných parametrov v tomto úseku.

Výpočet jednotlivých parametrov osvetlenia v približovacom pásmo sa vykonáva v súlade s výpočtovou sieťou uvedenou v STN EN 13201-3 na obrázku 5. Rozloženie výpočtových bodov sa vykoná podľa nasledujúcich vzorcov:

$$D = \frac{S}{N} \quad (6)$$

$$d = \frac{W}{3} \quad (7)$$

kde:

D vzdialenosť medzi bodmi v pozdĺžnom smere (m)

d vzdialenosť medzi bodmi v priečnom smere (m)

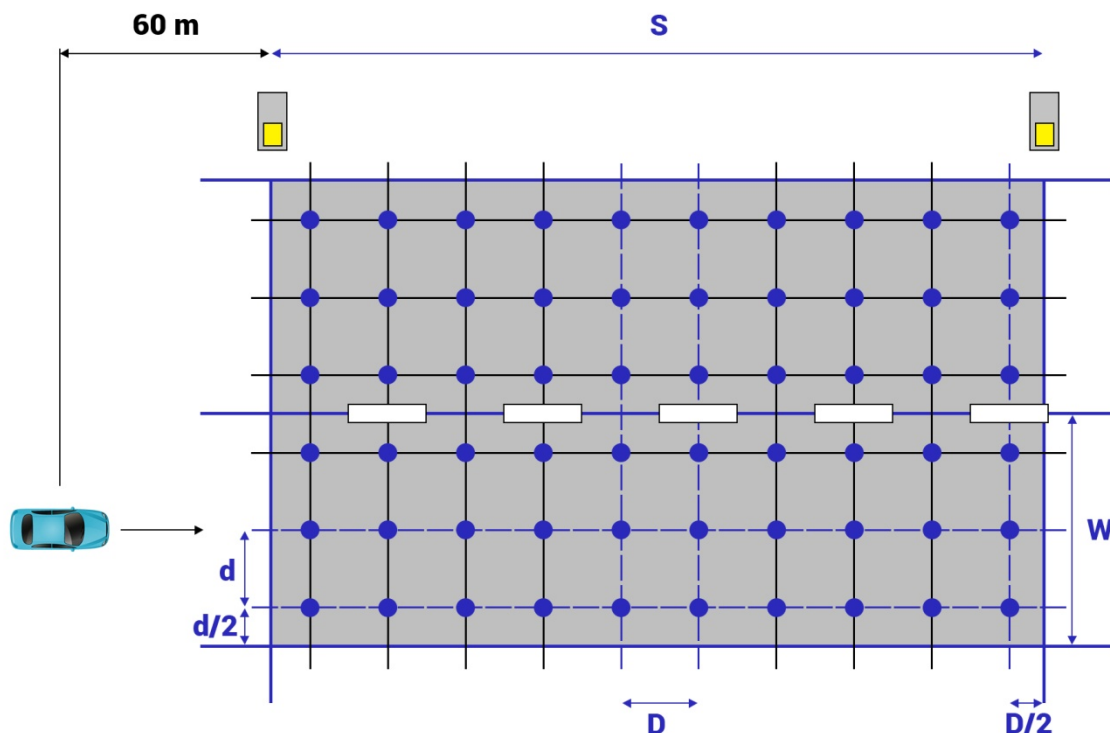
S vzdialenosť medzi bodmi v jednom rade (m)

W šírka jazdného pruhu (m)

N počet bodov výpočtu v pozdĺžnom smere:

pre $S \leq 30$ m, $N = 10$

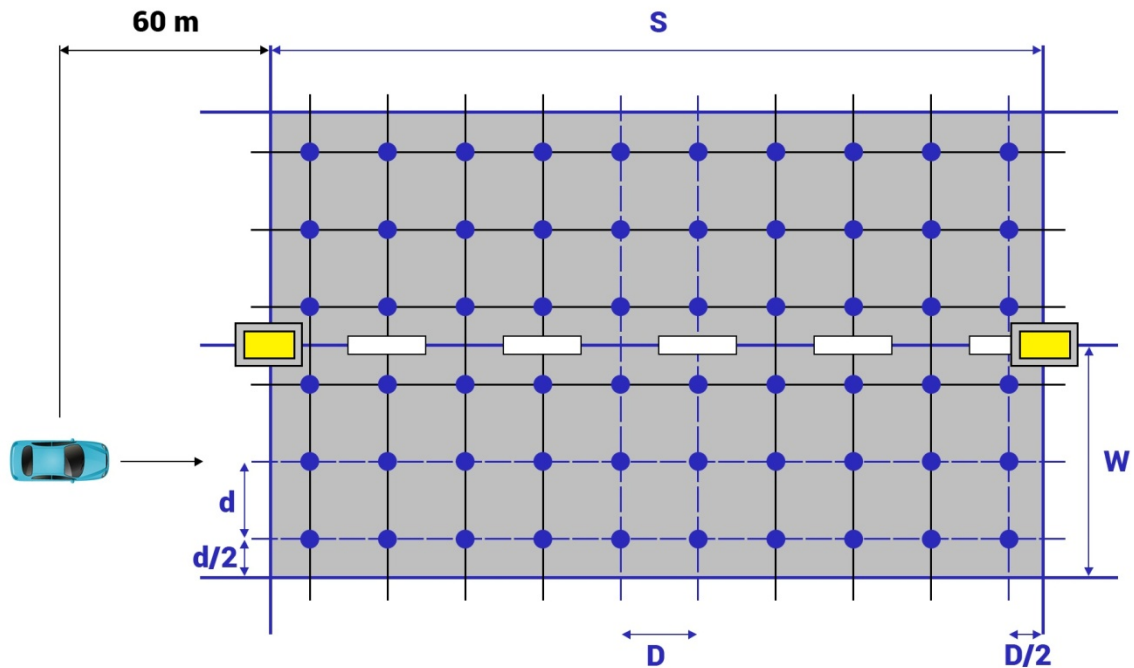
pre $S > 30$ m, N = najmenšia celá hodnota, pre ktorú platí $D \leq 3$ m



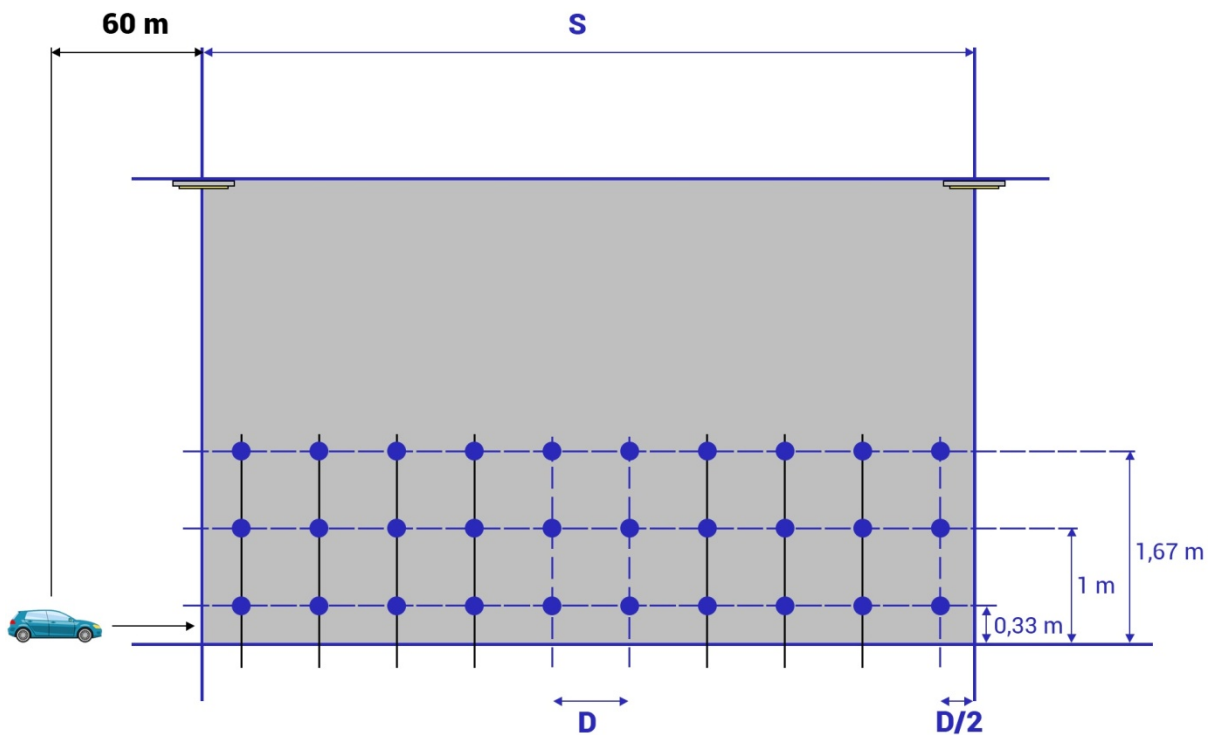
Obrázok 5 - Výpočtová sieť na výpočet parametrov na vozovke v približovacom pásmo

Pri verifikácii jednotlivých parametrov osvetlenia sa musí použiť rovnaké rozloženie meracích bodov ako vo výpočte. Pri výpočte parametrov osvetlenia v pásmach tunela s konštantnou úrovňou osvetlenia je potrebné použiť rozloženie výpočtových bodov v súlade s STN EN 13201-3 (obrázok 6). Na výpočet parametrov osvetlenia na stenách v pásmach tunela s konštantnou úrovňou osvetlenia je potrebné v pozdĺžnom smere použiť taktiež algoritmus v súlade s STN EN 13201-3. Počet a výšky

jednotlivých radov bodov sú uvedené na obrázku 7. V pásmach tunela s klesajúcou úrovňou osvetlenia musí byť počet bodov v pozdĺžnom smere zvolený tak, aby vzdialenosť medzi nimi v pozdĺžnom smere bola ≤ 3 m.



Obrázok 6 - Výpočtová sieť na výpočet parametrov na vozovke v tuneli (prvá polovica medzného pásma a vnútorné pásmo)



Obrázok 7 - Výpočtová sieť na výpočet parametrov na stene v tuneli (prvá polovica medzného pásma a vnútorné pásmo)

3.8 Osvetlenie stien tunela

Steny tunela tvoria časť pozadia na zistenie prekážok v tuneli, prispievajú k úrovni adaptácie a k vizuálnemu vedeniu. Preto je jas stien dôležitou zložkou kvality osvetlenia tunela. Odporúčané hodnoty priemerného jasu stien pre jednotlivé pásma v tuneli v závislosti od triedy osvetlenia sú uvedené v tabuľke 9 [TNI CEN/CR 14380].

Tabuľka 9 - Najnižšie hodnoty priemerného jasu stien pre jednotlivé pásma

Trieda osvetlenia	Priemerný jas stien do výšky 2 m
4	100 % priemerného jasu vozovky
3	≥ 60 % priemerného jasu vozovky
2	
1	≥ 25 % priemerného jasu vozovky

3.9 Rovnomernosť jasu

Predpísaná rovnomernosť jasu sa musí zabezpečiť na povrchu vozovky a stien do výšky 2 m. Vozovka a nižšie časti stien slúžia používateľom tunela ako pozadie, preto sa hodnotia tým istým spôsobom.

Vo dne musí rovnomernosť jasu pre rôzne triedy osvetlenia spĺňať hodnoty uvedené v tabuľke 10 [TNI CEN/CR 14380]. Hodnoty sú platné pre celkovú šírku tunela, t. j. pre jazdný pruh (jazdné pruhy) a pre núdzové jazdné pruhy, ak sa nachádzajú v tuneli, pre prvú polovicu medzného pásma, vnútorné pásmo. Celková rovnomernosť U_0 a pozdĺžna rovnomernosť U_1 sa nehodnotia v pásmach, kde sa zvyšuje alebo znižuje úroveň jasu (druhá polovica medzného pásma, prechodové pásmo, výjazdové pásmo), pretože pre dané pásma nie sú definované hodnoty rovnomernosti.

Tabuľka 10 - Najnižšie hodnoty rovnomernosti jasu povrchu vozovky pre medzné pásmo, vnútorné pásmo, núdzové jazdné pruhy

Trieda osvetlenia	U_0	U_1
4	0,4	0,7
3	0,4	0,6
2	0,3	0,5
1	-	-

Rovnomernosť jasu v noci v prípade tunelov triedy osvetlenia 4, 3 a 2 musí spĺňať rovnaké požiadavky ako vo dne. To sa týka aj tunelov dlhších ako 100 m, ktoré nie sú osvetlené vo dne.

3.10 Požiadavky na adaptačné osvetlenie cestných tunelov

Medzi adaptačné osvetlenie v cestnom tuneli patrí osvetlenie pásiem, kde dochádza k adaptácii zraku vodiča. Medzi tieto pásma patrí medzné, prechodové a výjazdové pásmo.

3.10.1 Požiadavky na osvetlenie medzného pásma

Na zamedzenie efektu čiernej diery a splnenie minimálnych požiadaviek na dosiahnutie dostatočnej viditeľnosti prekážok v medznom pásme musí jas medzného pásma dosiahnuť určité minimálne hodnoty. Tieto hodnoty závisia od jasu približovacieho pásma L_{20} . Hodnota priemerného jasu, pod ktorú jas povrchu vozovky nemá klesnúť, má byť určená pre celkovú šírku tunela, t. j. pre jazdný pruh (jazdné pruhy) a pre núdzové jazdné pruhy, ak sa nachádzajú v tuneli. Hodnota činiteľa k závisí od návrhovej rýchlosti a triedy osvetlenia (tabuľka 11) [TNI CEN/CR 14380].

Jas medzného pásma L_{th} možno určiť ako:

$$L_{th} = k \cdot L_{20} \quad (8)$$

kde:

k je pomer jasu medzného L_{th} a jasu približovacieho pásma L_{20} .

Dĺžka medzného pásma sa rovná celkovej brzdnéj dráhe. V prvej polovici jeho dĺžky je konštantný jas L_{th} ako na začiatku medzného pásma. V druhej polovici musí jas L_{th} lineárne klesať na hodnotu približne $0,4 L_{th}$.

Tabuľka 11 - Hodnoty činiteľa k pre rôzne návrhové rýchlosti a rôzne triedy osvetlenia

Trieda osvetlenia	Návrhová rýchlosť (km/h)		
	(50 - 70)	(80 - 100)	(110 - 120)
4	0,05	0,06	0,10
3	0,04	0,05	0,07
2	0,03	0,04	0,05
1	bez požiadavky (iba vizuálne vedenie)		

3.10.2 Požiadavky na osvetlenie prechodového pásma

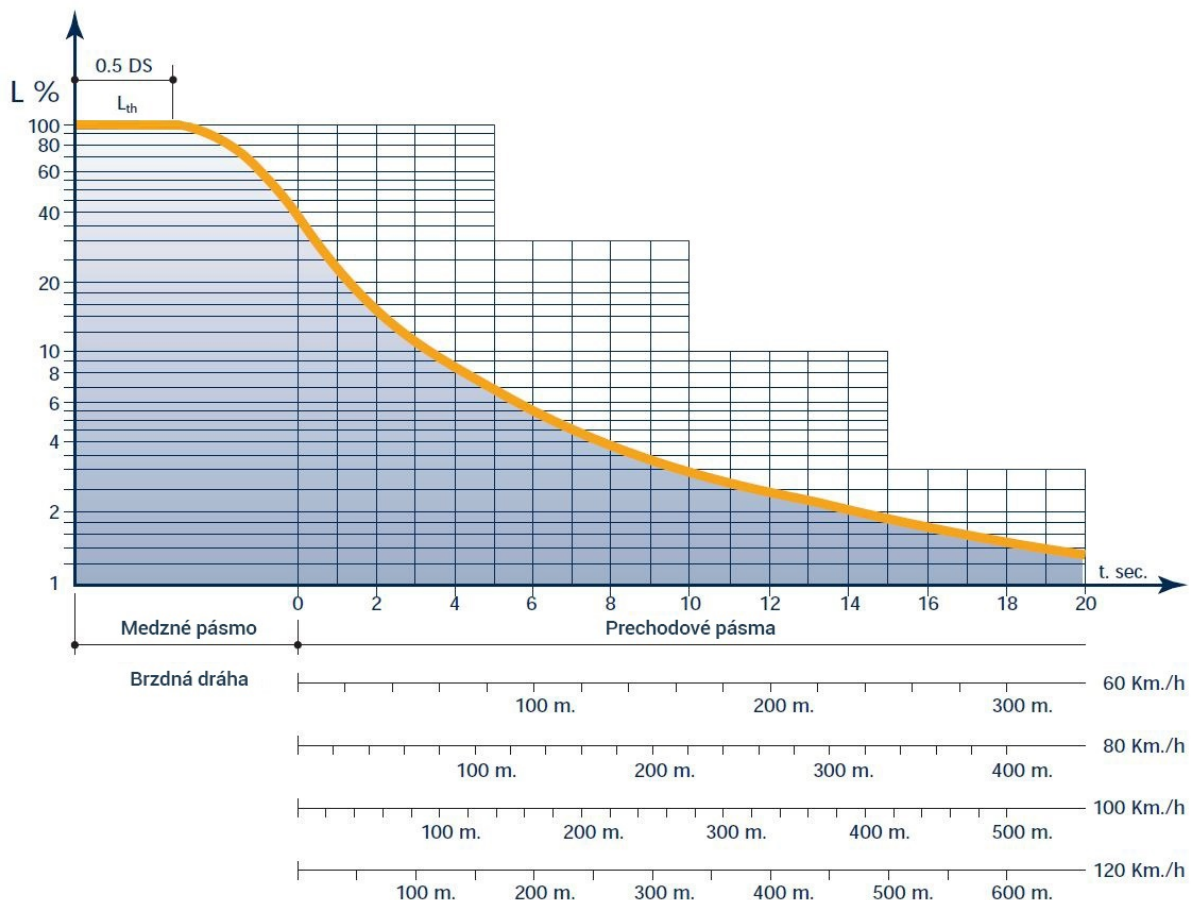
V prechodovom pásme sa úroveň jasu znižuje v súlade s krivkou uvedenou na obrázku 8 [L6]. Prechodové pásmo sa začína na konci medzného pásma ($t = 0$). Pokles jasu pri prechode z prechodového pásma do vnútorného pásma je 3 : 1.

Pre pokles úrovne jasu uvedený na obrázku 8 platí nasledovný vzťah [TNI CEN/CR 14380]:

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

kde:

L_{th} je 100 % a t je čas v sekundách.



Obrázok 8 - Pribeh jasu v medznom a prechodovom pásme

3.11 Požiadavky na vnútorné (prejazdové) osvetlenie cestných tunelov

Požadované hodnoty udržiavaného jas povrchu vozovky na osvetlenie vnútorného pásma tunela cez deň v závislosti od návrhovej rýchlosti a triedy osvetlenia sú uvedené v tabuľke 12 [TNI CEN/CR 14380]. Priemerný jas povrchu vozovky je určený pre jazdný pruh (jazdné pruhy) v tuneli. Pre triedy osvetlenia 1 až 3, uvedené v tabuľke 13 [TNI CEN/CR 14380], je dovolený priemerný jas povrchu vozovky v núdzových pruhoch nižší ako v príslušnom jazdnom pruhu (jazdných pruhoch).

Tabuľka 12 - Priemerný jas povrchu vozovky vnútorného pásma v cd/m^2 cez deň

Trieda osvetlenia	Návrhová rýchlosť (km/h)		
	(50 - 70)	(80 - 100)	(110 - 120)
4	3,0	6,0	10,0
3	2,0	4,0	6,0
2	1,5	2,0	4,0
1	bez požiadavky	0,5	1,5

Tabuľka 13 - Priemerný jas núdzového - núdzových jazdných pruhov

Trieda osvetlenia	Priemerný jas núdzového - núdzových pruhov
4	100 % priemerného jas vozovky v jazdných pruhoch
3	50 % priemerného jas vozovky v jazdných pruhoch
2	
1	bez požiadavky

Ak sa tunel nachádza na osvetlenej komunikácii, je potrebné udržiavať v noci vnútri tunela rovnaké osvetlenie ako v približovacom pásme. Priemerný jas povrchu vozovky všetkých pásem v tuneli pre jednotlivé triedy nesmie byť menší ako hodnoty uvedené v tabuľke 14 [TNI CEN/CR 14380].

Tabuľka 14 - Priemerný jas povrchu vozovky vnútorného pásma v cd/m^2 v noci

Trieda osvetlenia	Priemerný jas vozovky v noci (cd/m^2)
4	2
3	
2	1
1	bez požiadavky

3.12 Požiadavky na osvetlenie núdzových zálivov cestných tunelov

Pri osvetlení núdzového zálivu, ktorý sa nachádza vo výjazdovom pásme cestného tunela, musia mať svetelné zdroje použité na osvetlenie núdzového zálivu rovnaké parametre (náhradná teplota chromatickosti a pod.) ako svetelné zdroje v príslušnom jazdnom pruhu (jazdných pruhoch).

Pri osvetlení núdzového zálivu, ktorý sa nachádza vo vnútornom pásme cestného tunela, musia mať svetelné zdroje použité na osvetlenie núdzového zálivu odlišnú náhradnú teplotu chromatickosti ako svetelné zdroje v príslušnom jazdnom pruhu (jazdných pruhov). Minimálny odstup náhradnej teploty chromatickosti je v pomere 1 : 1,5.

Priemerná horizontálna osvetlenosť v núdzovom zálive musí byť trikrát väčšia ako priemerná horizontálna osvetlenosť príslušného jazdného pruhu (jazdných pruhov), pokiaľ sú na osvetlenie núdzového zálivu použité svetelné zdroje s rovnakými parametrami ako svetelné zdroje v príslušnom jazdnom pruhu (jazdných pruhov).

Pokiaľ sú použité svetelné zdroje s odlišnými parametrami (s minimálnym odstupom náhradnej teploty chromatickosti v pomere 1 : 1,5), musí byť priemerná horizontálna osvetlenosť v núdzovom zálive dvakrát väčšia ako priemerná horizontálna osvetlenosť príslušného jazdného pruhu (jazdných pruhov).

Celková rovnomernosť horizontálnej osvetlenosti U_0 v núdzovom zálive nesmie byť menšia ako celková rovnomernosť horizontálnej osvetlenosti U_0 v príslušnom jazdnom pruhu (jazdnych pruhoch).

R_a svetelných zdrojov použitých pre osvetlenie núdzového zálivu musí byť ≥ 60 .

Pri výpočte prahového prírastku TI v relevantnom priestore sa musia do výpočtu zahrnúť aj svietidlá, ktoré sa používajú na osvetlenie núdzového zálivu.

3.13 Požiadavky pre osvetlenie vstupov do priečných prepojení v cestných tuneloch

Svetelné zdroje použité na osvetlenie núdzového východu musia mať dostatočný index podania farieb, aby sa zaistila dobrá reprodukovateľnosť jeho zelenej farby $R_a \geq 60$.

Núdzový východ musí byť povinne označený presvetlenou dvojicou dopravných značiek II 19a a II 19b podľa [Z6].

Aspoň jedna presvetlená dopravná značka č. II 20 a, b, c podľa [Z6] sa musí nachádzať vo vzdialenosti do 2 m od každého núdzového východu, a to z oboch strán. Vyhotovenie bezpečnostných značiek má byť v súlade s požiadavkami normy STN ISO 3864-1, STN ISO 3864-4 a STN EN ISO 7010.

Spodný okraj dopravnej značky č. II 20 a, b, c podľa [Z6] musí byť vo výške 1,0 m až 1,5 m nad úrovňou pochôdznej časti únikovej cesty.

Presvetlená dopravná značka č. II 20 a, b, c podľa [Z6] musí umožňovať tri regulačné stupne, kde úroveň 100 % je aktívna pri mimoriadnej situácii, 50 % počas prevádzky cez deň a 25 % počas prevádzky v noci.

Presvetlená dopravná značka nesmie mať pomer maximálnej hodnoty k minimálnej hodnote jas pri bielej ani pri zelenej farbe väčší ako 10 : 1.

Pomer jas bielej farby k jas zelenej farby nesmie byť menší ako 5 : 1 a zároveň nesmie byť väčší ako 15 : 1.

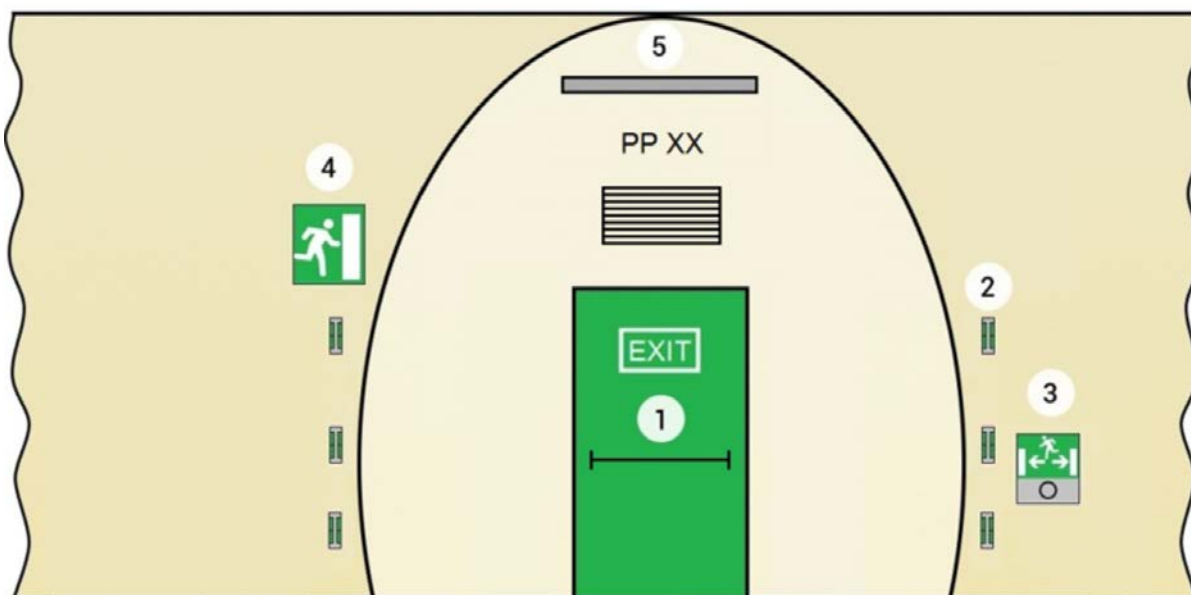
Zelené obrysové svietidlá musia byť k dispozícii po oboch stranách dverí núdzového východu. Na označenie núdzového východu sa používa trojica LED svietidiel zelenej farby (v súlade s farbou triedy C1 alebo C2) po oboch stranách východu. Tieto sa umiestnia na bočnú stenu tunelovej rúry (dvernú zárubňu) vo výške 50 cm, 100 cm a 150 cm nad úrovňou chodníka (obrázok 9).

Obrysové svietidlá musia mať možnosť blikania s frekvenciou blikania v rozsahu od 0,5 Hz do 2 Hz. Svietivosť týchto svietidiel je najmenej 100 cd vo všetkých smeroch. Obrysové svietidlá musia mať možnosť minimálne dvojestupňovej regulácie. Za normálnej prevádzky sa prevádzkujú na úrovni 25 %, v prípade mimoriadnej udalosti na úrovni 100 %.

Počas normálnej prevádzky sa musí zabrániť oslneniu vodičov znížením maximálnej svietivosti obrysových svietidiel a presvetlených dopravných značiek v kritických smeroch vyžarovacej charakteristiky uvedených v STN EN 12676 na maximálne 40 cd.

Priestor pred dverami núdzového východu musí byť vizuálne zvýraznený pomocou dodatočného osvetlenia. Plocha susediaca s núdzovým východom musí byť inej farby ako núdzový východ. Udržiavaná hodnota priemernej horizontálnej osvetlenosti v priestore pred dverami núdzového východu počas mimoriadnej situácie musí byť minimálne 100 lx na úrovni podlahy s celkovou rovnomernosťou $U_0 \geq 0,6$. Použité svetelné zdroje musia mať index podania farieb $R_a \geq 60$. Za normálnej prevádzky je osvetlenie priestoru pred núdzovým východom vypnuté.

Pri výpočte prahového prírastku TI v relevantnom priestore musia sa do výpočtu zahrnúť aj svietidlá, ktoré sa používajú na osvetlenie núdzového východu.



Obrázok 9 - Príklad usporiadania prvkov vstupu do priečného prepojenia

1 - núdzový východ, 2 - obrysové svetidlo, 3 - kombinované svetidlo požiarneho núdzového osvetlenia a presvetlenej dopravnej značky č. II 20 a, b, c podľa [Z6], 4 - presvetlená dvojica dopravných značiek II 19a a II 19b podľa [Z6], 5 - svetidlo na osvetlenie priestoru pred núdzovým východom.

3.14 Požiadavky na osvetlenie priečných prepojení cestných tunelov

V prípade priečných prepojení v cestnom tuneli sa rozoznáva prejazdne priečne prepojenie a priečne prepojenie pre chodcov (obrázok 10).



Obrázok 10 - Prejazdne priečne prepojenie (vľavo), priečne prepojenie pre chodcov (vpravo)

Udržiavaná hodnota priemernej horizontálnej osvetlenosti priečného prepojenia nesmie byť v čase mimoriadnej situácie menšia ako horizontálna osvetlenosť na vozovke vo vnútornom pásme tunelovej rúry počas dňa.

Udržiavaná hodnota priemernej horizontálnej osvetlenosti prejazdneho priečného prepojenia nesmie byť menej ako 100 lx s celkovou rovnomernosťou $U_0 \geq 0,4$.

Udržiavaná hodnota priemernej horizontálnej osvetlenosti priečného prepojenia pre chodcov nesmie byť menej ako 100 lx s celkovou rovnomernosťou $U_0 \geq 0,2$.

Svetelné zdroje na osvetlenie priečných prepojení musia mať index podania farieb $R_a \geq 40$.

Za normálnych okolností je osvetlenie v priečných prepojeniach vypnuté. Všetky svetidlá sa musia rozsvietiť v nasledujúcich prípadoch:

- (a) pri prechode do režimu pri požiari,
- (b) na priamy pokyn operátora systému,
- (c) na priamy pokyn centrálného riadiaceho systému,
- (d) automaticky pri otvorení dverí núdzového východu.

Po aktivácii na základe niektorého z vyššie uvedených prípadov sa nesmie osvetlenie vypnúť automaticky, smie sa vypnúť len priamym pokynom od operátora po overení, či v priečnom prepínaní neostali osoby.

3.15 Požiadavky na náhradné (bezpečnostné) osvetlenie cestných tunelov

Pri výpadku elektrickej energie musí byť vodičom umožnený bezpečný výjazd z tunela prostredníctvom náhradného osvetlenia tunelovej rúry. Náhradné osvetlenie v tunelovej rúre je zabezpečované svietidlami, ktoré za normálnych okolností zabezpečujú hlavné osvetlenie tunelovej rúry a sú trvalo napájané zo zdroja nepretržitého napájania, čím je zabezpečená jeho prevádzka bez výpadku. Na udržanie potrebnej hladiny náhradného osvetlenia sa používa časť prejazdového osvetlenia a vybrané svietidlá vo vjazdovom pásme. Zdroj nepretržitého napájania musí byť dimenzovaný tak, aby zabezpečil hodnotu úrovne prejazdového osvetlenia ako v noci.

Náhradné osvetlenie sa navrhuje taktiež vo vybraných technologických miestnostiach, kde prerušenie vykonávaných činností môže ohroziť bezpečnosť premávky, technologického zariadenia alebo obsluhy. V týchto priestoroch sa musí zabezpečiť náhradné osvetlenie s úrovňou minimálne 10 % (pričom najmenej 15 lx) priemernej udržiavanej osvetlenosti s celkovou rovnomernosťou $U_0 \geq 0,1$.

3.16 Požiadavky požiarneho núdzového osvetlenia cestných tunelov

Okrem náhradného osvetlenia sa v tuneli navrhuje požiarne núdzové osvetlenie, ktoré slúži v prípade požiaru ako núdzové osvetlenie únikových ciest, ktoré sa nachádzajú v tunelovej rúre, a zároveň slúži na vizuálne navedenie unikajúcich osôb k núdzovým východom aj v prípade zadymeného priestoru.

Všetky parametre požiarneho núdzového osvetlenia musia byť navrhnuté v súlade s STN EN 16276.

Na osvetlenie zásahových ciest v tuneli v zmysle [T6] slúžia svietidlá, ktoré zabezpečujú hlavné osvetlenie tunelovej rúry. Pri výpadku elektrickej energie je zabezpečené osvetlenie zásahových ciest v tunelovej rúre prostredníctvom náhradného osvetlenia. Udržiavaná hodnota priemernej horizontálnej osvetlenosti zásahovej cesty v tunelovej rúre musí byť najmenej 15 lx s celkovou rovnomernosťou $U_0 \geq 0,1$.

Tepelná deštrukcia jedného alebo viacerých svietidiel požiarneho núdzového osvetlenia nesmie mať za následok stratu napájania a funkčnosti celej sekcie svietidiel.

Napájanie požiarneho núdzového osvetlenia musí byť funkčné v súlade s [T6].

3.16.1 Úniková cesta v tunelovej rúre

V každej mimoriadnej situácii sa požaduje aktivácia požiarneho núdzového osvetlenia, ktoré zabezpečia osvetlenie únikových ciest a usmernia unikajúce osoby k núdzovým východom.

Minimálna úroveň horizontálnej osvetlenosti v osi nechránenej únikovej komunikácie so šírkou do 2 m medzi dvoma orientačnými svietidlami má byť ≥ 2 lx pri dodržaní rovnomernosti $E_{\min} / E_{\max} \geq 1 : 40$. Stredový pás široký aspoň pol šírky má byť osvetlený na polovicu tejto hodnoty.

Na tento účel sa používajú bodové zdroje svetla inštalované tak, aby bola zaručená viditeľnosť od jedného svietidla k druhému. Najvyššia prípustná vzdialenosť medzi požiarными núdzovými svietidlami nesmie presiahnuť 25 m, výška požiarneho núdzového osvetlenia nad vozovkou má byť v rozmedzí 0,8 m – 1 m.

Svietidlá požiarneho núdzového osvetlenia môžu byť integrované do presvetlených dopravných značiek č. II 20a, b, c podľa [Z6].

Za predpokladu, že poloha núdzových východov je očividná, sa v tuneli s dvomi jazdnými pruhmi sietidlá požiarneho núdzového osvetlenia a presvetlené dopravné značky č. II 20a, b, c podľa [Z6] umiestňujú na jednej strane tunelovej rúry, kde sa nachádzajú núdzové východy.

V prípade, že má tunel tri alebo viac jazdných pruhov, je potrebné postupovať podľa STN EN 16276.

3.16.2 Úniková štôľňa

Horizontálna osvetlenosť vozovky v únikovej štôľni nesmie byť počas mimoriadnej situácie menšia ako horizontálna osvetlenosť na vozovke vo vnútornom pásme tunela počas dňa. Priemerná osvetlenosť stien musí byť do výšky 1,5 m taká istá ako priemerná horizontálna osvetlenosť na vozovke.

Celková rovnomernosť horizontálnej osvetlenosti vozovky v únikovej štôľni musí byť $U_0 \geq 0,2$.

Použité svetelné zdroje musia mať $Ra \geq 40$.

V únikovej štôľni musia byť v miestach vyústenia priečných prepojení osadené dopravné značky č. II 20a, b, c podľa [Z6] označujúce vzdialenosti k portálom. Spodný okraj značky musí byť vo výške 1,0 m až 1,5 m nad úrovňou pochôdznej časti únikovej cesty.

3.16.3 Osvetlenie SOS kabín alebo výklenkov

SOS kabína alebo výklenok musia byť vyznačené obojstranne presvetlenou dopravnou značkou II 1a podľa [Z6]. Maximálna svietivosť v kritických smeroch uvedených v STN EN 12676 za normálnej prevádzky nesmie presiahnuť maximálnu hodnotu 40 cd. Presvetlená dopravná značka musí umožňovať tri regulačné stupne, kde úroveň 100 % je aktívna pri mimoriadnej situácii, 50 % počas prevádzky cez deň a 25 % počas prevádzky v noci.

Presvetlená dopravná značka nesmie mať pomer maximálnej hodnoty k minimálnej hodnote jasů pri bielej ani pri modrej farbe väčší ako 10 : 1.

Pomer jasů bielej farby k jasů modrej farby nesmie byť menší ako 5 : 1 a zároveň nesmie byť väčší ako 15 : 1.

Nad dopravnou značkou musí byť umiestnené výstražné žlté svetlo, ktoré je za normálnych okolností vypnuté. Otvorenie dvier SOS kabíny musí byť vizuálne signalizované výstražným žltým prerušovaným svetlom nad vstupom do kabíny.

Požadovaná hodnota priemernej horizontálnej osvetlenosti v SOS kabíne alebo výklenku je 100 lx s celkovou rovnomernosťou $U_0 \geq 0,4$. Použité svetelné zdroje musia mať $Ra \geq 40$.

Za normálnych okolností je osvetlenie v SOS kabíne alebo výklenku prevádzkované na úrovni 10 %. Osvetlenie musí plynulo prejsť na úroveň 100 %:

- (a) pri prechode do režimu pri požiari,
- (b) na priamy pokyn operátora systému,
- (c) na priamy pokyn centrálného riadiaceho systému,
- (d) automaticky pri otvorení SOS kabíny alebo výklenku.

Po aktivácii na základe niektorého z vyššie uvedených prípadov sa nesmie osvetlenie znížiť na úroveň 10 % automaticky, smie sa znížiť len priamym pokynom od operátora po overení, či v SOS kabíne alebo výklenku neostala osoba.

3.17 Požiadavky na osvetlenie krátkych cestných tunelov

Potreba umelého osvetlenia krátkeho tunela vo dne sa posudzuje na základe viditeľnosti ostatných používateľov komunikácie zo vzdialenosti, ktorá sa rovná celkovej brzdnéj dráhe pred vstupným portálom oproti scéne za výstupným portálom, ktorá je osvetlená denným svetlom. Ak výstupný portál tvorí veľkú časť viditeľnej scény, ktorú vidieť cez ostatných používateľov a objekty, ktoré sa javia ako tmavé oproti svetlejšej scéne výstupného portálu, umelé osvetlenie vo dne sa nepožaduje. Umelé osvetlenie vo dne sa vyžaduje, keď výjazd z tunela tvorí veľké tmavé pole, v ktorom môžu byť objekty schované. To sa môže stať, ak je tunel relatívne „dlhý“ alebo ak je krátky tunel

zakrivený takým spôsobom, že je viditeľná iba časť výstupného portálu, alebo ak ho vôbec nevidieť. Kritickým faktorom je pre vodiča prichádzajúceho zo vzdialenosti, ktorá sa rovná celkovej brzdnéj dráhe pred vstupným portálom, zreteľnosť videnia vozidla, ostatných používateľov komunikácie alebo prekážok. Tunely kratšie ako 25 m nepotrebujú osvetlenie cez deň. Pri tuneloch dĺžky 25 m - 200 m je vždy potrebné posúdiť nutnosť umelého osvetlenia cez deň. V tuneloch s dĺžkou väčšou ako 200 m je potrebné zriadiť umelé osvetlenie vždy.

3.17.1 Osvetlenie krátkych tunelov cez deň a v noci

Zabezpečenie vhodného spôsobu osvetlenia krátkych tunelov cez deň závisí od konkrétnej situácie a možno ho uskutočniť:

- (a) použitím plného osvetlenia vjazdového pásma ako v dlhých tuneloch, koncepcia tejto metódy je v súlade s [T20] a [TNI CEN/CR 14380],
- (b) použitím pásiem osvetlenia krátkeho tunela v súlade s [T10],
- (c) použitím „svetelných kaluží“ v niekoľkých miestach pozdĺž tunela vytvorených stropom prestupujúcim denným svetlom alebo umelým osvetlením tak, že vozidlá a ostatných používateľov tunela možno vidieť ako tmavé objekty na pozadí týchto „svetelných kaluží“, koncepcia tejto metódy je uvedená v [T11].

Pri krátkych tuneloch vybavených denným osvetlením je v noci potrebné osvetlenie tunela udržiavať na konštantnej hodnote pre vnútorné pásmo tak ako pri dlhých tuneloch.

Osvetlenie v noci je potrebné, ak sa krátky tunel dlhší ako 25 m nachádza na osvetlenej komunikácii, aj keď tunel nevyžaduje cez deň umelé osvetlenie. Jas vnútri tunela musí byť aspoň taký istý, ale nie viac ako dvakrát vyšší ako na priľahlých úsekoch otvorenej komunikácie.

3.17.2 Použitie plného osvetlenia vjazdového pásma

Na osvetlenie krátkych tunelov a podjazdov sa prednostne používa osvetlenie vjazdového pásma ako v dlhých tuneloch. Pri použití plného osvetlenia vjazdového pásma ako v dlhých tuneloch sa musí potreba osvetlenia krátkeho cestného tunela preskúmať, pokiaľ nie je prekročená medzná hodnota dĺžky tunela uvedená nižšie [L2]:

- (a) 125 m pre jednosmerný/obojsmerný mestský tunel,
- (b) 150 m pre obojsmerný medzimestský tunel s vysokou intenzitou cestnej premávky alebo vysokou rýchlosťou,
- (c) 200 m pre jednosmerný medzimestský tunel s vysokou intenzitou cestnej premávky alebo vysokou rýchlosťou,
- (d) 200 m pre jednosmerný/obojsmerný medzimestský tunel s nízkou intenzitou cestnej premávky a nízkymi rýchlosťami.

Na posúdenie nutnosti a úrovne umelého osvetlenia jednotlivých druhov krátkych tunelov (mestský, medzimestský, jednosmerný, obojsmerný) je potrebné použiť tabuľky 15 až 18 [L2] týchto TP. Uvedené tabuľky sú založené na viditeľnosti scény za výstupným portálom. Tabuľky 17 a 18 [L2] sú doplnené o kritériá rýchlosti a hustoty intenzity cestnej premávky.

Tabuľka 15 - Mestské tunely

Dĺžka tunela	0 m - 25 m	26 m - 75 m	76 m - 125 m	nad 125 m
Viditeľný výjazd	Áno	Áno	Nie	Áno
	Bez potreby osvetlenia		50% osvetlenie vjazdového pásma	100% osvetlenie vjazdového pásma

Tabuľka 16 - Medzimestské tunely s nízkou intenzitou premávky a nízkou rýchlosťou

Dĺžka tunela	0 m - 100 m	101 m - 150 m	151 m - 200 m	nad 200 m
Viditeľný výjazd	Áno	Áno	Nie	Áno
	Bez potreby osvetlenia		50% osvetlenie vjazdového pásma	100% osvetlenie vjazdového pásma

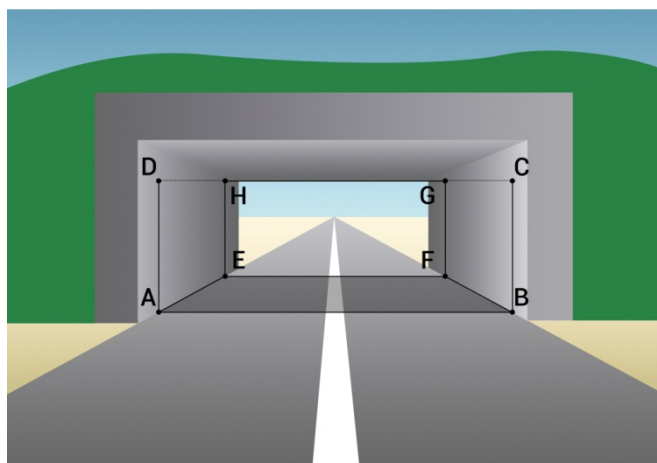
Tabuľka 17 - Obojsmerný medzimestský tunel s vysokou intenzitou cestnej premávky alebo vysokou rýchlosťou

Dĺžka tunela	0 m - 80 m	81 m - 120 m						121 m - 150 m		nad 150 m
Viditeľný výjazd	Áno	Áno			Nie			Áno	Nie	Áno
Rychlosť ≤ 70 km/h		Áno	Nie		Áno	Nie				
Hustota intenzity cestnej premávky ≤ 2000 vozidiel za deň v jednom smere		Áno	Áno	Nie	Áno	Áno	Nie			
	Bez potreby osvetlenia			50% osvetlenie vjazdového pásma		100% osv. vjazdového pásma	50% osv. vjazdového pásma	100% osvetlenie vjazdového pásma		

Tabuľka 18 - Jednosmerný medzimestský tunel s vysokou intenzitou cestnej premávky alebo vysokou rýchlosťou

Dĺžka tunela	0 m - 100 m	101 m - 150 m						151 m - 200 m		nad 200 m
Viditeľný výjazd	Áno	Áno			Nie			Áno	Nie	Áno
Rýchlosť ≤ 70 km/h		Áno	Nie		Áno	Nie				
Hustota intenzity cestnej premávky ≤ 2000 vozidiel za deň v jednom smere		Áno	Áno	Nie	Áno	Áno	Nie			
	Bez potreby osvetlenia			50% osvetlenie vjazdového pásma		100% osv. vjazdového pásma	50% osv. vjazdového pásma	100% osvetlenie vjazdového pásma		

Na posúdenie viditeľnosti scény za výstupným portálom je potrebné použiť grafickú metódu pomerného výhľadu *LTP*. Znázornenie krátkeho tunela s vyznačením potrebných bodov pre vypočítanie pomerného výhľadu je na obrázku 11.



Obrázok 11 - Pohľad na krátky tunel

Pomerný výhľad je definovaný ako podiel viditeľnej plochy výstupného portálu a viditeľnej plochy vstupného portálu vyjadrený v percentách a závisí od:

- geometrických parametrov tunelovej rúry, ako je šírka, výška a dĺžka (dĺžka má väčší vplyv ako šírka a výška),
- horizontálneho a vertikálneho zakrivenia tunelovej rúry,

- (c) celkovej brzdnéj dráhy,
- (d) vplyvu denného svetla na osvetlenie vstupného a výstupného portálu.

Pomerný výhľad LTP je definovaný vzťahom [TNI CEN/CR 14380]:

$$LTP = 100 \cdot \frac{(\text{plocha } EFGH)}{(\text{plocha } ABCD)} \quad (10)$$

Referenčný bod pozorovania je umiestnený:

- (a) na vodorovnej priamke 1,2 m nad povrchom vozovky,
- (b) v osi jazdného pruhu (v prípade viac jazdných pruhov sa určuje pre každý z nich, hoci najkritickejšia situácia nastáva v jazdnom pruhu najmenej vzdialenom od steny),
- (c) vo vzdialenosti rovnajúcej sa celkovej brzdnéj dráhe pred vjazdom do tunela.

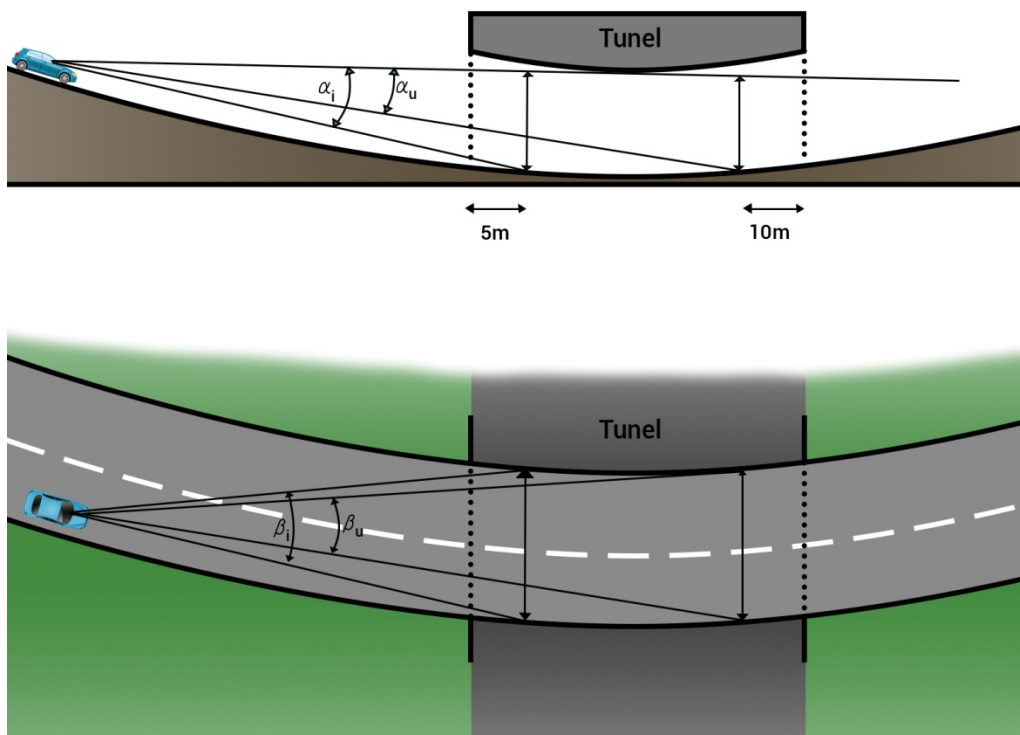
Strop tunela sa neberie do úvahy, pretože normálne netvorí pozadie, s ktorým by mohli splynúť používatelia komunikácie alebo prekážky. Prenikanie denného svetla skracuje zdanlivú vizuálnu dĺžku tunela. Preto sa pri zisťovaní LTP vychádza zo zdanlivého vjazdového a výjazdového portálu. Zdanlivý vjazdový portál je posunutý do tunela 5 m a zdanlivý výjazdový portál 10 m.

LTP pre malé uhly výhľadu, ktoré sú znázornené na obrázku 12 [TNI CEN/CR 14380], možno vypočítať pomocou nasledujúceho vzťahu [TNI CEN/CR 14380]:

$$LTP = 100 \cdot \left(\frac{\beta_u}{\beta_i} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_u}{\alpha_i} \right) \quad (11)$$

kde:

- α_u β_u sú zrkové uhly pre viditeľnú časť zdanlivého výjazdového portálu;
- α_i β_i sú zrkové uhly pre zdanlivý vjazdový portál.



Obrázok 12 - Pomerný výhľad pre malé uhly

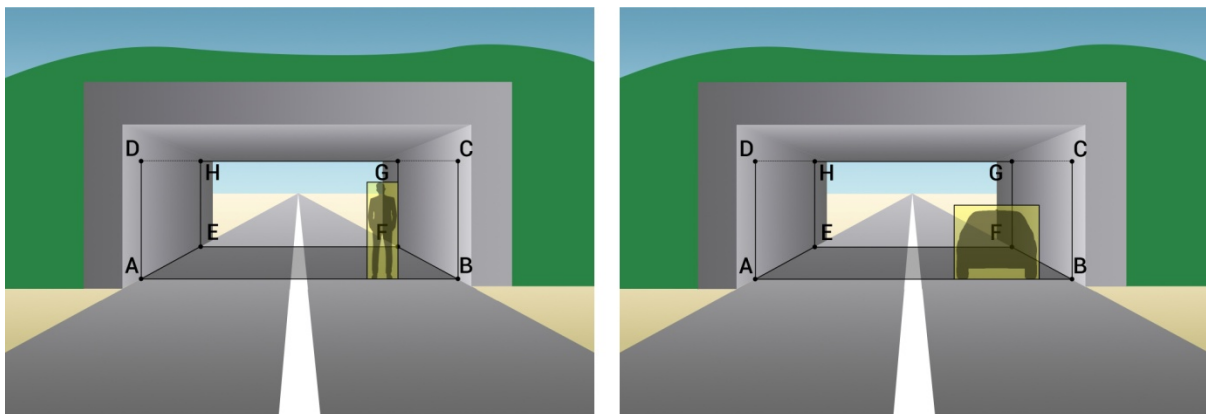
Na základe vypočítaných hodnôt platí:

- (a) - pri $LTP < 20 \%$ je umelé osvetlenie cez deň vždy potrebné,
- (b) - pri $LTP > 50 \%$ nie je umelé osvetlenie cez deň nikdy potrebné,
- (c) - pri $20 \% < LTP < 50 \%$ musí sa posúdiť potreba umelého osvetlenia cez deň.

Na rozhodnutie potreby umelého osvetlenia cez deň pri $20 \% < LTP < 50 \%$ je potrebné posúdenie viditeľnosti kritického relevantného objektu. Ak je jediným povoleným užívateľom komunikácie motorová doprava, predstavuje tento objekt vozidlo, v prípade zmiešanej dopravy objekt predstavujú chodci alebo cyklisti (obrázok 13). Kritický objekt sa umiestňuje do stredu jazdného pruhu. V prípade motorového vozidla je kritický objekt definovaný ako obdĺžnik so šírkou 1,6 m a výškou 1,4 m. V prípade chodcov/cyklistov je kritický objekt definovaný ako obdĺžnik so šírkou 0,5 m a výškou 1,8 m. V prípade nákladného motorového vozidla je kritický objekt definovaný ako obdĺžnik so šírkou 2,5 m a výškou 4 m.

Umelé osvetlenie cez deň je potrebné, ak je splnený aspoň jeden z nasledujúcich predpokladov:

- (a) viac ako 30 % kritického objektu reprezentujúceho vozidlo nie je rozoznateľných oproti zdanlivému výjazdovému portálu,
- (b) viac ako 30 % kritických objektov predstavujúcich chodcov/cyklistov nie je rozoznateľných oproti zdanlivému výjazdovému portálu.



Obrázok 13 - Viditeľnosť kritického relevantného objektu (chodec vľavo, vozidlo vpravo)

V prípade potreby osvetlenia krátkeho tunela cez deň na základe tabuliek 15 až 18 je potrebné postupovať rovnako ako pri návrhu výjazdového osvetlenia dlhého tunela. Brzdna dráha sa určí podľa kapitoly 3.2, jas približovacieho pásma L_{20} podľa kapitoly 3.3 a trieda osvetlenia podľa kapitoly 3.4.

Jas medzného pásma sa určí podľa vzťahu 8 a v prípade výsledku podľa tabuliek 15 až 18 sa upraví na úroveň 50 %. V závislosti od dĺžky tunela po medznom pásme pokračuje prechodové pásmo podľa kapitoly 3.10.2. Obmedzenie oslnenia musí byť v súlade s kapitolou 3.6.

3.18 Požiadavky na osvetlenie v oblastiach pred portálmi tunela

Vonkajšie osvetlenie vozovky pred portálmi tunela slúži v noci na adaptáciu vodiča pri vchádzaní do a vychádzaní z neho. Zriadiť vonkajšie osvetlenie pred portálmi tunela vo vzdialenosti rovnajúcej sa dvojnásobku brzdného dráhy alebo max. 200 m pred každým portálom je potrebné, pokiaľ sa cestný tunel nachádza v noci na neosvetlenej komunikácii. Priemerný jas vozovky v pásme pred portálmi tunela musí dosahovať hodnotu minimálne $\frac{1}{3}$ priemerného jasu vozovky vo vnútornom pásme tunela počas noci. Priemerný jas vozovky v pásme pred portálmi tunela nesmie byť väčší ako priemerný jas vozovky vo vnútornom pásme tunela počas noci.

V STN 36 0410 sú definované triedy osvetlenia pre komunikácie s prítomnosťou iba motorových vozidiel s označením M, triedy pre konfliktné miesta, kde sa môžu nachádzať na komunikácii aj iní účastníci ako motorizovaní s označením tried C, a triedy pre zóny, kde sa nenachádzajú motorové vozidlá, poprípade ich rýchlosť je značne obmedzená označením P.

V prípade, že je rozhľad menší ako 60 m alebo v prípade konfliktných miest (križovatky, výskyt cyklistov a chodcov, znížený počet jazdných pruhov, znížená šírka jazdného pruhu), kde nie je možnosť aplikácie tried osvetlenia M, je potrebné aplikovať triedy osvetlenia C.

Pre jednotlivé triedy osvetlenia sú definované minimálne požiadavky fotometrických veličín. V prípade triedy osvetlenia M je hodnota celkovej rovnomernosti vyjadrená pre suchý aj mokrý povrch vozovky. V podmienkach na území SR sa berú do úvahy parametre len pre suchý stav komunikácií.

Vonkajšie osvetlenie vozovky pred portálmi tunela musí byť v súlade s požadovanými parametrami uvedenými v STN EN 13201-2. Zatriedenie komunikácií do konkrétnych tried uvedených v STN EN 13201-2 musí byť v súlade s STN 36 0410, v ktorej je uvedený návod pre orgány, ktoré sú zodpovedné za správu a prevádzkovanie jednotlivých komunikácií.

Osvetľovaciu sústavu na komunikácii nie je možné nahrádzať iným osvetlením, ako napríklad osvetlením od výkladných skríň obchodov, reklamných zariadení a iných.

3.19 Požiadavky vodiaceho osvetlenia cestných tunelov

Vodiace osvetlenie komunikácie v tuneli sa realizuje umiestnením aktívnych obojsmerných dopravných gombíkov na báze technológie LED. Aktívny dopravný gombík má byť vyhotovený tak, aby farba vyžarovaného svetla bola z jednej strany žltá a z druhej strany biela v súlade s farbami triedy C1 alebo C2 (tabuľka 1, 2).

V medznom pásme tunela sa aktívne LED dopravné gombíky inštalujú na okrajoch núdzových chodníkov cca 100 mm od okraja vozovky v konštantnom rozstupe 12,5 m.

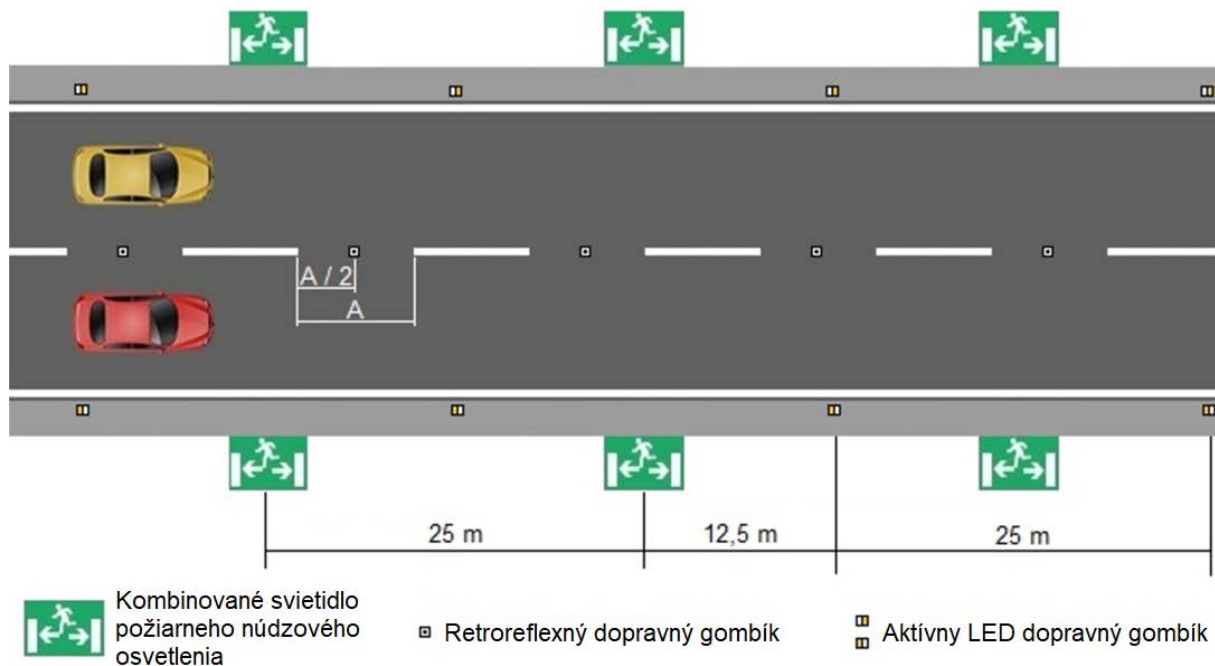
V ostatných pásmach tunela sa aktívne LED dopravné gombíky inštalujú na okrajoch núdzových chodníkov cca 100 mm od okraja vozovky v konštantnom rozstupe 25 m v strede medzi svietidlami požiarneho núdzového osvetlenia, prípadne kombinovanými svietidlami požiarneho núdzového osvetlenia a dopravnej značky č. II 20a, b, c (obrázok 14).

Riadiaci systém aktívnych LED dopravných gombíkov musí umožňovať reguláciu v minimálne troch stupňoch. V prípade mimoriadnej situácie sa prevádzkujú na 100 %, počas bežnej prevádzky cez deň na 50 % a počas bežnej prevádzky v noci na 25 %. Riadiaci systém musí umožniť možnosť pomalého (0,5 Hz) a rýchleho (2 Hz) blikania. Taktiež musí mať možnosť trvalého vypnutia a vypnutia jednotlivých strán aktívneho dopravného gombíka.

Pri bežnej prevádzke sa musí zabrániť oslneniu vodičov tak, aby maximálna svietivosť LED dopravných gombíkov v kritických smeroch bola maximálne 40 cd.

Na doplnenie aktívneho vodiaceho osvetlenia sa v tuneli používajú biele retroreflexné dopravné gombíky, umiestnené v strede medzier pozdĺžnej prerušovanej čiary (obrázok 14).

Umiestnenie retroreflexných dopravných gombíkov v jednotlivých pásmach tunela a požiadavky na ich svetelnotechnické vlastnosti musia byť v súlade s [T1].



Obrázok 14 - Rozmiestnenie prvkov vodiaceho osvetlenia a orientačných svietidiel

3.20 Požiadavky na osvetlenie vnútorných pracovných priestorov v cestných tuneloch a pridružených objektoch

Návrh osvetľovacích sústav vo vnútornom pracovnom prostredí by mal čo najviac reflektovať potreby ľudí, ktorí sa zdržiavajú v týchto priestoroch a vykonávajú konkrétnu zakovú úlohu. Na hodnotenie osvetlenia v pracovnom prostredí sa posudzujú vlastnosti osvetľovacích sústav na pracoviskách v súlade so [Z1].

V [Z9] sa definuje pobyt osôb v pracovnom priestore nasledovne:

- (a) dlhodobý pobyt osôb,
- (b) krátkodobý pobyt osôb,
- (c) občasný pobyt osôb.

Na základe tejto informácie sa následne uvažujú hladiny celkovej udržiavanej intenzity osvetlenia, ktoré sú zadefinované z hľadiska pobytu osôb v pracovnom priestore. Pre dlhodobý pobyt je potrebné ešte pred samotným návrhom zvážiť, či ide o priestor s dostatočným alebo čiastočným denným osvetlením, alebo priestor bez denného svetla. Tento fakt je dôležitý, pretože pri dlhodobom pobyte ľudí je potrebné, aby pracovníci, pokiaľ je to možné, mali zabezpečený prístup k dennému svetlu v čo najvyššej miere. Pri dlhodobom pobyte sa líšia hodnoty celkovej udržiavanej osvetlenosti v pracovnom priestore nasledovne:

- (a) priestor s dostatočným denným osvetlením je to 200 lx,
- (b) priestor so združeným osvetlením je to 500 lx,
- (c) priestor bez denného osvetlenia: 1500 lx alebo 500 lx, ak sú preukázateľne zabezpečené náhradné opatrenia.

Pre krátkodobý a občasný pobyt sa úrovne celkovej udržiavanej osvetlenosti nerozdeľujú na priestory s dostatočným osvetlením, združeným osvetlením, resp. priestory bez denného osvetlenia, pretože sa v týchto priestoroch ľudia pohybujú v dostatočne malej miere, takže nedostatok denného osvetlenia neovplyvní významne zdravotný stav pracovníkov. Hodnoty celkovej udržiavanej osvetlenosti pre krátkodobý a občasný pobyt sú:

- (a) krátkodobý pobyt osôb – 100 lx,
- (b) občasný pobyt osôb – 20 lx.

Hodnoty celkovej udržiavanej osvetlenosti musia byť uvažované na porovnávacej rovine. Táto intenzita osvetlenia má zabezpečiť osvetlenie celého priestoru tak, aby vyhovoval minimálnym požiadavkám vyhlášky. Druhým ukazovateľom, ktorý zohľadňuje priestorové rozmiestnenie svetla v celom pracovnom priestore, je rovnomernosť osvetlenia definovaná ako pomer minimálnej hodnoty osvetlenosti vo výpočtovej sieti k priemernej hodnote intenzity osvetlenia vo výpočtovej sieti a tá musí byť väčšia ako 0,5 pre celý uvažovaný priestor. Celkové osvetlenie plní funkciu dobrej orientácie pracovníkov v priestore pre celé pracovisko uvažovaného priestoru. Porovnávacia rovina je v [Z9] definovaná vo výške 0,85 m s výnimkou prípadov, keď sa podľa konkrétnej funkcie priestoru požaduje iná výška. Pre komunikácie v budovách je porovnávacia rovina na úrovni podlahy.

Dostatočné denné osvetlenie sa v zmysle [Z9] musí určiť za pomoci činiteľa dennej osvetlenosti (značka D) na porovnávacej rovine vo výške 0,85 m, pre rôzne prípady umiestnenia osvetľovacích otvorov v uvažovanom pracovnom priestore sú minimálne hodnoty činiteľa dennej osvetlenosti:

- (a) pri bočnom osvetlení $D_{\min} = 1,5 \%$,
- (b) pri hornom a kombinovanom osvetlení $D_{\min} = 1,5 \%$ a $D_m = 3 \%$,

kde:

$D_{\min}$ je minimálna hodnota činiteľa dennej osvetlenosti na porovnávacej rovine [%],
 D_m je priemerná hodnota činiteľa dennej osvetlenosti na porovnávacej rovine [%].

Tieto minimálne požiadavky sa týkajú celého uvažovaného pracovného priestoru, pre ktorý má byť následne svetelnotechnický projekt umelého osvetlenia vypracovaný. V niektorých pracovných priestoroch, pokiaľ je to možné, sa môžu vymedziť funkčne vymedzené časti pracovného priestoru, kde môžu byť požiadavky na úrovne celkových udržiavaných osvetleností odlišné, opäť s uvážením miery denného osvetlenia v danom priestore. Potom tieto hodnoty intenzity osvetlenia platia pre tieto funkčne vymedzené časti. Je možné, že v priestore môžu byť viaceré funkčne vymedzené časti, napr. s dostatočným denným osvetlením, združeným osvetlením alebo bez denného osvetlenia, splňajúce požiadavky [Z9]. Avšak to je možné, ak funkčne vymedzená časť pracovného priestoru má viac ako 10 m² alebo $\frac{1}{3}$ podlahovej plochy, pričom pod 10 m² sa funkčne vymedzená časť neurčuje.

Po určení celkovej udržiavanej osvetlenosti v priestore podľa [Z9] je potrebné overiť minimálne požiadavky na pracovisko podľa STN EN 12464-1 pre vnútorné pracoviská, na ktoré sa odvoláva [Z9]. V STN EN 12464-1 sú zadefinované minimálne požiadavky pre konkrétny typ priestoru, zrakové úlohy alebo činnosti vykonávané na pracovisku. Minimálne požiadavky pre vybrané pracovné priestory sú uvedené v tabuľke 19.

Pri miestach zrakové úlohy je nutné uvažovať takisto s osvetlením bezprostredného okolia pracoviska definovaným aspoň ako 0,5 m pás okolo miesta zrakové úlohy s celkovou rovnomernosťou osvetlenia takou istou ako na pracovisku, pričom má byť minimálne $U_0 \geq 0,4$. Priemerná hodnota osvetlenosti bezprostredného okolia musí byť v súlade s tabuľkou 20.

Vo vnútorných pracoviskách sa vyžaduje osvetlenie veľkej časti priestoru, ktorý obklopuje miesto zrakové úlohy. Táto oblasť, nazývaná pozadie, je definovaná ako pás so šírkou aspoň 3 m, nadväzujúci na bezprostredné okolie úlohy v hraniciach vnútorného priestoru. Táto oblasť musí byť osvetlená tak, aby udržiavaná osvetlenosť bola aspoň $\frac{1}{3}$ hodnoty bezprostredného okolia s celkovou rovnomernosťou osvetlenia $U_0 \geq 0,1$.

Porovnávacia rovina miesta zrakové úlohy sa môže líšiť od porovnávacej roviny pre celkovú udržiavanú osvetlenosť, preto je nutné uvažovať výpočtovú plochu na úrovni výkonu miesta zrakové úlohy nad podlahou. V niektorých prípadoch môže byť porovnávacia rovina aj naklonená. Voľba farby svetla je otázkou psychológie, estetiky a toho, čo sa považuje za prirodzené. Výber závisí od hladiny osvetlenosti, farieb povrchov miestnosti a nábytku, miestnej klímy a aplikácie.

Osvetlenie pracovných miest so zobrazovacími zariadeniami musí vyhovovať pre všetky úlohy, ktoré sa na pracovnom mieste vyskytujú (čítanie z obrazovky, čítanie tlačenej textu, písanie na papier, práca s klávesnicou). Odrazy na obrazovke a niekedy aj na klávesnici môžu spôsobiť obmedzujúce a rušivé oslnenie. Preto je potrebné svietidlá vybrať, umiestniť a usporiadať tak, aby nedochádzalo k odrazom vysokého jas.

Tabuľka 19 - Prehľad minimálnych požiadaviek osvetlenia vybraných pracovných priestorov

Typ priestoru, úlohy alebo činnosti	Ěm (lx)	UGRL	Uo	Ra	Osobitné požiadavky
Komunikačné priestory a chodby	100	28	0,4	40	* Osvetlenosť na úrovni podlahy * Ra a UGR rovnaké ako v susedných priestoroch * 150 lx v prípade prejazdu vozidiel * Osvetlenie výjazdov a vjazdov musí mať prechodovú zónu
Schody	150	25	0,4	40	Požaduje sa zvýšený kontrast na stupňoch
Nakladacie rampy/plochy	150	25	0,4	40	
Bufety, kuchynky	200	22	0,4	80	
Oddychové miestnosti	100	22	0,4	80	
Šatne, umývárne, kúpeľne, záchody	200	25	0,4	80	V každom samostatnom záchode, ktorý je úplne priestorovo uzavretý
Skladišťa a zásobárne	100	25	0,4	60	200 lx pri trvalom pobyte ľudí
Prevádzkové miestnosti, vnútorné rozvodne	200	25	0,4	60	
Písanie, písanie na stroji, čítanie, spracovanie údajov, práca s DSE	500	19	0,6	80	
Dozorne	500	16	0,7	80	* Kontrolné panely sú často vertikálne * Môže sa požadovať stmievanie

Tabuľka 20 - Vzťah medzi osvetlenosťou zrakovej úlohy a osvetlenosťou bezprostredného okolia

Osvetlenosť miesta zrakovej úlohy (lx)	Osvetlenosť bezprostredného okolia zrakovej úlohy (lx)
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
≤ 150	taká istá ako v mieste zrakovej úlohy

3.21 Požiadavky na ostatné svetlo emitujúce zariadenia inštalované v tuneli z pohľadu osvetlenia v tuneloch a zrakovej pohody vodiča

3.21.1 Požiadavky na premenné dopravné značenia

Premenné dopravné značenia (PDZ) sa delia na prerušované a neprerušované. Neprerušované PDZ slúžia na trvalé zobrazenie dopravných značiek definovaných v STN EN 12899. Prerušované PDZ slúžia na zobrazenie rôznych informácií a musia vyhovovať požiadavkám, ktoré sú uvedené v STN EN 12966. Hlavnými požiadavkami na zobrazenú značku a informáciu sú dobrá čitateľnosť, viditeľnosť a rozlíšiteľnosť farieb.

PDZ musia vyhovovať triede farby C1 prípadne C2 (tabuľka 1, 2). Farba triedy C2 poskytuje lepšie farebné rozlíšenie.

Svetelnotechnické parametre premenných dopravných značení musia vyhovovať požiadavkám v STN EN 12966.

V závislosti od farby vyžarovaného svetla musí PDZ vyhovovať limitným jasom pre jednotlivé triedy jasu v STN EN 12966.

PDZ, ktoré sú určené pre používanie v cestnom tuneli, majú označenie tried jasu L (T). Pre triedy jasu L (T) nie je žiadna požiadavka na pomer jasu.

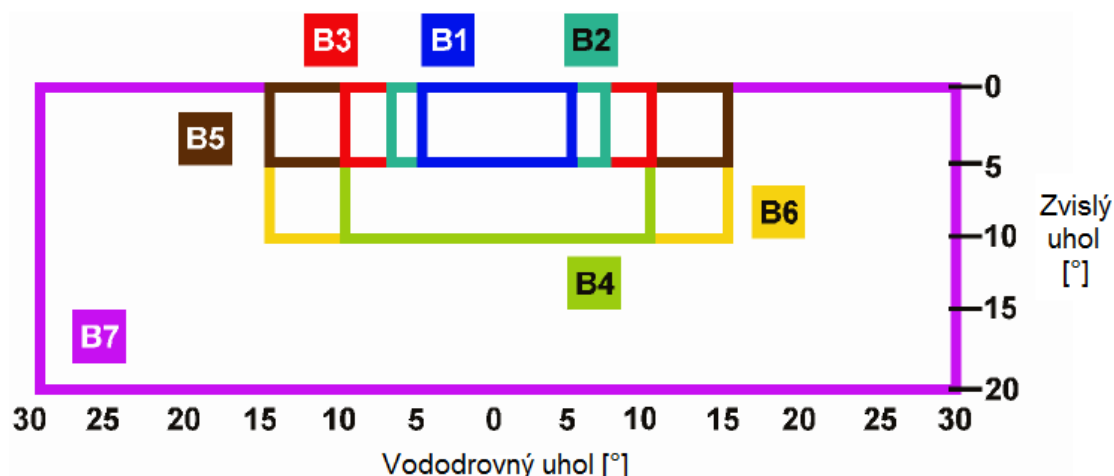
V závislosti od účelu použitia musia PDZ vyhovovať jednotlivým triedam šírky lúča uvedeným v tabuľke 21 [STN EN 12966], ktoré sú merané v závislosti od danej triedy v skúšobných uhloch uvedených na obrázku 15 [STN EN 12966].

Na efektívne použitie PDZ je rozhodujúci správny výber kombinácií šírky lúča, jas a pomeru jasov uvedených v tabuľke 22 [STN EN 12966].

Trieda jas PDZ musí byť zvolená s ohľadom na miesto inštalácie (interiér alebo exteriér).

Trieda šírky lúča musí byť dostatočná pre čas nevyhnutne potrebný na rozpoznávanie. Pri výbere triedy šírky lúča je potrebné posúdiť rušivé svetlo.

Na upútanie pozornosti vodičov je možné zobrazenú informáciu na PDZ meniť plynule (tzv. dýchanie) v rozsahu jasov stanovených v STN EN 12966 pre jednotlivé farby svetla, pričom znázorňovaný symbol (značka) musí byť vždy viditeľný a rozpoznateľný. Pri zmene jasov nesmie úroveň jas PDZ pre jednotlivé farby klesnúť pod minimálne úrovne stanovené v STN EN 12966.



Obrázok 15 - Porovnanie jednotlivých tried šírky lúča v závislosti od pozorovacích uhlov

Tabuľka 21 - Príklady použitia tried šírky lúča

Trieda šírky lúča	Typické použitie
B1	Na diaľnici, v dvojprúdových (plus jeden odstavný pruh) jazdných pruhoch používa jeden jazdný pruh značku inštalovanú na portáli nad cestnou premávkou, typický rozsah veľkostí D a E
B2	Na diaľnici, v trojprúdových (plus jeden odstavný pruh) jazdných pruhoch používa jeden jazdný pruh značku inštalovanú na portáli nad cestnou premávkou, typický rozsah veľkostí D a E
B3	Na diaľnici, v štvorprúdových (plus jeden odstavný pruh) jazdných pruhoch používa jeden jazdný pruh značku alebo PDZ strednej veľkosti inštalovanú na portáli nad cestnou premávkou, PDZ inštalovaná na strane cesty požaduje na pokrytie dvoch jazdných pruhov väčšiu šírku lúča, typický rozsah veľkostí D a E
B4	Ako v B3, značka je inštalovaná vo výške, typický rozsah veľkostí D a E
B5	Ako v B3, ale veľmi veľká značka pokrýva viac ako dva jazdné pruhy, typický rozsah veľkostí C, D a E
B6	Ako B5, značka je inštalovaná vo výške
B7	Na špeciálne použitie tam, kde sa požadujú veľmi široké vodorovné a zvislé šírky lúča.
	POZNÁMKA 1: Trieda B7 by sa na mestských komunikáciách mohla použiť tam, kde rýchlosť približovania je pomalá a vzdialenosť čitateľnosti je krátka, čo by malo význam pre cyklistov a chodcov POZNÁMKA 2: Trieda B7 by sa na diaľniciach mohla použiť tam, kde sa extrémne zakrivenie cesty má prispôsobiť napríklad kruhovému diaľničnému privádzaču
Poznámka 3: diaľnica – taká diaľnica, na ktorej 85 % rýchlostí je vyšších ako 100 km/h	

Tabuľka 22 - Prehľad tried parametrov PDZ

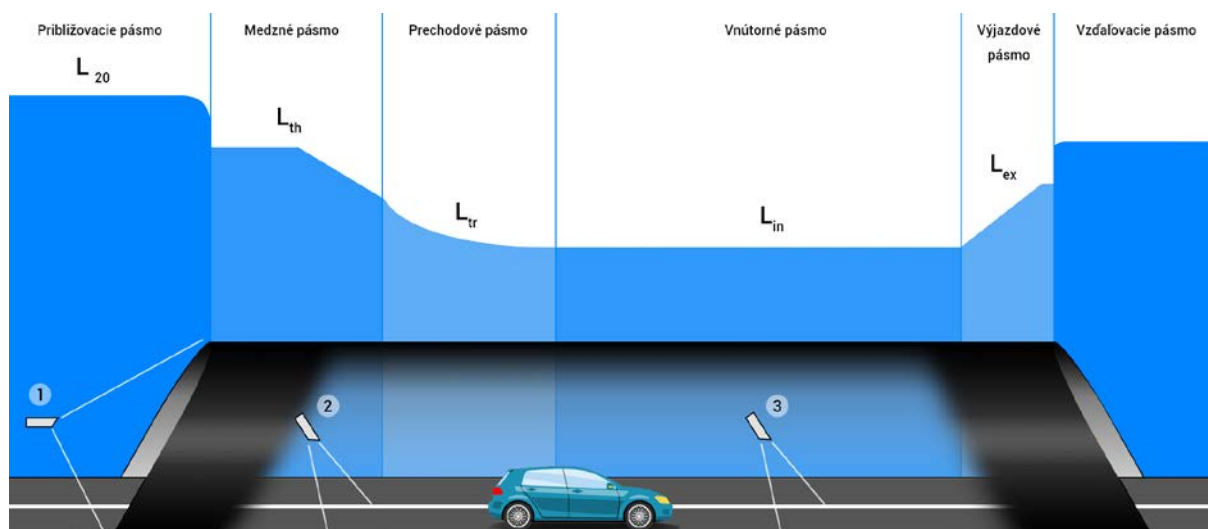
Optický funkčný parameter	Označenie triedy	Poznámky
Farba	C1, C2 ¹⁾	C2 je viac obmedzujúca
Jas (La)	L1, L2, L3, L1(*), L2(*), L3(*) ²⁾	L3 má najvyšší jas (*) na špecifické situácie
	L1(T), L2(T), L3(T) ³⁾	Určené na používanie v tuneloch
Pomer jasov (LR)	R1, R2, R3 ⁴⁾	R3 má najvyšší pomer jasov
Šírka lúča	B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7	B7 má najširší lúč
¹⁾ Ak sa na jednu PDZ použijú obidve triedy pre rôzne farby, potom je každá farba určená spolu s triedou farby		
²⁾ Môže sa použiť iba jedna trieda jasov		
³⁾ Požiadavky na triedy v tuneloch sú zahrnuté triedach L1, L2, L3		
⁴⁾ Môže sa uviesť iba jedna trieda pomeru jasov		

4 Minimálne požiadavky na systémy riadenia osvetlenia

Jas približovacieho pásma sa mení v závislosti od premien denného svetla. Vo dne je úroveň jasov v medznom a prechodovom pásme úmerná jasom približovacieho pásma. Preto je nevyhnutné automatické riadenie osvetlenia vjazdového pásma. Proces riadenia musí mať časové oneskorenie niekoľkých minút, aby sa vyhol krátkodobým zmenám, ktoré sú spôsobené mrakmi. V tuneloch s kamerovým detekčným systémom musí byť navrhnuté kontinuálne (plynulé) stmievanie, ktoré pri zmene úrovne osvetlenia neovplyvní funkciu kamerového detekčného systému. Základom automatického riadenia osvetlenia je správne umiestnenie a orientácia jasomeru, ktorý meria aktuálnu hodnotu jasov L_{20} . Jasomer s otvorovým uhlom 20° (jasomer s označením 1 na obrázku 16) je centrován približne do jednej štvrtiny výšky vstupného portálu zo vzdialenosti rovnajúcej sa brzdnéj dráhe. Jasomer je potrebné raz ročne (prípadne častejšie, podľa pokynu výrobcu) kalibrovat' v inštalovanej polohe. Úroveň jasov L_{20} je meraná pre každý portál osobitne. V prípade výpadku jedného z jasomerov merajúcich úroveň jasov L_{20} sa použije hodnota z druhého jasomeru. Na korekciu aktuálne nastavenej úrovne vjazdového pásma s ohľadom na znečistenie svietidiel a povrchov tunela je potrebné umiestniť regulačný jasomer (jasomer s označením 2 na obrázku 16) v prvej polovici medzného pásma. Tento jasomer je taktiež potrebné raz ročne (prípadne častejšie, podľa pokynu výrobcu) kalibrovat' v inštalovanej polohe. Hodnoty merania uvedených jasomerov musia byť zobrazované na príslušnej technologickej obrazovke vo forme analógovej hodnoty. Poruchový stav meracieho zariadenia je signalizovaný na operátorskom pracovisku vygenerovaním alarmu, vznik ktorého je sprevádzaný príslušnou zvukovou signalizáciou. Adaptačné osvetlenie je možné z pohľadu operátora ovládať v diaľkovom režime prevádzky automaticky (na základe údajov z jasomeru) alebo manuálnym nastavením. Prepnutie prepínača voľby prevádzky (miestne/diaľkovo) do polohy „miestne“ umožní obsluhu riadiť adaptačné osvetlenie priamo z miestneho ovládacieho panela. Počas miestneho riadenia je diaľkové riadenie neaktívne. Prepnutie do lokálneho riadenia musí byť v CRS signalizované.

Zmena úrovne osvetlenia vnútorného pásma musí byť v cestných tuneloch, ktoré sú vybavené kamerovým detekčným systémom, kontinuálna (plynulá) a nesmie ovplyvniť funkciu kamerového detekčného systému. Na reguláciu aktuálne nastavenej úrovne intenzity vnútorného pásma je potrebné umiestniť regulačný jasomer (jasomer s označením 3 na obrázku 16) vo vnútornom pásme. Tento jasomer je potrebné raz ročne (prípadne častejšie, podľa pokynu výrobcu) kalibrovat' v inštalovanej polohe. Prejazdové osvetlenie je možné z pohľadu operátora ovládať v diaľkovom režime prevádzky automaticky alebo manuálnymi pokynmi. Prepnutie prepínača voľby prevádzky (miestne/diaľkovo) do polohy „miestne“ umožní obsluhu riadiť prejazdové osvetlenie priamo z miestneho ovládacieho panela. Počas miestneho riadenia je diaľkové riadenie neaktívne.

Pre tunely bez kamerového detekčného systému je možné v jednotlivých pásmach tunela použiť stupňovitú reguláciu osvetlenia.



Obrázok 16 - Odporúčané rozmiestnenie jasomerov v jednotlivých pásmach cestného tunela
1 - vonkajší jasomer s otvorovým uhlom 20° (L_{20}), 2 - vnútorný jasomer pre kontrolu jasů v medznom pásmo, 3 - vnútorný jasomer pre kontrolu jasů vo vnútornom pásmo

Vodiace osvetlenie musí umožňovať trojstupňovú reguláciu (100 %, 50 %, 25 %) a režim rýchleho a pomalého blikania. Vodiace osvetlenie je možné z pohľadu operátora ovládať v diaľkovom režime prevádzky automaticky (na základe aktuálneho dopravného-prevádzkového stavu a pod.) alebo manuálnymi pokynmi pre jednotlivé sekcie. Prepnutie prepínača voľby prevádzky (miestne/diaľkovo) do polohy „miestne“ umožní obsluhu riadiť vodiace osvetlenie priamo z miestneho ovládania. Počas miestneho riadenia je diaľkové riadenie neaktívne.

Presvetlené dopravné značky musia mať minimálne dvojstupňovú reguláciu (100 % pri mimoriadnej situácii, 25 % počas bežnej prevádzky), prípadne trojstupňovú reguláciu (100 % pri mimoriadnej situácii, 50 % pri bežnej prevádzke počas dňa, 25 % pri bežnej prevádzke počas noci).

Zelené obrysové svietidlá na označenie núdzového východu musia mať minimálne dvojstupňovú reguláciu (100 % pri mimoriadnej situácii, 25 % počas bežnej prevádzky), prípadne trojstupňovú reguláciu (100 % pri mimoriadnej situácii, 50 % pri bežnej prevádzke počas dňa, 25 % pri bežnej prevádzke počas noci).

Svietidlo osvetľujúce podlahu pred dvermi núdzového východu nemusí mať možnosť regulácie, pretože počas bežnej prevádzky je vypnuté.

Požiarne núdzové osvetlenie je možné z pohľadu operátora ovládať v diaľkovom režime prevádzky automaticky (v prípade požiaru na základe signalizácie z elektronického požiarneho systému, dopravného incidentu a pod. v súlade s [T5]) alebo manuálnymi pokynmi pre jednotlivé sekcie. Prepnutie prepínača voľby prevádzky (miestne/diaľkovo) do polohy „miestne“ umožní obsluhu riadiť požiarne osvetlenie priamo z miestneho ovládania. Počas miestneho riadenia je diaľkové riadenie neaktívne.

Osvetlenie únikových ciest je možné z pohľadu operátora ovládať v diaľkovom režime prevádzky automaticky (v prípade požiaru alebo otvorením dverí do únikových ciest) alebo manuálnymi pokynmi pre jednotlivé sekcie. Prepnutie prepínača voľby prevádzky (miestne/diaľkovo) do polohy „miestne“ umožní obsluhu riadiť osvetlenie priamo z miestneho ovládania. Počas miestneho riadenia je diaľkové riadenie neaktívne.

Osvetlenie zásahových ciest (časť prejazdového osvetlenia, ktoré plní zároveň funkciu osvetlenia zásahových ciest v tunelovej rúre) je možné z pohľadu operátora ovládať v diaľkovom režime prevádzky automaticky (v prípade požiaru) alebo manuálnymi pokynmi pre jednotlivé sekcie. Prepnutie prepínača voľby prevádzky (miestne/diaľkovo) do polohy „miestne“ umožní obsluhu riadiť osvetlenie priamo z miestneho ovládania. Počas miestneho riadenia je diaľkové riadenie neaktívne.

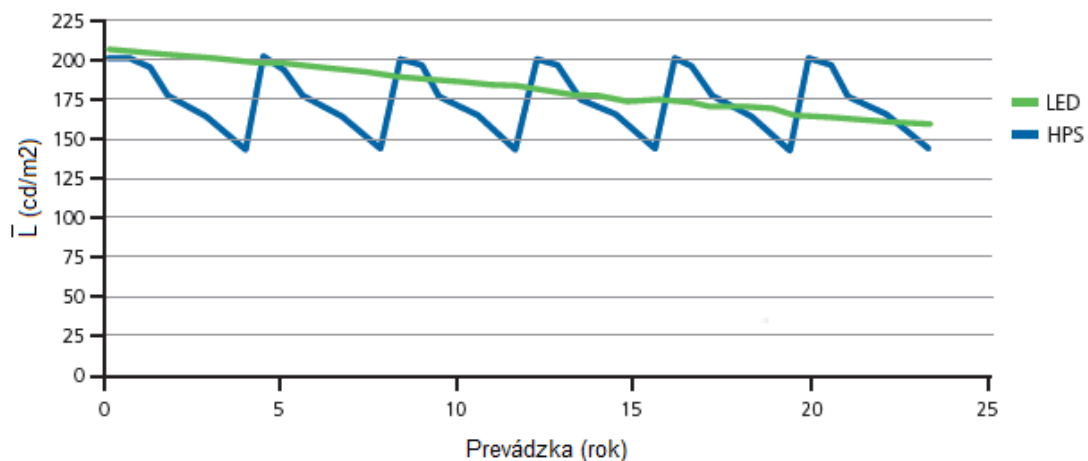
Intenzitu osvetlenia predportálových úsekov nie je potrebné regulovať. Osvetlenie predportálových úsekov je možné z pohľadu operátora ovládať v diaľkovom režime prevádzky

automaticky (na základe údajov z jasomeru, pri prechode do nočného režimu) alebo manuálnym povelom. Prepnutie prepínača voľby prevádzky (miestne/diaľkovo) do polohy „miestne“ umožní obsluhu riadiť osvetlenie predportálových úsekov priamo z miestneho ovládania. Počas miestneho riadenia je diaľkové riadenie neaktívne.

Riadenie osvetlenia musí byť v súlade s [T5]

5 Minimálne požiadavky na energetickú efektívnosť osvetľovacích sústav

V súčasnej dobe je už možné s LED svietidlami osvetliť všetky pásma v cestnom tuneli. Rastúca popularita LED technológie vychádza z jej schopnosti výrazne znížiť spotrebu energie, súčasne ponúka vďaka dokonalejšiemu optickému systému rovnomernejšie osvetlenie a vyšší index podania farieb ako v tuneloch tradične používané vysokotlakové sodíkové výbojky. LED svietidlá predstavujú aj potenciál úspory pri lepšom prispôbení sa krivke poklesu jasů v prechodovom pásme (obrázok 8) použitím plynulého riadenia osvetlenia v medznom a prechodovom pásme, čím sa výrazne znížia straty spôsobené nadmerným osvetlením. Použitím LED technológie sa minimalizujú náklady na výmenu svetelných zdrojov, ktorá sa pre zachovanie požadovaných parametrov pri použití vysokotlakových sodíkových výbojok musí vykonávať približne každé 4 roky (obrázok 17).



Obrázok 17 - Závislosť poklesu svetelného toku v medznom pásme od doby prevádzky

Z hľadiska predikcie potreby výmeny LED svetelných zdrojov sa musí pre každú samostatne ovládanú sekciu zaznamenávať doba prevádzky. V samostatnom dátovom súbore s názvom DD/MM/RR/DOBA_PREVADZKY, ktorý musí byť automaticky zálohovaný každý deň, sa zaznamenáva priemerná denná doba prevádzky pre jednotlivé sekcie počas jedného dňa. Priemerná mesačná doba prevádzky jednotlivých sekcií sa zaznamenáva do samostatného dátového súboru s názvom MM/RR/SUHRN, ktorý musí byť zálohovaný automaticky každý mesiac.

5.1 Požiadavky na svietidlá na predportálové osvetlenie

1. Krytie svietidla musí byť najmenej IP 66.
2. Napájanie predradníka svietidiel výlučne striedavým napätím TN-S 230/400 V $\pm$ 10 %.
3. Power factor (skutočný účinník) celého svietidla pri 100 % výkone je min. 0,95.
4. V prípade stmievania musia mať predradníky obvod aktívnej korekcie skutočného účinníka.
5. Kryty svietidiel musia byť vo vyhotovení, ktoré ich efektívne chráni proti mechanickému poškodeniu (minimálne IK06).
6. Svietidlo musí byť schopné pracovať v rozsahu teplôt podľa protokolu o určení vonkajších vplyvov.
7. Minimálny index podania farieb $R_a = 70$.
8. Náhradná teplota chromatickosti LED svietidla 2700 – 5000K.
9. Svetelný tok svetelného zdroja navrhnutých LED svietidiel nesmie klesnúť pod 80 % nominálneho svetelného toku po dobu 100 000 hodín, priložiť namerané hodnoty LM-80.
10. Svietidlo musí mať merný výkon minimálne 120 lm/W.

11. Svetidlo musí byť vybavené univerzálnou prírubou ($\varnothing$ 60mm), pomocou ktorej je možné uchytiť svetidlo na rameno výložníka, ale aj na vrch oceľového stožiaru bez výložníka.
12. Požadovaný je CE a ENEC certifikát podľa legislatívy EÚ.
13. Konštrukčné riešenie svetidla musí byť modulárne, umožňujúce nezávislú výmenu komponentov.
14. Konštrukcia svetidla musí byť taká, že svetelnočinná časť je mechanicky oddelená od predradníkovej časti.
15. Svetidlo sa musí dať otvoriť bez pomoci špeciálneho náradia.
16. Svetidlo musí obsahovať technológiu, ktorá bráni vzniku vlhkosti v telese svetidla.
17. Každý LED bod musí byť osadený optikou z UV odolného materiálu.
18. Svetelný tok musí byť distribuovaný priamo bez sekundárnych odrazov, tzn. bez použitia reflektorov a podobných prvkov. Do dolného polpriestoru musí svetidlo vyžarovať 100 % svojho svetelného toku, do horného 0 %. (ULOR 0 %)
19. Chladenie svetidla – teleso svetidla zo zliatiny hliníka, bez horného vertikálneho rebrovania, ktoré plní funkciu chladiča. Svetidlo musí byť pasívne chladené. Svetidlo musí byť navrhnuté tak, aby voda po ňom stekala (neostávala na ňom) a tým ho samočistila.
20. Svetidlo musí mať systém ochrany proti prehriatiu.
21. Svetidlo musí umožňovať nastavenie sklonu vyloženia.
22. EMC certifikát na použité elektronické predradníky.
23. Skúšobný merací protokol fotometrických parametrov použitých svetidiel z nezávislej akreditovanej skúšobne podľa STN EN ISO/IEC 17025.
24. Skúšobný merací protokol závislosti fotometrických parametrov od teploty podľa LM-82-12.

5.2 Požiadavky na svetidlá na hlavné osvetlenie v tuneli

1. Krytie svetidla musí byť najmenej IP 66.
2. Napájanie predradníkov svetidiel výlučne striedavým napätím TN-S 230/400 V $\pm$ 10 %.
3. Power factor (skutočný účinník) celého svetidla pri 100 % výkone je min. 0,95.
4. V prípade stmievania musia mať predradníky obvod aktívnej korekcie skutočného účinníka.
5. Kryty svetidiel musia byť vo vyhotovení, ktoré ich efektívne chráni proti mechanickému poškodeniu (minimálne IK08).
6. Svetidlo musí byť schopné pracovať v rozsahu teplôt podľa protokolu o určení vonkajších vplyvov.
7. Minimálny index podania farieb $R_a = 70$.
8. Náhradná teplota chromatickosti LED svetidiel na hlavné osvetlenie tunela 2700 – 5000K.
9. Svetelný tok svetelného zdroja navrhnutých LED svetidiel nesmie klesnúť pod 80 % nominálneho svetelného toku po dobu 100 000 h, priložiť namerané hodnoty LM-80.
10. Svetidlo musí mať merný výkon minimálne 100 lm/W.
11. Požadovaný je CE a ENEC certifikát podľa legislatívy EÚ.
12. Konštrukčné riešenie svetidla musí byť modulárne, umožňujúce nezávislú výmenu komponentov.
13. Konštrukcia svetidla musí byť taká, že svetelnočinná časť je mechanicky oddelená od predradníkovej časti.
14. Svetidlo musí obsahovať technológiu, ktorá bráni vzniku vlhkosti v telese svetidla.
15. Tesnenie svetidla musí byť viacstupňové pre elimináciu vniknutia vody alebo prachu.
16. Každý LED bod musí byť osadený optikou z UV odolného materiálu a pred LED polom musí byť osadený plochý optický kryt.
17. Optika svetidiel musí byť prispôbená na symetrické a protismerné osvetlenie.
18. V tuneli je veľmi vysoký stupeň agresivity prostredia a mechanického namáhania svetidiel, preto je nevyhnutné aby materiálová špecifikácia všetkých konštrukčných častí svetidiel, ktoré prichádzajú do kontaktu s týmto prostredím (rám, kryt vrátane krytu/konštrukcie chladiča) vrátane upevňovacích prvkov svetidiel musia rešpektovať požiadavky minimálnej návrhovej životnosti uvedenej v [T4]. Pri posudzovaní životnosti svetidiel v súlade s [T4] sa neprihliada

na doplnkovú ochranu povrchu svietidiel, ale iba na životnosť materiálu samotného, z ktorého sú vyrobené.

19. Svietidlo musí byť chladené pasívne. Teleso svietidla musí mať hladký povrch bez rebrovania.
20. Svietidlo musí mať systém ochrany proti prehriatiu.
21. EMC certifikát na celkové LED zariadenie (definícia podľa STN EN 13032-4 + A1) vrátane prepojujúcich káblov.
22. Skúšobný merací protokol fotometrických parametrov použitých svietidiel z nezávislej akreditovanej skúšobne podľa STN EN ISO/IEC 17025.
23. Skúšobný merací protokol závislosti fotometrických parametrov od teploty podľa LM-82-12.

6 Minimálne požiadavky na východiskové merania a kontrolné meranie osvetlenia v tuneloch

Meranie osvetlenia smie vykonať len skúšobné laboratórium akreditované podľa STN EN ISO/IEC 17025. Pred meraním požadovaných parametrov osvetlenia v cestnom tuneli je potrebné, aby sa pracovníci skúšobného laboratória detailne oboznámili s projektovou dokumentáciou cestného tunela vrátane umiestnenia technologického vybavenia tunela. V prípade úsekov, kde dochádza k zmene geometrie osvetľovacej sústavy z dôvodu obchádzania prekážky alebo v iných prípadoch zmeny geometrie osvetľovacej sústavy, sa môže požadovať meranie jednotlivých parametrov osvetlenia v danom úseku.

Meranie jednotlivých parametrov sa musí vykonávať v rovnakej sieti bodov, ako bol vykonávaný výpočet. V prípadoch, keď bol výpočet spracovaný v súlade s meracou sieťou uvedenou v TNI CEN/CR 14380, sa musí vykonať meranie v sieti s väčším počtom bodov v súlade s STN EN 13201-3.

Pred meraním musí byť dodržaná minimálna doba svietenia jednotlivých svetelných zdrojov, potrebná na stabilizáciu ich parametrov. Minimálna doba svietenia je v závislosti od typu svetelného zdroja rôzna. Výbojové svetelné zdroje musia byť v prevádzke minimálne 100 h. LED svetelné zdroje musia byť v prevádzke minimálne 100 h, prípadne podľa odporúčenia výrobcu. Pred začiatkom merania musí dôjsť k stabilizácii parametrov osvetľovacej sústavy. Osvetľovacia sústava musí byť v prevádzke minimálne 20 min. Overenie stabilizácie je možné pomocou merania osvetlenosti v tom istom bode s odstupom niekoľkých minút. Osvetľovacia sústava je stabilizovaná vtedy, keď meraná hodnota osvetlenosti v tom istom bode s odstupom niekoľkých minút trikrát po sebe nevykazuje systematické zmeny. V prípade zmeny režimu osvetlenia počas merania (zmena z nočného na denný) je znovu potrebná stabilizácia parametrov osvetľovacej sústavy.

Meranie jednotlivých parametrov musí byť vykonané v súlade s vhodnými metódami merania, ktoré sú uvedené v normatívnych dokumentoch, medzinárodných odporúčaniach alebo vedeckých článkoch. Prístroje musia obsluhovať len kvalifikovaní pracovníci skúšobného laboratória oboznámení s metódami a postupom merania.

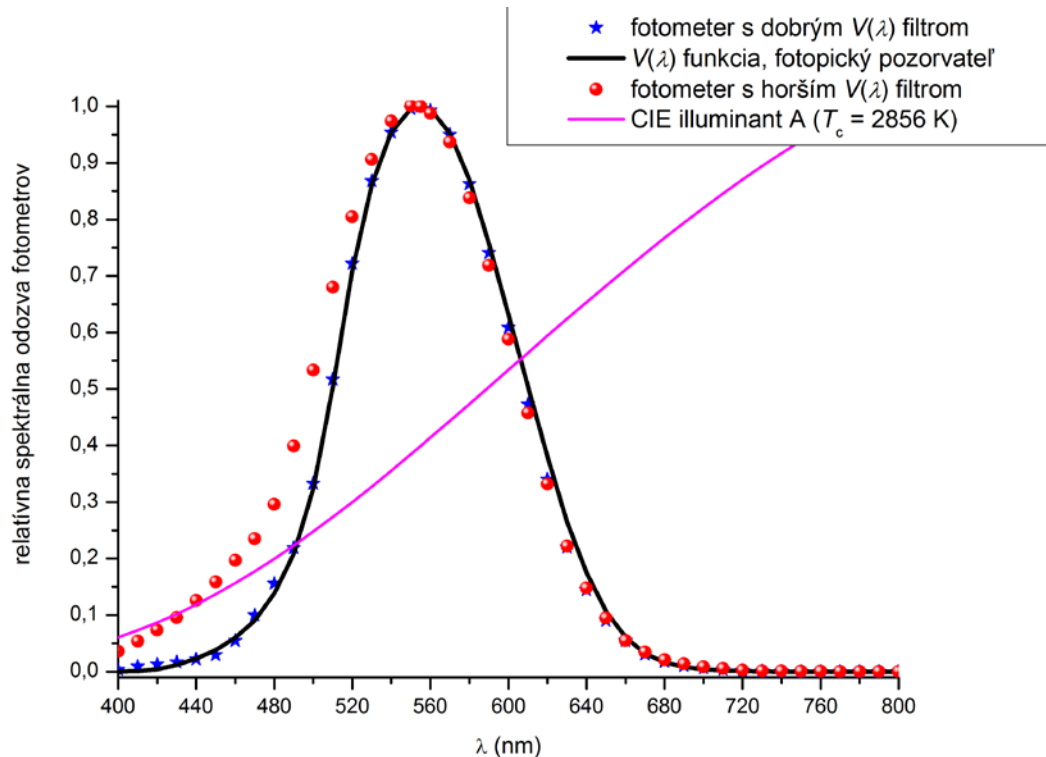
Pred meraním musia byť predložené všetky kalibračné listy meracích prístrojov, ktoré sa použijú na meranie. Skúšobné laboratórium musí pred meraním skontrolovať stav a funkčnosť použitých meracích prístrojov.

6.1 Požiadavky na meracie prístroje

V tejto kapitole sú popísané meracie zariadenia, ktoré sa používajú pri praktických meraniach fotometrických parametrov verejného osvetlenia predportálových úsekov a fotometrických parametrov tunelového osvetlenia pri východiskových a kontrolných meraniach, ktoré sa vykonávajú na overenie svetelnotechnických výpočtov pri návrhu osvetľovacej sústavy predportálového a tunelového osvetlenia.

Na meranie rovinatej osvetlenosti sa používajú luxetre. Tieto zariadenia sú integrálne meracie prístroje, kde citlivosť detektora na CIE funkcie je zabezpečená optickými filtermi a kosínusovým nadstavcom na korigovanie svetla dopadajúceho z iného ako kolmého smeru. Pri týchto prístrojoch treba venovať pozornosť najmä prispôbeniu detektora k citlivosti fotopického alebo skotopického pozorovateľa. Čím nepresnejšie je prispôbenie tohto filtra, tým väčšej chyby sa pri meraní užívateľ dopúšťa (obrázok 18).

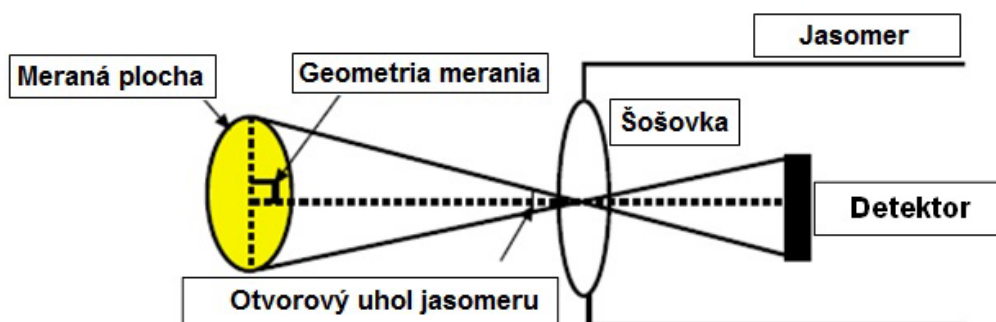
V prípade merania v praxi sa musí použiť luxmeter s fotometrickou hlavnicou sendvičového typu. Na dosiahnutie čo najpresnejších výsledkov treba pri meraní prihliadať na smerovú chybu a linearitu celého meracieho systému. Luxmetry na území SR patria do kategórie určených meradiel podľa zákona [Z3] a podľa účelu použitia podlieha toto meradlo pravidelnej metrologickej kontrole v súlade so [Z8].



Obrázok 18 - Porovnanie luxmetrov s rôznou spektrálnou odozvou

Na meranie jasů sa používajú jasomery s vymedzeným zorným uhlom, ktorý vymedzuje veľkosť meranej plochy meraného objektu. Princíp merania je znázornený na obrázku 19.

Kvalita optiky (objektív, šošovky) a zvolená geometria ovplyvňujú namerané výsledky jasů. Tak ako pri luxmetroch, prispôbenie optického filtra pred detektorom na CIE funkciu fotopického alebo skotopického pozorovateľa vo veľkej miere ovplyvňuje výsledky meraní pre rôzne svetelné zdroje s rôznym spektrálnym zložením.



Obrázok 19 - Princíp merania jasů spotovým jasomerom

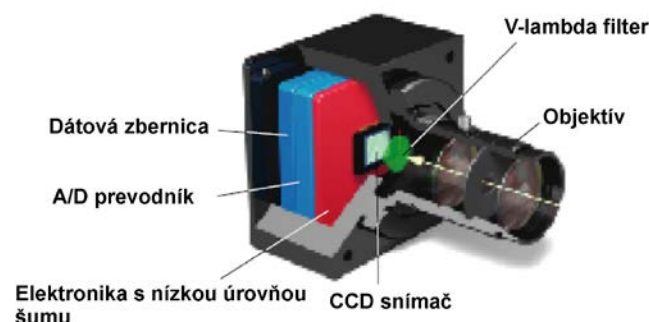
Na terénne merania jasov povrchu vozoviek je možné použiť takýto typ jasomeru s definovaným otvorovým uhlom $20' \times 2'$, čo vo výške 1,5 m nad úrovňou vozovky a vo vzdialenosti 60 m od meracieho poľa má simulovať plochu, ktorú vníma pozorovateľ. Uhol pozorovania meracieho prístroja musí byť $89^\circ \pm 0,5^\circ$ k normále povrchu vozovky. Na meranie jasov stien tunela je nutné použiť jasomer s otvorovým uhlom 1° . Poloha oka pozorovateľa pri meraní jasov približovacieho pásma L_{20} sa uvažuje 1,5 m nad povrchom vozovky vo vzdialenosti rovnajúcej sa celkovej brzdnéj dráhe pred vjazdom do tunela.

V priečnom smere sa pozorovateľ musí nachádzať v osi tunelovej rúry. Otvorový uhol jasomeru pri tomto meraní sa vyžaduje 20° . Spotové jasomery je možné použiť výlučne pri statickom meraní fotometrických parametrov osvetlenia a iba pri kontrolných meraniach osvetľovacích sústav tunelového a predportálového osvetlenia.

Špeciálny prípad jasomeru, pomocou ktorého je možné merať jasové rozloženie meraného priestoru, je jasový analyzátor. Toto zariadenie sa v súčasnosti používa na meranie jasov na pozemných komunikáciách pre triedy uvedené v norme STN EN 13201-2, ako aj na meranie jasov povrchov cestných tunelov.

Typy jasových analyzátorov sú rôzne, a to založené na báze bežných komerčných zrkadlových fotoaparátov, kde RGBG maskou na CMOS element sa dajú získať vhodnou matematickou transformáciou fotometrické parametre. Pri týchto typoch zariadenia si treba dávať pozor, pretože pri spracovaní obrazu dochádza k použitiu matematickej interpolácie, kde dochádza k určitým nepresnostiam, ktoré pri vyhodnotení vzniknú.

Druhý typ je založený na CCD elemente ako detekčnej časti, kde sú pred týmto elementom umiestnené trichromatické filtre priestoru CIE 1931 x, y. Pri tomto type sa eliminujú nepriaznivé vplyvy matematickej interpolácie, spomenutej pre prvý prípad. Schéma jasového analyzátoru s popisom jednotlivých častí je znázornená na obrázku 20 [L5].



Obrázok 20 - Schéma jasového analyzátoru s trichromatickými filtermi

Jasové analyzátory možno použiť tak pre statické, ako aj dynamické merania fotometrických parametrov predportálového a tunelového osvetlenia pri východiskových a kontrolných meraniach stanovených v článkoch 6.2 a 6.3. Pri použití týchto prístrojov je nutné brať do úvahy podmienky používania týchto zariadení pre statické a dynamické merania definované v [T26], kde je podrobne popísaná problematika merania použitím jasových analyzátorov zohľadnením zákonov optiky, ako aj statického merania spotových jasomerov.

6.2 Požiadavky na východiskové meranie osvetlenia v tuneli

Východiskové meranie jasov jednotlivých povrchov v tuneli je potrebné vykonať pre každý nový tunel alebo pre prevádzkovaný tunel, v ktorom došlo k zmene prvkov osvetľovacieho systému pomocou statickej metódy s použitím jasomeru s príslušným otvorovým uhlom alebo s použitím jasového analyzátoru. Na meranie osvetlenosti je potrebné použiť luxmeter s fotometrickou hlaviceou na meranie rovinatej osvetlenosti. Východiskové meranie osvetlenia pred uvedením cestného tunela do prevádzky musí obsahovať:

- (a) meranie jasov povrchu vozovky vo vybraných úsekoch vo všetkých pásmach tunela (pri 100 % a 50 % režime), prípadne konfliktných úsekov, ktoré môže určiť skúšobné laboratórium, prípadne zadávateľ merania,
- (b) jas spodnej časti stien tunela do výšky 2 m vo všetkých pásmach tunela, prípadne konfliktných úsekov, ktoré môže určiť skúšobné laboratórium, prípadne zadávateľ merania,
- (c) meranie jasov povrchu vozovky vo vybraných úsekoch pred portálmi tunela,
- (d) horizontálnu osvetlenosť na vozovke,
- (e) vertikálnu osvetlenosť na vozovke vo vybraných úsekoch so symetrickým a protismerným osvetlením,
- (f) horizontálnu osvetlenosť v typizovanom núdzovom zálive (typizovaných núdzových zálivoch),
- (g) horizontálnu osvetlenosť pred prahom núdzového východu,
- (h) horizontálnu osvetlenosť v typizovanom zjazdnom a schodnom prepojení (typizovaných zjazdnych a schodných prepojeniach),
- (i) horizontálnu osvetlenosť nechránenej únikovej cesty,
- (j) horizontálnu osvetlenosť na vybranom úseku zásahovej cesty,
- (k) horizontálnu osvetlenosť na vybranom úseku únikovej cesty mimo tunela,
- (l) horizontálnu osvetlenosť vo vybranej SOS kabíne,
- (m) horizontálnu osvetlenosť na pracoviskách,
- (n) meranie napájacieho napätia svetelných obvodov,
- (o) meranie teploty a vlhkosti počas merania osvetlenia,
- (p) meranie ostatných svetlo emitujúcich zariadení, ktoré môžu oslňovať vodiča, po inštalácii vo všetkých kritických smeroch.

Jasomer alebo jasový analyzátor musí byť umiestnený 60 m pred meracím poľom vo výške 1,5 m a uhol pozorovania musí byť 1° pod horizontálnu rovinu.

Pri meraní horizontálnej osvetlenosti na vozovke musí byť fotometrická hlavica vzdialená od povrchu vozovky maximálne 100 mm. Pri meraní horizontálnej osvetlenosti podľa [Z9] musí byť fotometrická hlavica vo výške 850 mm. Pri meraní horizontálnej osvetlenosti na pracovisku podľa STN 12464-1 musí byť meraná vo výške pracoviska.

Pri meraní vertikálnej osvetlenosti treba dbať na to, aby bola fotometrická hlavica správne orientovaná vzhľadom na smer dopravy a aby bol stred fotometrickej hlavice umiestnený vo výške 200 mm nad zemou na clone s rozmerom 400 mm x 400 mm.

Meranie napájacieho napätia svetelných obvodov sa odporúča vykonať pri dennom 100 % a nočnom 50 % režime.

Meranie teploty a vlhkosti počas merania osvetlenia sa odporúča vykonávať v hodinových intervaloch.

Ku každému typu svietidla, obrysového svietidla, návestidla a premenného dopravného značenia použitého v cestnom tuneli musí byť pred uvedením do prevádzky doložený protokol o skúške vydaný akreditovaným skúšobným laboratóriom podľa STN EN ISO/IEC 17025, ktorým sa preukáže zhoda s príslušnými normami. Na základe tohto protokolu je možné určiť, či dané zariadenia spĺňajú požadované parametre a či nebudú počas prevádzky oslňovať účastníkov cestnej premávky.

6.3 Požiadavky na kontrolné meranie osvetlenia v tuneli

Kontrolné meranie jasov jednotlivých povrchov v tuneli je potrebné vykonať pomocou statickej alebo dynamickej metódy s použitím jasového analyzátoru. Kontrolné meranie pomocou statickej metódy sa vykoná len v prípade odstávky tunela, v tomto prípade je možné vykonať kontrolné meranie aj pomocou jasomeru s príslušným otvorovým uhlom. Kontrolné meranie osvetlenia je potrebné vykonať každé 4 roky. V prípade statického alebo dynamického merania musí obsahovať:

- (a) meranie jasov povrchu vozovky vo vybraných úsekoch vo všetkých pásmach tunela (pri 100 % a 50 % režime), prípadne konfliktných úsekov, ktoré môže určiť skúšobné laboratórium, prípadne zadávateľ merania,
- (b) meranie jasov povrchu vozovky vo vybraných úsekoch pred portálmi tunela,
- (c) meranie teploty a vlhkosti počas merania osvetlenia.

V prípade odstávky tunela sa odporúča doplniť kontrolné meranie aj o nasledujúce body:

- (a) horizontálnu osvetlenosť v typizovanom núdzovom zálive (typizovaných núdzových zálivoch),
- (b) horizontálnu osvetlenosť pred prahom núdzového východu,
- (c) horizontálnu osvetlenosť v typizovanom zjazdnom a schodnom prepojení (typizovaných zjazdnych a schodných prepojeniach),
- (d) horizontálnu osvetlenosť nechránenej únikovej cesty,
- (e) horizontálnu osvetlenosť na vybranom úseku zásahovej cesty,
- (f) horizontálnu osvetlenosť na vybranom úseku únikovej cesty mimo tunela,
- (g) horizontálnu osvetlenosť vo vybranej SOS kabíne,
- (h) horizontálnu osvetlenosť na pracoviskách,
- (i) meranie napájacieho napätia svetelných obvodov,
- (j) meranie teploty a vlhkosti počas merania osvetlenia.

Na meranie osvetlenosti je potrebné použiť luxmeter s fotometrickou hlavicou na meranie rovinatej osvetlenosti.

6.4 Neistoty a chyby merania

Skutočné podmienky pri meraní akejkoľvek veličiny vo všeobecnosti sa vždy viacej alebo menej líšia od podmienok ideálnych. Z toho dôvodu je každé meranie zaťažené chybami. Chybu merania označenú ako ε môžeme definovať ako rozdiel hodnoty zmeranej x a jej skutočnej hodnoty x_0

$$\varepsilon = x - x_0 \quad (12)$$

Takúto chybu nazývame absolútna alebo skutočná chyba. Podiel absolútnej chyby a skutočnej hodnoty meranej veličiny nazývame relatívna chyba, ktorú vyjadrujeme často v percentách. Chyby pri meraniach sú vyvolané rôznymi príčinami pri meraní. Preto základné chyby, ktoré vznikajú pri meraniach, delíme na:

- (a) systematické chyby,
- (b) náhodné chyby.

Systematické chyby sú chyby, ktoré sú pri meraní tej istej veličiny za podmienok opakovateľnosti stále. Do tejto kategórie chyby sa zahŕňa chyba meradla, chyba metódy, chyby rôznych údajov použitých pri meraní a chyby osobné. Z nameraného výsledku je možné tieto chyby vhodnými korekciami odstrániť. Hodnota týchto korekcií môže byť kladná alebo záporná.

Chyba meradla je chyba spôsobená jeho nedokonalosťou. Základnú chybu nazývame systematická chyba, spôsobená meradlom pri meraní za stanovených podmienok. Vedľajšia chyba je spôsobená odchýlkou ovplyvňujúcich veličín od predpísaných hodnôt. Chyby meradla možno vylúčiť jeho pravidelným kalibrovaním alebo overovaním.

Chyba metódy je spôsobená predovšetkým nepresnosťou pri aplikáciách niektorej metódy alebo nedokonalosti metódy samotnej.

Chyba osobná je spôsobená vplyvmi ľudského činiteľa (užívateľa meradla), napr. chyba odčítania na analógovej stupnici meradla a pod. Túto chybu možno odstrániť napr. špeciálnym školením alebo automatizáciou niektorých úkonov pri meraní.

Pri rozbere neistôt v meraniach osvetlenia treba zohľadniť jednotlivé príspevky neistôt vyplývajúcich z týchto možných zdrojov odchýlok:

- (a) neistota kalibrácie prístroja (uvedená v kalibračnom certifikáte alebo certifikáte o overení),
- (b) neistoty vyplývajúce z možných odchýlok meradiel, zvlášť vplyvom chyby spektrálnej, smerovej, linearity, displeja (alebo indikačného zariadenia), únavy fotometrického snímača, teploty, modulácie svetla, citlivosti na UV a IR žiarenie,

- (c) neistoty vyplývajúce z chýb metódy (postupu) merania, najmä vplyvom chyby plošného a výškového umiestnenia fotometrickej hlavice luxmetra, jasomeru, jasového analyzátora časového súbehu odčítania meraných hodnôt osvetlenosti, nestability napájacieho napätia, počet a umiestnenie meracích bodov,
- (d) neistoty vyplývajúce z postupu vyhodnocovania, najmä vplyvom chyby zaokrúhľovania, korekcie na kalibračnú krivku, korekcie na druh meraného svetelného zdroja.

Príspevky štandardnej neistoty vyplývajúce z jednotlivých možných zdrojov neistôt možno vyhodnocovať buď ako neistoty typu A s označením u_A , alebo typu B s označením u_B .

Pokiaľ pre určitý zdroj neistoty má užívateľ luxmetra k dispozícii dostatočne veľký súbor dát (viac ako 20 nameraných hodnôt) získaných z opakovaných meraní vykonaných za rovnakých podmienok, možno tento príspevok neistoty vyhodnotiť ako neistotu typu A s označením u_A z rovnice pre smerodajnú odchýlku strednej hodnoty z daného súboru dát podľa vzťahu:

$$u_A = \frac{100}{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (13)$$

kde:

- x_i je nameraná hodnota,
- $\bar{x}$ stredná (najpravdepodobnejšia) hodnota z daného súboru,
- N počet opakovaných meraní.

V ostatných prípadoch sa príspevky neistoty jednotlivých chýb stanovujú ako štandardné neistoty typu B s označením u_B podľa vzťahu:

$$u_B = \frac{z_{max}}{\kappa} \quad (13)$$

kde:

- $\frac{z_{max}}{\kappa}$ je predpokladaná maximálna odchýlka pre uvažovaný zdroj príspevku neistoty %, bezrozmerný koeficient daný pravdepodobnosťou štatistického rozdelenia sledovaného príspevku danej chyby. Pre normálne Gaussovo štatistické rozdelenie chýb sa pre užší interval uvažuje $\kappa = 2$, pre rovnomerné rozdelenie $\kappa = \sqrt{3} = 1,73$.

Výsledná kombinovaná neistota u_c sa zo všetkých zistených jednotlivých príspevkov neistôt určí podľa vzťahu:

$$u_c = \sqrt{u_{A1}^2 + u_{A2}^2 + \dots + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + u_{B3}^2} \quad (14)$$

Aby sa zvýšila pravdepodobnosť, že sa správna hodnota zisťovanej veličiny vyskytuje vo vymedzenom intervale $-u; +u$ danom stanovenou neistotou na 95 %, štandardná neistota sa vynásobí príslušným koeficientom, čím sa stanoví rozšírená neistota U . Pre 95 % pravdepodobnosť, že nameraná veličina sa nachádza vo vymedzenom intervale, sa štandardná neistota u vynásobí koeficientom 2 (za predpokladu normálneho rozdelenia).

$$U = 2 \cdot u(\%) \quad (15)$$

Bližšie informácie o určení neistoty merania pre praktické merania fotometrických parametrov povrchov vozovky predportálového osvetlenia a povrchov tunelového osvetlenia použitím meracích prístrojov uvedených v článku 6.1 týchto TP je možné nájsť v [T26].

6.5 Vyhodnotenie merania

Výsledky každého merania osvetlenia v cestnom tuneli musia byť jasne a jednoznačne uvedené v protokole o skúške, ktorý musí byť vyhotovený v súlade s platnými normami alebo predpismi a musí obsahovať:

- (a) akreditačnú značku,
- (b) názov protokolu,

- (c) očíslovanie každej strany protokolu,
- (d) názov a adresu organizácie vykonávajúcej meranie,
- (e) jednoznačnú identifikáciu protokolu,
- (f) názov a adresu zadávateľa,
- (g) dátum a čas vykonania skúšky,
- (h) mená pracovníkov, ktorí vykonali meranie,
- (i) meno, funkciu a podpis osoby schvaľujúcej protokol o skúške,
- (j) názov a popis tunela,
- (k) údaje o použitých meracích prístrojoch,
- (l) údaje svetelných zdrojov: druh svetelného zdroja, príkon, náhradná teplota chromatickosti, index podania farieb,
- (m) údaje svietidiel: výrobca, typ, optický systém, svetelný tok, inštalačná výška, sklon, dĺžka výložníka, počet, počet nefunkčných, počet prevádzkových hodín,
- (n) rozloženie meracích bodov,
- (o) napájacie napätie svetelného obvodu počas merania,
- (p) teplota a vlhkosť počas merania,
- (q) výsledky nameraných veličín a prípadné závery,
- (r) celkový udržiavací činiteľ,
- (s) vyhodnotenie jednotlivých nameraných veličín,
- (t) vyjadrenie neistoty merania,
- (u) dátum prevzatia protokolu o skúške.

Namerané hodnoty musia byť uvedené v tabuľkách. Uvedené namerané hodnoty musia byť na základe vlastností meracích prístrojov podľa aktuálnych kalibračných certifikátov. Pre každý meraný parameter uvedený v protokole o skúške musí byť vyhodnotená neistota merania. Meraný úsek musí byť jasne definovaný označením svietidiel, medzi ktorými bolo vykonané meranie, prípadne číselným označením panelov nachádzajúcich sa v mieste meraného úseku.

Výsledné vyhodnotené parametre s uvažovaním neistoty merania musia byť porovnané s aktuálne platnými požiadavkami na osvetlenie cestných tunelov uvedených v normatívnych dokumentoch, technických predpisoch. Pre každý parameter musí byť jednoznačne uvedené, či vyhovuje, alebo nevyhovuje daným normatívnym požiadavkám. V protokole o skúške pred uvedením tunela do prevádzky musia byť vyhodnotené nasledovné parametre:

- (a) Vyhodnotenie priemerného jasu povrchu vozovky, celkovej rovnomernosti, pozdĺžnej rovnomernosti pre vybraný úsek v medznom pásme (100 % a 50 % režim).
- (b) Vyhodnotenie poklesu jasu povrchu vozovky pre vybraný úsek v prechodovom pásme a jeho porovnanie s krivkou poklesu podľa obrázku 10 (100 % režim).
- (c) Vyhodnotenie priemerného jasu povrchu vozovky, celkovej rovnomernosti, pozdĺžnej rovnomernosti pre vybraný úsek vo vnútornom pásme (100 % a 50 % režim).
- (d) Vyhodnotenie priemerného jasu a celkovej rovnomernosti spodnej časti stien tunela do výšky 2 m vo všetkých meraných pásmach tunela.
- (e) Vyhodnotenie priemerného jasu povrchu vozovky, celkovej rovnomernosti, pozdĺžnej rovnomernosti povrchu vozovky vo vybraných úsekoch pred portálmi tunela.
- (f) Vyhodnotenie priemernej horizontálnej osvetlenosti a jej celkovej rovnomernosti na vozovke vo všetkých meraných pásmach tunela.
- (g) Vyhodnotenie prahového prírastku.
- (h) Vyhodnotenie súčiniteľa jasu vo vybraných úsekoch so symetrickým a protismerným osvetlením.
- (i) Vyhodnotenie priemernej horizontálnej osvetlenosti a jej celkovej rovnomernosti v typizovanom núdzovom zálive.
- (j) Vyhodnotenie priemernej horizontálnej osvetlenosti a jej celkovej rovnomernosti pred prahom núdzového východu.
- (k) Vyhodnotenie priemernej horizontálnej osvetlenosti a jej celkovej rovnomernosti v typizovanom zjazdnom a schodnom prepojení.
- (l) Vyhodnotenie priemernej horizontálnej osvetlenosti a jej celkovej rovnomernosti nechránenej únikovej cesty.
- (m) Vyhodnotenie priemernej horizontálnej osvetlenosti a jej celkovej rovnomernosti na vybranom úseku zásahovej cesty.
- (n) Vyhodnotenie priemernej horizontálnej osvetlenosti a jej celkovej rovnomernosti na vybranom úseku únikovej cesty mimo tunela.

- (o) Vyhodnotenie priemernej horizontálnej osvetlenosti a jej celkovej rovnomernosti vo vybranej SOS kabíne.
- (p) Vyhodnotenie priemernej horizontálnej osvetlenosti a jej celkovej rovnomernosti na pracoviskách.
- (q) Vyhodnotenie napájacieho napätia svetelných obvodov.
- (r) Vyhodnotenie teploty a vlhkosti počas merania osvetlenia.

V protokole o skúške kontrolného merania musia byť vyhodnotené parametre osvetlenia v súlade s článkom 6.3 týchto TP.

7 Minimálne požiadavky a spôsob vykonávania kontroly a údržby osvetlenia cestných tunelov

V rámci údržby osvetlenia treba v prvom rade pravidelne čistiť svietidlá a steny tunela. Cyklus údržby vyplýva z definície udržiavacieho činiteľa a určenia jeho zložiek. Napriek tomu, že efekt čistých stien tunela, ak ide o podiel nepriameho osvetlenia k celkovému osvetleniu povrchu vozovky, môže byť malý, sú želateľné čisté steny, pretože ich vyšší činiteľ odrazu má vplyv na vyšší kontrast jasu, ktorý tiež prispieva k lepšiemu vizuálnemu vedeniu. Čisté steny zvyšujú priemerný jas stien.

Vo väčšine prípadov je pri návrhu osvetľovacej sústavy pre tunely určený udržiavací činiteľ s hodnotou 0,7 čo znamená, že udržiavací jas povrchu vozovky by v tuneli nemal poklesnúť pod hodnotu 0,7 začiatočného jasu novej osvetľovacej sústavy. Aby sa to zabezpečilo, treba nariadiť podľa pokynov plánu údržby čistenie svietidiel a stien tunela. Udržiavací činiteľ v rámci návrhu musí byť určený v zmysle [T21] vrátane všetkých jeho zložiek, ktoré závisia od jednotlivých lehôt čistenia povrchov a svietidiel. Jednotlivé zložky udržiavacieho činiteľa vrátane zvolených intervalov údržby musia byť určené v projektovej dokumentácii tunela.

Udržiavací činiteľ sa vypočíta podľa vzťahu:

$$MF = L_{LMF} \cdot L_{MF} \cdot L_{SF} \cdot R_{SMF} \quad (16)$$

kde:

L_{LMF} je činiteľ starnutia svetelného zdroja,

L_{SF} činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelného zdroja,

L_{MF} činiteľ znečistenia svietidla,

R_{SMF} činiteľ znečistenia povrchov.

Čistenie povrchov stien a svietidiel je vhodné vykonávať súčasne, preto majú byť zložky udržiavacieho činiteľa L_{MF} a R_{SMF} určené tak, aby bolo možné tieto úkony vykonávať súčasne. Typické hodnoty činiteľa znečistenia svietidla uvádza každý výrobca alebo je možné ich odvodiť z publikácie [T21] v závislosti od krytia svietidla. Uvedením svetelných zdrojov a svietidiel do prevádzky nastáva ich znehodnotenie, ktoré závisí od činiteľa starnutia a úmrtnosti svetelných zdrojov. Činiteľ starnutia je podiel svetelného toku svetelného zdroja v danom čase jeho životnosti a začiatočného svetelného toku. Aktuálne údaje činiteľa starnutia svetelného zdroja udáva výrobca. Činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelného zdroja (činiteľ úmrtnosti svetelných zdrojov) je podiel celkového počtu svetelných zdrojov, ktoré zostávajú v prevádzke v danom čase pri určených podmienkach, a početnosti spínania. Výmena svetelných zdrojov sa musí sledovať, aby vyhorené svetelné zdroje/svietidlá nespôsobili pokles udržiavacieho jasu alebo rovnomernosti jasu povrchu vozovky. Pokiaľ k takýmto situáciám dôjde nepredvídateľne (vplyvom poruchy svetelného zdroja, predradného prístroja), je potrebné poruchu čo v najkratšom možnom čase odstrániť.

Meranie a nastavovanie jasomerov a údržba celého systému riadenia a regulácie osvetlenia sa musí vykonávať pravidelne jedenkrát za rok.

O každej údržbe musí byť vyhotovený písomný záznam s uvedeným dátumom údržby a popisom činnosti pri údržbe.

7.1 Mesačné kontroly

Pre bezpečnú prevádzku v tuneli z hľadiska funkčnosti osvetlenia a včasné odstraňovanie vzniknutých porúch je potrebné raz za mesiac vykonávať nasledovné kontroly:

- (a) Vizualna kontrola funkčnosti svietidiel hlavného osvetlenia v tuneli pri 100 % režime.
- (b) Vizualna kontrola funkčnosti všetkých núdzových svietidiel v zapnutom stave.
- (c) Vizualna kontrola všetkých núdzových svietidiel a ostatných zariadení núdzového osvetlenia vo vypnutom stave (čistota, poškodenosť, sčernenie).
- (d) Kontrola funkcie centrálného batériového systému, kontrola chybových hlásení, mimoriadnych stavov.
- (e) Krátko otestovať všetky zariadenia núdzového osvetlenia simuláciou poruchy normálneho napájacieho zdroja osvetlenia. Kontrola, či všetky zariadenia fungujú správne. Po obnovení sieťového napájania skontrolovať všetky indikátory stavu napájania.

O každej kontrole musí byť vyhotovený písomný záznam s uvedeným dátumom kontroly a menom vykonávateľa kontroly.