

MINISTERSTVO DOPRAVY
ODBOR SILNIČNÍ INFRASTRUKTURY

TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ TUNELŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ



Technické podmínky - změna 1

ELTODO EG, a.s., Novodvorská 1010/14, 142 01 Praha

Změna Technických podmínek TP 98 související s optimalizací vybavení a zvýšením bezpečnosti v tunelech pozemních komunikací je dílčím výstupem projektů Ministerstva dopravy ČR č. 1F43A/069/120 „Optimalizace provozu silničních tunelů“ a projektu č. CG711-020-910 „Harmonizace bezpečnosti tunelů pozemních komunikací“ s požadavky „Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/54/ES ze dne 29. dubna 2004 o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely v transevropské silniční síti“ zároveň jsou zohledněny dokumenty PIARC vytvářené pro kongres 2011.

**Změna 1 TP 98 schválena MDS – OSI, č.j. 748/10-910-IPK/1 ze dne 30.8.2010
s účinností od 1. září 2010**

© ELTODO EG, a.s.

2010

Změny a doplňky

Technické podmínky TP 98 – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací schválené MD ČR – OPK dne 28. 8. 2003, s účinností od 1. 10. 2003 se mění v následujících kapitolách takto:

- vkládá se nová kapitola řešící problematiku tunelů kratších než 500 m, vč. přílohy k výpočtu osvětlení
- doplňuje se kapitola o dopravně telematické architektuře tunelů,
- je navržena alternativní metoda pro výpočet osvětlení krátkých tunelů,
- jsou upřesněny některé požadavky na větrání tunelů,
- doplňuje se problematika bezpečnosti o poznatky z návrhu tunelů,
- doplňuje se problematika bezpečnosti o požadavky na měření úsekové rychlosti,
- upřesňuje se kapitola „Zásobování elektrickou energií“.

Forma úprav

Kapitoly technických podmínek TP98/2004 (dále TP98), u nichž dochází k rozsáhlejším změnám, jsou plně nahrazeny novým textem v této změně označené TP98/Z1. Drobnější změny jsou uvedeny vždy v příslušné kapitole, jejíž číslování i název odpovídá TP98.

Použité zkratky

Seznam použitých zkratek v TP98 se doplňuje o tyto zkratky:

CEI IEC	Předpisy Mezinárodní elektrotechnické komise
CEN	Evropská komise pro standardizaci
DSP	Dokumentace pro stavební povolení
DSV	Metoda poměrného výhledu
ETA	Metoda kvantitativní analýzy
LTP	Metoda procentuálního průhledu
NN	Nízké napětí
PBŘ	Požárně bezpečnostní řešení
RPDI	Roční průměrná dopravní intenzita
ŘS	Řídicí systém
RVS	Rakouská technická norma
Sb.	Sbírka zákonů
TA, TB	Bezpečnostní kategorie tunelů
TC, TD	Bezpečnostní kategorie tunelů
TC-H,TD-H	Bezpečnostní kategorie tunelů
UP	Uživatelská potřeba
VN	Vysoké napětí

1. Technologické vybavení tunelu

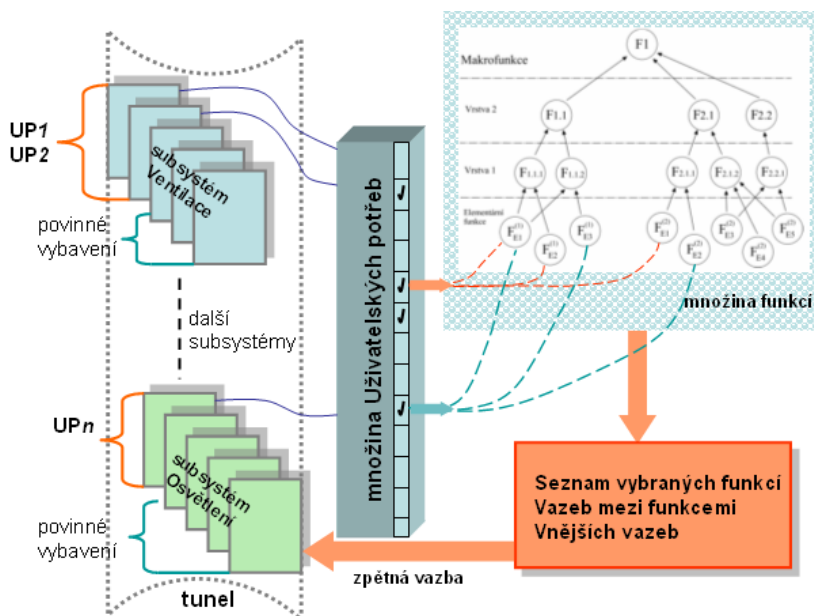
Kap. 1. se doplňuje o podkapitolu 1.5 "Architektura dopravně-telematického systému" takto:

1.5 Architektura dopravně-telematického systému

V rámci zpracování Dokumentace pro stavební povolení se doporučuje zpracovat dokumentaci „Architektura dopravně-telematického systému tunelu“ jako výchozí podklad pro technické vybavení tunelu. Tímto požadavkem se doplňuje kap. 7.6.3.4 „Rozsah DSP tunelových staveb“, lit. [1].

Architektura se skládá minimálně z bloků funkční a informační architektury, která definuje uživateli (investorovi, zadavateli veřejné zakázky apod.), co může a musí od jednotlivých subsystémů očekávat. Jedná se tedy o unifikaci, která je nezávislá na dodavateli a přitom zajišťuje jednotné vlastnosti tunelových systémů na úrovni celé České republiky. Zásady pro zpracování architektury jsou dány evropským projektem FRAME a evropskou standardizační komisí CEN/TC278 dle pracovní skupiny WG13 „Architecture“. Národní architektura tunelových systémů byla zpracována v rámci projektu ministerstva dopravy č. 1F43A/069/120 "Optimalizace provozu silničních tunelů"

Princip přístupu je schematicky znázorněn v Obr. 1-3. Z něho vyplývá, že tunel je rozdělen na n -subsystémů (Osvětlení, Ventilace apod.). Část technologického, dopravního či bezpečnostního vybavení v tunelu musí být povinně, neboť je to dáno normami a technickými podmínkami (v obrázku označeno „povinné vybavení“). Příkladem může být akomodační osvětlení nebo pozice a výkony ventilátorů. Pro jejich návrh platí přesné metodické návody. V tunelu může být dále vybavení, které není jednoznačně požadováno, ale je doporučováno nebo se osvědčilo v jiných tunelech. Toto vybavení, které požaduje uživatel (investor, budoucí provozovatel, zpracovatel požárně bezpečnostního řešení, pověřená osoba, složky IZS apod.), je označeno jako Uživatelská potřeba *UP*.



Obr. 1-3: Schematické znázornění tvorby architektury

Uživatel má možnost z nabídky *UP* („Měření úsekové rychlosti“, „Měření vzdálenosti mezi vozidly“, „Identifikace dopravních excesů“ atd.) vybrat právě ty, které mu pomohou řešit daný problém. V rámci architektury je pro každou *UP* definována hierarchie funkcí: od nejvyšší makrofunkce, která definuje globální potřebu „Měření úsekové rychlosti“, až po

elementární funkce detailně popisující danou *UP*. „Rozpoznávání registrační značky“, „Přenos hodnoty do ...“ apod.

Prvním dílčím výstupem dokumentace je **seznam všech funkcí** všech zvolených uživatelských potřeb. V dalším kroku se definují všechny vazby mezi funkcemi *UP*, mezi funkcemi tunelu a vnější vazby. Jedná se o **popisy informačních toků** mezi „novými“ i „původními“ zařízeními tunelu. Tím je zabezpečena integrace ve smyslu TP 98, kap. 1.2 „Tunel jako telematický systém“.

Na základě dokumentace „Architektura dopravně telematického systému tunelu“ je následně zpracována dokumentace pro všechny subsystémy technického vybavení tunelu.

2. Kategorizace tunelů z hlediska bezpečnostního vybavení

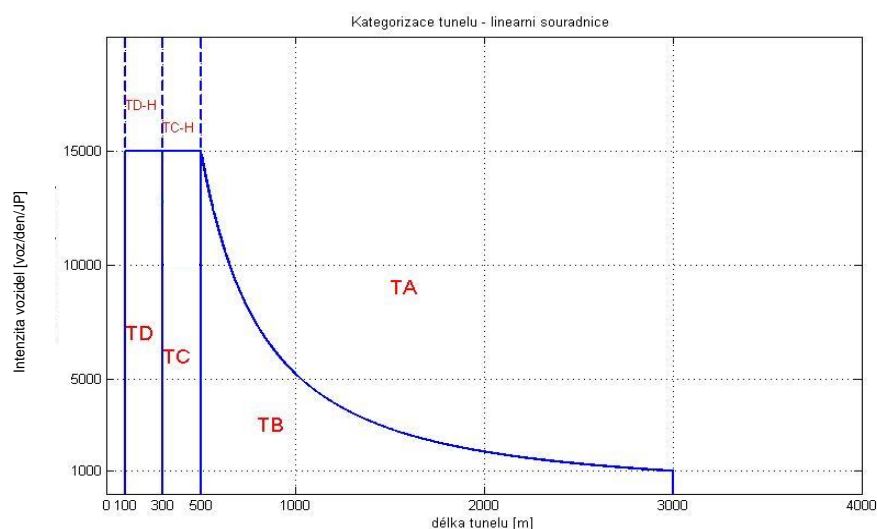
Kap. 2 TP98 se nahrazuje touto kapitolou následujícího znění v plné míře:

2.1 Zařazení tunelů do kategorií

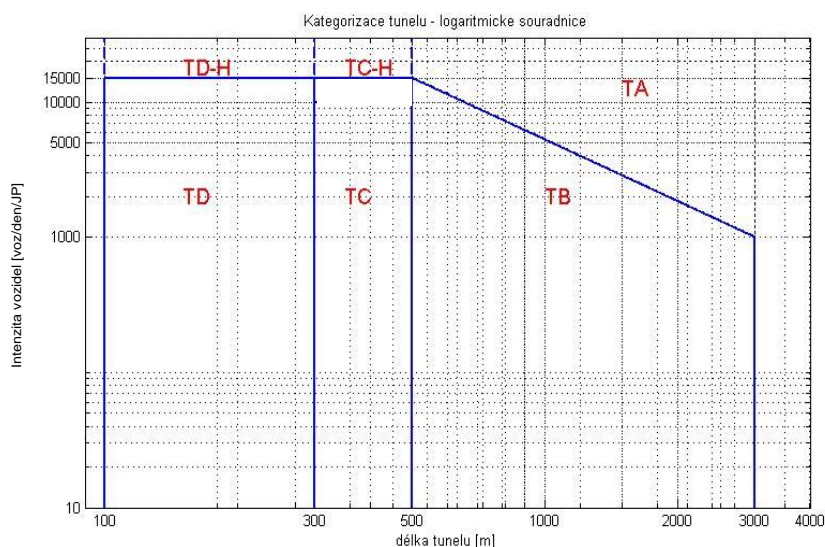
V ČSN 73 7507 se tunely dělí dle stavební délky a charakteru provozu na pozemních komunikacích. Toto dělení ale **nemá přímou souvislost s technologickým vybavením** tunelu. To je dáno u souborů dle kap. 1.4 (TP98/2004) příslušnými technickými, hygienickými a dopravními předpisy s respektováním ekonomických možností.

Bezpečnostní standard, kap. 1.4 (TP98/2004), kterému musí tunel vyhovovat, se určí na základě **rozdělení tunelů z hlediska shodné kategorie bezpečnosti**. Tyto kategorie jsou dány přibližně stejnou mírou bezpečnosti danou podílem počtu nehod na počet vozidel a ujetou vzdálenost, což je ověřováno dlouhodobými statistickými měřeními. Za tohoto předpokladu mají tunely všech níže uvedených kategorií přibližně shodný stupeň bezpečnosti.

Typ použitého technologického bezpečnostního vybavení je dán délkou tunelu a ročním průměrem denních intenzit dopravy ekvivalentních vozidel (RPDI) vztažených na jeden jízdní pruh (JP). Tunely jsou rozděleny z hlediska bezpečnosti do čtyř kategorií - TA, TB, TC a TD a dvou podkategorií TC-H a TD-H podle Obr. 2.1a, Obr. 2.1b.



Obr. 2-1a: Kategorizace tunelů z hlediska bezpečnostního vybavení (lineární měřítko)



Obr. 2-1b: Kategorizace tunelů z hlediska bezpečnostního vybavení (logaritmické měřítko)

Komentář ke grafu:

- Pro intenzity dopravy *RPDI* nižší než 1000 vozidel/den a *JP* se kategorizují tunely pouze podle délky:

Kategorie	TD	TC	TB	TA
Délka [m]	100-300	300-500	500-3 000	3 000-10 000

- Pro rozsah intenzit *RPDI* 1 000 – 15 000 vozidel/den na *JP* se koriguje kategorie tunelu při dané délce v závislosti na intenzitě dopravy. Hraniční přímka v obr. 2-1 vyjadřuje nelineární závislost mocninné funkce se záporným regresním koeficientem *B* tvaru

$$q = A \cdot l^B$$

kde q ... intenzita dopravy *RPDI* [vozidel/den a *JP*]
 l ... délka tunelu [m]
 A, B ... regresní koeficienty mocninné řady

- Pro intenzity dopravy *RPDI* vyšší než 15 000 voz/den a *JP* se kategorizují tunely opět pouze podle délky:

Kategorie	TD-H	TC-H	TA
Délka [m]	100-300	300-500	500-10 000

Hodnoty intenzity dopravy respektující skladbu dopravního proudu se uvádějí v ekvivalentních vozidlech. Převodní koeficienty pro jednotlivé druhy vozidel jsou:

- osobní automobil ... 1,0
- motocykl ... 0,5
- nákladní automobil, autobus ... 1,7
- přívěsy a návěsové soupravy ... 2,5

Diagram na Obr 2.1a/b je platný pro tunelovou troubu s jedním nebo dvěma pruhy v dopravním pásu a příslušnou intenzitu dopravy. Tunel se třemi nebo více pruhy v jednom dopravním pásu je vždy navrhován v kategorii TA, resp. u krátkých tunelů v kategorii TD-H či TC-H. Dále se tunel zařazuje o kategorii výše v případě **připojování nebo odbočování vozidel** v tunelové troubě, pokud RPDÍ leží v tolerančním poli 15% od hraniční přímký. Kategorie se dále zvažuje individuálně, např. v případě, že nelze očekávat vysokou účinnost podélné ventilace díky směrovým obloukům v tunelu, podstatný vliv má i hodnota padesátirázové intenzity dopravy¹.

Vzhledem k návrhovému období pro bezpečnostní technologické vybavení tunelu, které je patnáct let, je hodnota intenzity pro zařazení tunelu do bezpečnostních kategorií přepočítávána pomocí predikčních koeficientů růstu automobilové dopravy na toto období.

Na základě zařazení tunelu do určité kategorie se tunel vybavuje povinně technickými prostředky nebo jsou tyto prostředky doporučeny, viz kap. VI. TP98/2004 pro kategorie TA až TC a dále čl. 2.2 TP98/Z1 pro krátké tunely kategorie TD, TD-H, TC, TC-H.

Jednoznačným trendem je vzít při návrhu do úvahy všechny možné okolnosti, které mohou mít vliv na bezpečnost provozu a navrhovat vybavení tunelu tak, aby byla bezpečnost pro účastníky dopravy na prvním místě.

2.1.1 Zařazování tunelů do kategorií v oblasti hraničních přímek

Zatímco délka tunelu je známa přesně, neurčitost do rozhodování o zařazení do kategorií přináší prognózovaná roční intenzita dopravy ekvivalentních vozidel díky:

- a) obtížnému stanovení reálné hodnoty intenzit dopravy v době otevření tunelu pro provoz
- b) nepřesnost predikčních koeficientů vývoje dopravy na 15 let

Tuto nepřesnost, resp. možnou manipulaci s predikcí dopravy, je nutné omezit na nejvyšší míru v oblasti hraničních přímek mezi kategoriemi TD a TD-H; TC a TC-H a mezi TB a TA. Zde je vhodné definovat hraniční oblast, která leží $\pm 15\%$ od hraniční přímký. Hodnota 15% je zvolena s ohledem na možnou nepřesnost² odhadovaného vývoje dopravy. Pokud prognózovaný RPDÍ spadá do tolerančního pásma $\pm 15\%$ okolo hraničních přímek, je nutné rozhodovat o příslušnost tunelu k dané kategorii:

1. Na základě kvalitativní analýzy
 - s pomocným kritériem dle Tab. 2-1.
2. Na základě kvantitativní analýzy rizik.

¹ TP189 „Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích“

² Dopravní odborník by měl být schopen predikovat dopravu s menšími odchylkami, než odpovídá tomuto pásmu.

Pomocný parametr	Hodnota	Příslušnost ke kategorii	
		vyšší	nižší
Přesáhnutá hodnota 50-rázové intenzity	ano	++	
Podélný sklon	$\geq 2,5\%$	+	
Poloměr oblouků	< 400 m	+	
Počet jízdních pruhů	≥ 3	+	
Šířka jízdních pruhů	$> 3,5$		+
Odbočovací/připojovací jízdní pruhy v tunelu		+	
Připojení na 24 h dispečink			+
Podíl nákladních vozidel	$< 15\%$		+
Nadmořská výška	< 400 m		+
Přítomnost křižovatky v blízkosti tunelu	< 300 m	+	

Tab. 2-1: Pomocné parametry pro zařazování tunelu do kategorií

Doporučená metoda pro kvalitativní analýzu rizik je metoda SAFMEA, pro kvantitativní analýzu metoda ETA, viz lit. [2].

2.2 Specifikace technologického vybavení krátkých tunelů

2.2.1 Tunely a podjezdy do délky 100 metrů

Pro tunely a podjezdy do délky 100 m v zásadě platí mostní norma ČSN 73 6201. Tyto tunely a podjezdy nejsou vybavovány řídicím ani bezpečnostním systémem, pokud to nevyplývá z dopravního řešení širší dopravní oblasti či z jiných odůvodněných požadavků analýzy rizik.

Tunely a podjezdy jsou vybavovány na základě grafu na Obr. 3-4a: Kriteria pro vybavení tunelu z hlediska dopravního značení a zařízení těchto TP dopravním značením dle „Minimálního vybavení pro krátké tunely“ (TP98/2004), včetně informativní značky označující tunel.

Tunely a podjezdy jsou vybavovány osvětlovací soustavou ve shodě s grafem na Obr. 4-3: Algoritmus pro určení osvětlení krátkých tunelů.

Další bezpečnostní zařízení nejsou instalována, viz Tab. 6-1a: Upravená Tab.6 - 1 z TP 98 „Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu“.

2.2.2 Málo zatížené krátké tunely do 300 metrů délky: TD

Ve smyslu normy ČSN 73 7507 „Projektování tunelů pozemních komunikací“ patří do kategorie **málo zatížených krátkých** tunelů ty, jejichž délka je menší než 300 m a roční průměrná intenzita dopravy je nižší než 15 000 ekvivalentních vozidel za den a jízdní pruh. Tato změna kapitoly 2.1 TP 98/2004 definuje požadavky na technologické, dopravní a bezpečnostní vybavení tunelů této kategorie, které jsou ale delší než 100 m.

2.2.2.1. Dopravní systém

Krátké tunely kategorie TD jsou vybavovány na základě grafu na Obr. 3-4a: Kriteria pro vybavení tunelu z hlediska dopravního značení a zařízení těchto TP dopravním značením dle „Minimálního vybavení pro krátké tunely“ (TP98/2004) svislými dopravními značkami.

V případě tunelů propojených na nadřazený management dopravy vyžadující měnit dopravu v jízdních pružích, jsou krátké tunely kategorie TD vybaveny ve smyslu dopravního řešení i dalšími zařízeními, jako jsou světelné signály pro jízdu v pružích, případně zařízením pro provozní informace, resp. aktivními reflexními elementy pro přesměrování jízdy v pružích.

2.2.2.2. Osvětlení tunelu

Normální osvětlení se projektuje dle zásad v Obr. 4-3: Algoritmus pro určení osvětlení krátkých tunelů“.

Náhradní osvětlení: náhradní osvětlení není v tunelech této kategorie instalováno.

2.2.2.3. Větrání tunelu

Krátké tunely kategorie TD se nevybavují provozní ani požární ventilací. Tunely se na základě kvantitativní analýzy rizik vybavují požární ventilací pro směrování kouře pouze pokud jsou únikové východy ve větší vzdálenosti než 250 m nebo v případě, že tak vyplývá z PBŘ konkrétní stavby.

Při vyšších intenzitách dopravy a při předpokladu tvorby kongescí v tunelu je v odůvodněných případech možné tyto tunely vybavit provozní ventilací.

2.2.2.4. Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky

Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky tunelu kategorie TD odpovídá Tab. 6-1a: Upravená Tab. 6 - 1 z TP 98 „Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu“, ze které vyplývá, jaká zařízení je povinné v tunelu instalovat nebo která jsou doporučena.

2.2.2.5. Zásobování elektrickou energií

Pro krátké tunely kategorie TD se připouští napájení elektrickou energií ve stupni 2, viz. TP98, kap. 11.3.2. Vybrané elektrické spotřebiče, jmenované v 11.4.2., jsou v tomto případě napájeny z vlastních zdrojů. Dobu napájení vybraných spotřebičů z vlastních zdrojů stanoví PBŘ.

2.2.3 Vysoce zatížené krátké tunely do 300 metrů délky: TD-H

Hledisko intenzity je nutné brát v potaz u krátkých tunelů pouze u vysoce dopravně exponovaných, obvykle městských tunelů, které jsou charakterizovány ročním průměrem denní intenzity ekvivalentních vozidel v jednom jízdním pruhu přepočítaným na dobu 15 let vyšším než 15 000.

2.2.3.1. Dopravní systém

Vysoce dopravně zatížené krátké tunely do 300 metrů se vybavují „Základním vybavením“ dle TP98/2004 .

V případě tunelů propojených na nadřazený management dopravy vyžadující měnit dopravu v jízdních pružích jsou krátké tunely kategorie TD-H vybaveny ve smyslu dopravního řešení i dalšími zařízeními, jako jsou světelné signály pro jízdu v pružích, případně zařízením pro provozní informace, resp. aktivními reflexními elementy pro přesměrování jízdy v pružích.

2.2.3.2. Osvětlení tunelu

Normální osvětlení se projektuje dle zásad v Obr. 4-3: Algoritmus pro určení osvětlení krátkých tunelů.

Náhradní osvětlení: náhradní osvětlení není v tunelech této kategorie instalováno.

2.2.3.3. Větrání tunelu

Krátké tunely kategorie TD-H se nevybavují provozní ani požární ventilací. Tunely se na základě kvantitativní analýzy rizik vybavují požární ventilací pro směřování kouře, pouze pokud jsou únikové východy ve větší vzdálenosti než 250 m nebo v případě, že tak vyplývá z PBŘ konkrétní stavby.

Při vysokých intenzitách dopravy a při předpokladu tvorby kongescí v tunelu je v odůvodněných případech možné tyto tunely provozní ventilací vybavit.

2.2.3.4. Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky

Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky tunelu kategorie TD-H odpovídá Tab. 6-1a: Upravená Tab.6 - 1 z TP 98 „Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu“, ze které vyplývá, jaká zařízení je povinné v tunelu instalovat nebo která jsou doporučena.

2.2.3.5. Zásobování elektrickou energií

Pro krátké tunely kategorie TD-H se připouští napájení elektrickou energií ve stupni 2, viz TP98/2004, kap. 11.3.2. Vybrané elektrické spotřebiče, jmenované v 11.4.2., jsou v tomto případě napájeny z vlastních zdrojů. Dobu napájení vybraných spotřebičů z vlastních zdrojů stanoví PBŘ.

2.2.4 Tunely kategorie TC

Tunely této kategorie mají délku mezi 300 a 500 metry a tvoří je **málo zatížené tunely**, které jsou charakterizovány ročním průměrem denní intenzity ekvivalentních vozidel v jednom jízdním pruhu přepočítaným na dobu 15 let nižším než 15 000.

2.2.4.1. Dopravní systém

Tyto tunely se vybavují dopravním zařízením dle grafu na Obr. 3-4a: Kriteria pro vybavení tunelu z hlediska dopravního značení a zařízení.

V případě tunelů propojených na nadřazený management dopravy vyžadující měnit dopravu v jízdních pruzích jsou krátké tunely kategorie TC vybaveny ve smyslu dopravního řešení i dalšími zařízeními, jako jsou světelné signály pro jízdu v pruzích, případně zařízením pro provozní informace, resp. aktivními reflexními elementy pro přesměrování jízdy v pruzích.

2.2.4.2. Osvětlení tunelu

Normální osvětlení se projektuje dle zásad v Obr. 4-3: Algoritmus pro určení osvětlení krátkých tunelů.

Náhradní osvětlení: náhradní osvětlení není v tunelech této kategorie instalováno.

2.2.4.3. Větrání tunelu

Krátké tunely kategorie TC se nevybavují provozní ani požární ventilací. Tunely se na základě kvantitativní analýzy rizik vybavují požární ventilací pro směřování kouře, pouze pokud jsou únikové východy ve větší vzdálenosti než 250 m nebo v případě, že je tak vyplývá z PBŘ konkrétní stavby.

Při vysokých intenzitách dopravy a při předpokladu tvorby kongescí v tunelu je v odůvodněných případech možné tyto tunely provozní ventilací vybavit.

2.2.4.4. Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky

Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky tunelu kategorie TC odpovídá Tab. 6-1a: Upravená Tab.6 - 1 z TP 98 „Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu“, ze které vyplývá, jaká zařízení je povinné v tunelu instalovat nebo která jsou doporučena.

2.2.4.5. Zásobování elektrickou energií

Pro krátké tunely kategorie TC se připouští napájení elektrickou energií ve stupni 2, viz. TP98, kap. 11.3.2. Vybrané elektrické spotřebiče, jmenované v 11.4.2., jsou v tomto případě napájeny z vlastních zdrojů. Dobu napájení vybraných spotřebičů z vlastních zdrojů stanoví PBŘ.

2.2.5 Vysoce zatížené tunely TC-H

Vysoce dopravně exponované, obvykle městské tunely. Tyto tunely jsou charakterizovány ročním průměrem denní intenzity ekvivalentních vozidel v jednom jízdním pruhu přepočítaným na dobu 15 let vyšším než 15 000.

2.2.5.1 Dopravní systém

Tyto tunely se vybavují dopravním zařízením dle grafu na Obr. 3-4a: Kriteria pro vybavení tunelu z hlediska dopravního značení a zařízení.

2.2.5.2 Osvětlení tunelu

Normální osvětlení se projektuje dle zásad v Obr. 4-3: Algoritmus pro určení osvětlení krátkých tunelů.

Náhradní osvětlení: náhradní osvětlení není v tunelech této kategorie instalováno.

2.2.5.3 Větrání tunelu

Tyto tunely se v zásadě nevybavují provozní ani požární ventilací. Tunely kategorie TC-H se na základě kvantitativní analýzy rizik vybavují požární ventilací pro směřování kouře pouze pokud jsou únikové východy ve větší vzdálenosti než 250 m nebo v případě, že tak vyplývá z PBŘ konkrétní stavby.

Při vysokých intenzitách dopravy a při předpokladu tvorby kongescí v tunelu je v odůvodněných případech možné tyto tunely provozní ventilací vybavit.

2.2.5.4 Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky

Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební prvky tunelu kategorie TC-H odpovídá Tab. 6-1a: Upravená Tab.6 - 1 z TP 98 „Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu“, ze které vyplývá, jaká zařízení je povinné v tunelu instalovat nebo která jsou doporučena.

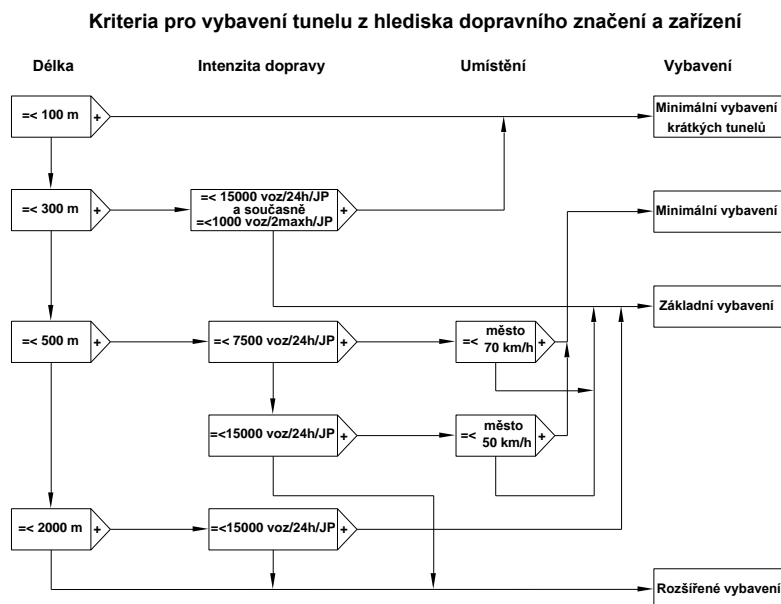
2.2.5.5 Zásobování elektrickou energií

Pro krátké tunely kategorie TC-H se připouští napájení elektrickou energií ve stupni 2, viz. TP98, kap. 11.3.2. Vybrané elektrické spotřebiče, jmenované v 11.4.2., jsou v tomto případě napájeny z vlastních zdrojů. Dobu napájení vybraných spotřebičů z vlastních zdrojů stanoví PBŘ.

3. Dopravní systém

V kap. III TP98/2004 dochází k následujícím změnám:

- Stávající Obr. 3-4 je nahrazen Obr. 3-4a: Kriteria pro vybavení tunelu z hlediska dopravního značení a zařízení tohoto dokumentu.



Obr. 3-4a: Kriteria pro vybavení tunelu z hlediska dopravního značení a zařízení

- V kap. 3.2.3.1 se 1. věta v podkapitole „Minimální vybavení krátkých tunelů“ mění:

Minimální vybavení je obvykle navrhováno pro tunely do **300 m** délky a roční průměrná intenzita dopravy je nižší než **15 000** ekvivalentních vozidel za den a jízdní pruh.

- V kap. 3.2.3.2 se 1. věta mění na:

Základní vybavení tunelu se projektuje u tunelů kategorie TD-H, TC a TB, s přihlédnutím k Obr. 3-4a: Kriteria pro vybavení tunelu z hlediska dopravního značení a zařízení z TP98/Z1.

- V kap. 3.2.5.1 se před 1. odstavcem vkládá nová věta a 2. věta 1. odstavce se mění. Celý odstavce pak zní takto:

Z hlediska napájení patří světelné signály do dopravního systému (kap. 11.3.1). U tunelů všech bezpečnostních kategorií se světelné signály dvojbarevné soustavy (Stůj!/Pozor!) s plnými signály umísťují u portálů na vjezdu do tunelu. V odůvodněných případech je možné signály vypustit u tunelů kategorie TD a u kategorie TC s minimálním vybavením (Obr. 3-5). Tunely kategorie TA a TB mají světelné signály i v tunelových troubách ve vzdálenosti zpravidla nepřesahující 500 m. Návěstidla průměru 300 mm (ve výjimečných a odůvodněných případech v tunelu 200 mm) jsou umístěna v tunelu s jednosměrným provozem po obou stranách tunelové trouby, dále na portálu nebo těsně před ním. Pro jejich zvýraznění je mimo tunel vhodné použít kontrastní rám. V případě dopadu přímého slunečního světla je nutné použít antifantomové provedení návěstidla.

- Nadpis kapitoly 3.2.7.1 se mění na „**3.2.7.1 Reflexní a světelné elementy**“ a je doplněn jeden odstavec:

V tunelech se povinně používají:

- ❑ Dopravní knoflíky bílé barvy pro doplnění podélné čáry přerušované. Jsou umístěny ve středu mezer v ose čáry.
- ❑ Dopravní knoflíky bílé barvy pro doplnění vodící čáry. Jsou umístěny ze strany jízdního pruhu, a to v poloviční vzdálenosti oproti knoflíkům umístěným na podélné čáře přerušované.
- ❑ Dopravní knoflíky zelené barvy pro doplnění podélné čáry přerušované oddělující průběžný pruh od odbočovacího nebo připojovacího v oblasti průpletového úseku.
- ❑ Směrovací nebo vodící desky se instalují při omezení dopravy (např. při práci v tunelu) pro doplnění podélné čáry souvislé oddělující protisměrné jízdní pruhy.
- ❑ U tunelů kategorie TA a TB jsou povinně instalovány trvale svítící dopravní knoflíky pro vyznačení okrajů chodníků. Tyto knoflíky mají z obou stran světelné zdroje bílé barvy.

4. Osvětlení tunelu

- Kap. IV TP98/2004. odstavec 4. 2. se nahrazuje takto:

V tunelu se instaluje normální osvětlení v závislosti na jejich délce. Tunely a podjezdy kratší než 25 m není třeba osvětlit speciálním umělým denním osvětlením. Posouzení nutnosti umělého denního osvětlení tunelu a podjezdu se provádí v rozmezí délky 25 m až 200 m a je řešeno v samostatné kapitole 4.15 „Osvětlení krátkého tunelu“ a v Příl. C těchto technických podmínek. Tunely delší než 200 m se osvětlují vždy a doporučuje se je osvětlit jako dlouhý tunel, přičemž v krátkých tunelech se neinstaluje náhradní osvětlení.

- Do kap. IV TP98/2004. se vkládá kapitola 4.15, která zní takto:

4.15 Osvětlení krátkého tunelu

Problematika osvětlení krátkého tunelu je řešena v TP98/2004 pomocí multikriteriální analýzy, která je základním posuzovacím vodítkem pro nutnost vybavení krátkého tunelu denním osvětlením. V této změně technických podmínek je původní metodika doplněna o zpřesňující výpočtové metody, které vyhodnocují průhled tunelem na základě geometrie tunelu, jeho zakřivení, vnikání denního světla a velikosti délky rozhledu pro zastavení. Jedná se o dvě principiálně obdobné metody výpočtu, tzv. „Poměrný výhled“ a „Procentuální průhled“, které lze využít v závislosti na kvantitě a kvalitě získaných vstupních parametrů.

Samotný návrh osvětlení krátkého tunelu vychází v TP98/2004 z koncepce pro dlouhý tunel, tzn., že se vychází z úrovně jasu v prahovém pásmu, který má zajistit odpovídající adaptační stav zraku. V navrhované změně je uveden i koncept, který je založen na zvýšeném kontrastu jasu pozadí a jasu překážky, tzn., že se v tunelu vytváří tzv. „světelné louže“.

Při aplikaci uvedených metodik osvětlení krátkého tunelu je nutné zvážit bezpečnostní rizika v daném tunelu a energetickou náročnost navržených řešení.

4.15.1 Umělé denní osvětlení krátkého tunelu

Obecně lze stanovit, že tunely kratší než 25 m není třeba osvětlit speciálním umělým denním osvětlením. Posouzení nutnosti umělého denního osvětlení tunelu se provádí pro tunely v rozmezí délky 25 m až 200 m. V zásadě se uplatňují dva přístupy – multikriteriální analýza a vyhodnocení průhledu tunelem. Metodiky jsou si svým přístupem blízké, neboť vždy je hlavním kritériem schopnost řidiče vidět skrze tunel.

V krátkých tunelech se zrak řidiče většinou nestačí adaptovat na nízkou úroveň jasu tmavého rámce, protože se v jeho zorném poli nachází i celý výjezd nebo jeho část s vysokým jasnem. Současně se při vyšší intenzitě dopravy zvyšuje riziko zaclonění světlého pozadí nákladnými vozidly v případě, že v tunelu není instalováno osvětlení. Proto čím je větší kontrast jasů mezi překážkou uvnitř tunelu a vozovkou, tím lepší je jeho viditelnost. Kontrast jasů závisí na odrazových vlastnostech překážky, povrchu vozovky a stěn tunelu a na druhu použité osvětlovací soustavy. Poměrně vysoké hodnoty kontrastu jasů zajišťuje protisměrné osvětlení (CBL – Counter Beam Lighting).

Rozhodujícím rizikovým faktorem silničního provozu v tunelu je pak samotná činnost řidičů. Tento faktor je možné omezit dovolenou rychlostí vozidel v tunelu, vyznačenou dopravními značkami. Tato rychlost nesmí překročit návrhovou rychlost, které odpovídá délka rozhledu pro zastavení, při níž má osvětlení tunelu zajistit porovnatelnou viditelnost na komunikaci před tunelem i uvnitř tunelu.

Pokud nelze zajistit dostatečná data o geometrii tunelu a jeho okolí, tak se k „informativnímu“ posouzení nutnosti vybavit tunel umělým denním osvětlením tunelu využívá multikriteriální analýza, která hodnotí, zda je ze vzdálenosti rovné délce rozhledu pro zastavení vidět celý výjezd, dále vnikání denního světla do tunelu, odraznost stěn a hustotu dopravy. Při splnění vhodných podmínek nemusí být tunel osvětlen až do délky 75 m. Delší tunel je doporučeno osvětlit alespoň na 50% úrovně osvětlení prahového pásma pro dlouhý tunel. Tunel delší než 125 m se doporučuje osvětlit jmenovitou úrovní osvětlení pro prahové pásmo dlouhého tunelu.

Pro detailnější posouzení nutnosti vybavit tunel umělým denním osvětlením se využívá grafické metody „procentuálního průhledu LTP“ nebo náročnější metoda „poměrného výhledu DSP“ které jsou založeny na poměru viditelného výjezdu a viditelného vjezdu a závisí na:

- geometrických parametrech tunelu jako je šířka, výška a délka,
- horizontálním a vertikálním zakřivení tunelu,
- délce rozhledu pro zastavení,
- vlivu přirozeného denního světla na osvětlení vjezdu a výjezdu portálu.

Při využití jedné z metod pro detailní posouzení nutnosti umělého denního osvětlení v tunelu může často nastat situace, kdy tunel, který by dle multikriteriálního hodnocení měl být osvětlen, nemusí být osvětlen vůbec. Doporučuje se proto v případech, kdy je to možné, provést grafické posouzení viditelnosti skrze tunel. Perspektivní znázornění může vycházet z výkresů tunelu nebo fotografií existujícího tunelu. V některých případech se perspektivní výkres nedá snadno vytvořit, obzvláště když je tunel svisle i vodorovně zakřiven. V těchto případech je dostatečně přesné, když se rozměry tmavého rámu odvodí z půdorysu a svislého řezu. Detailnější rozbor grafických metod je uveden v Příloze C.

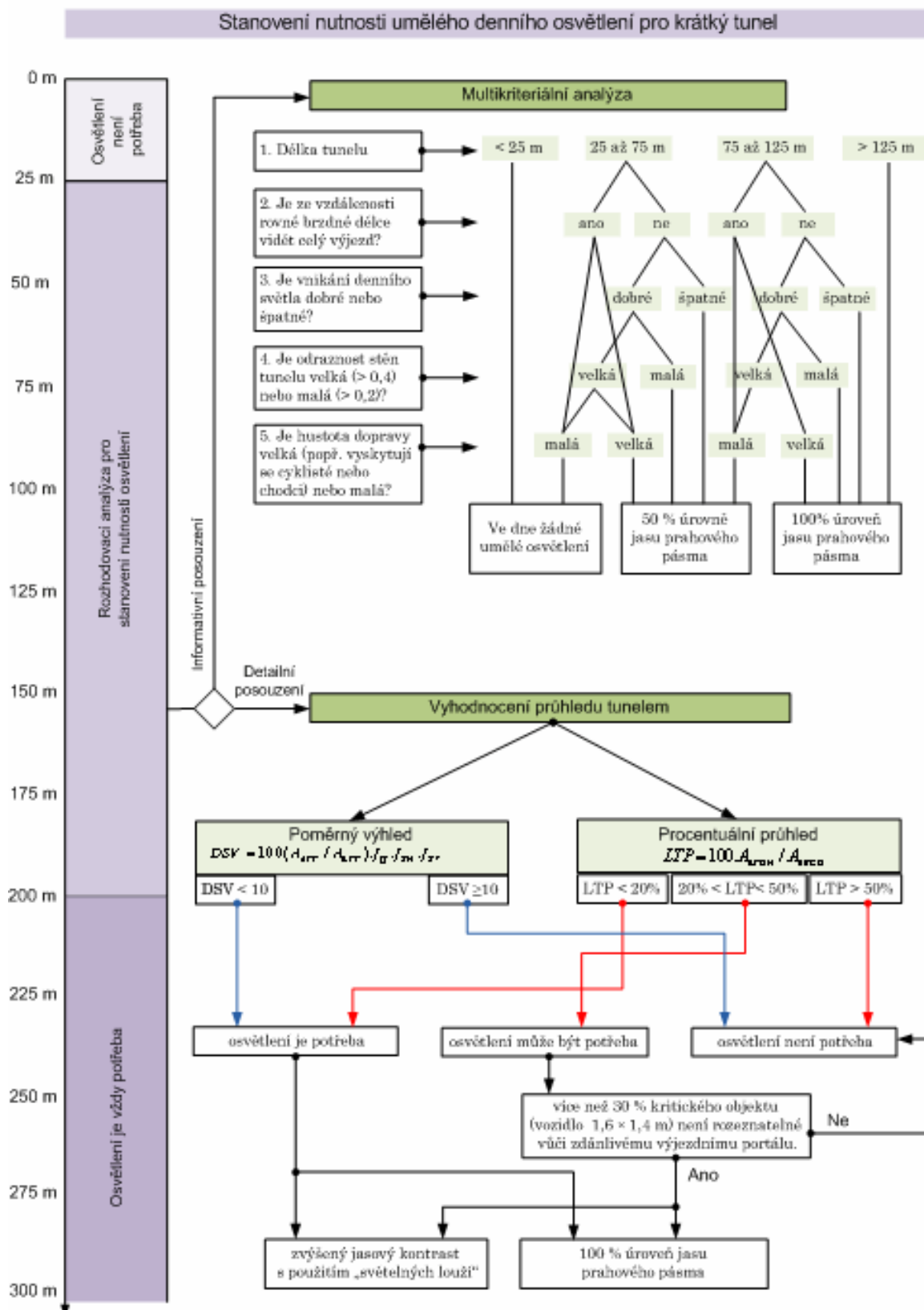
Samotný návrh osvětlení tunelu je pak možné rozdělit do dvou koncepcí. První koncepce přistupuje k návrhu osvětlení stejně, jako je tomu pro dlouhý tunel tzn., že se pomocí adaptačních pásem snaží zajistit odpovídající adaptační stav zraku. Ve druhé koncepci se nevyužívá adaptačních pásem v tunelu k úplné adaptaci zraku. Překážky, které se vyskytují v tunelu, je možno vidět jako tmavé objekty na světlejším pozadí. Obě koncepce jsou alternativně uvedeny v Příloze C.

Při návrhu platí, že je vhodné použít a porovnat obě metody a pro osvětlení krátkých tunelů zvolit vhodný kompromis.

Na Obr. 4-3: Algoritmus pro určení osvětlení krátkých tunelů“ je v horní polovině uvedena metoda pro návrh osvětlení krátkých tunelů popsaná v Příl. A „Metodika návrhu osvětlení ve dne“ v TP98/2004. Nový návrh osvětlení založený na hodnocení průhledu tunelem je v Příl. C těchto TP.

Další úpravy TP98/2004:

- v Příloze A, v kap. A 3.2.1 se v 1. větě posledního odstavce nahrazuje stávající odkaz „tab. A3-3“ odkazem na Obr. 4-3 TP98/Z1.
- v Příloze A se ruší Tab. A 3-3 i s poznámkami k tab. A 3-3.



Obr. 4-3: Algoritmus pro určení osvětlení krátkých tunelů
 (brzdná délka=délce rozhledu pro zastavení)

5. Větrání tunelu

- V kap. 5.3.3 „Řízení ventilace v případě požáru“ se podkapitola „Příčné a polopříčné větrání“ nahrazuje textem:

Výpočet množství odsávaného vzduchu závisí na velikosti kritické rychlosti proudění v tunelu, při kterém nenastává zpětné proudění kouřových zplodin hoření v tunelu, viz následující tabulku, převzatou pro informaci z lit. [8]. Skutečné výpočetní hodnoty závisí na řadě okrajových podmínek.

Kritická rychlost podélného proudění v tunelu v_{krit} [m/s]		
Podélný sklon tunelové trouby [%]	Tepelný výkon požáru (MW)	
	30 MW	50 MW
do 2	2,4	2,7
2 - 3	2,6	2,9
nad 3	2,8	3,1

kde

$$Q_{ods} = (v + v_{krit}) \cdot A_{tunelu} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

v_{krit} ... kritická rychlost podélného proudění před odvodem vzduchu [m/s]

v ... rychlost podélného proudění v tunelu za odvodem vzduchu [m/s]

A_{tunelu} ... příčný průřez tunelové trouby [m²]

Prívod vzduchu přes stropní štěrbiny se odstaví. V místě požáru se otevřou odsávací požární klapky v rozteči cca 50 až 100 m, minimálně 3 ks. Odsávací rychlost v klapce 12-15 m/s. Ostatní klapky se uzavřou.

Během nejkratšího času musí být k dispozici celá odsávací kapacita vzduchotechnického zařízení. Toto předpokládá, že je místo požáru identifikováno okamžitě po jeho vzniku pomocí automatického hlásiče požáru. Pro různé varianty požárních scénářů je nutno implementovat do řídicího systému zvláštní požární programy, které se aktivují automaticky a vykonávají předem dané funkce. V žádném případě nesmí být větrání odpojeno před příjezdem jednotek PO. Velitel zásahu musí mít možnost ovládat ventilační zařízení přímo z dispečerského pracoviště dálkově manuálně.

- V kap. 5.3.4 „Ochranná opatření“ se nahrazují úvodní odstavce textem:

Teplý kouř se rozšiřuje rychlostí několika metrů za sekundu jako několik metrů tlustá vrstva podél tunelového stropu a to jedno nebo oboustranně od místa požáru, v závislosti na směru a síle proudění vzduchu. Nad povrchem jízdní dráhy se může udržovat během prvních 5 až 10 minut po vypuknutí požáru čistá vzduchová vrstva. Po této době se, hlavně ve větších vzdálenostech od ohniska požáru, vzdálenost kouřové vrstvy od vozovky snižuje díky chladnutí kouře a díky směšování s proudícím vzduchem k ohnisku požáru. Po vypuknutí požáru jsou proto uvedeny do činnosti následující akce:

① Odsávání kouře

Kouř je v počáteční fázi odstranitelný z jízdního prostoru. K tomu slouží bodové odsávání pokud možno u stropu tunelu, po celé jeho šíři s odsávací kapacitou podle výpočtu 5.3.3 v případě příčného nebo polopříčného větrání. Při podélném větrání zajišťují ventilátory odvod kouře v daném směru.

② Větrání záchranných cest

Systém větrání záchranných cest musí být navržen tak, aby zajišťoval v případě nouzového režimu přetlak v záchranných cestách a šachtách oproti tunelové troubě v hodnotách od 30 Pa do 50 Pa v případě uzavřených dveří. Po otevření dveří ústících do záchranné cesty (např. u tunelových propojek – otevření dveří ústících do požárem zasažené tunelové trouby a

současně otevření dveří ústících do požárem nezasažené tunelové trouby, u záchranných šachet – otevření dveří ústících do požárem zasažené tunelové trouby a současně otevření všech dveří ve směru úniku osob na volné prostranství) je potřebné zajistit rychlost proudění v profilu těchto dveří $0,6 - 0,8 \text{ m.s}^{-1}$ z důvodu zamezení vniknutí kouřových zplodin. Záchranné cesty je nutné řádně označit.

Systém větrání záchranné cesty a šachty musí být při prostupu požárně dělicími konstrukcemi vybaven požárními klapkami v provedení EI 90 – S_m, ovládanými automaticky od ŘS. Požární odolnost zařízení systémů větrání záchranných cest závisí na stupni požární bezpečnosti posuzovaných požárních úseků. Místní ventilátory pro větrání záchranných cest přivádějí vždy vzduch z nezasaženého prostoru a vytvářejí přetlak oproti tunelu s požárem.

Únikové východy z tunelových trub do záchranných cest se řeší jako přechodové komory s požárním uzávěrem a únikovými dveřmi s panikovým kováním. Systém větrání záchranných cest a šachet musí umožňovat pravidelnou výměnu vzduchu pro odvětrání vlhkosti ve všech příslušných prostorách. ŘS spouští požární větrání a nastavuje požární a kouřové (odvětrací) klapky v záchranných cestách na základě poplachových hlášení od EPS.

- Do kap. 5.4.1 „Požadavky“ se doplňuje platné Nařízení vlády:

Exhalace vozidel v tunelu, které vycházejí z portálu, zvyšují v okolí portálu zatížení ovzduší škodlivinami. Právní podklady pro určování imisní situace jsou dány předpisy pro provádění zákona o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami č.86/2002 Sb., kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší, ve znění nařízení vlády č. 60/2004 Sb.

Při úvahách o imisích jsou směrodatné oxidy dusíku, benzol a prachové částice. Celkové koncentrace zatížení a přídatná imise způsobená vyfukováním škodlivých látek z tunelu (oxidy síry, olova, oxid uhelnatý), musí ležet pod odpovídajícími směrnými (předepsanými) hodnotami. Pro ostatní škodlivé látky, jako např. pro různé druhy uhlovodíků, neexistují žádné směrné nebo hraniční hodnoty.

- V kap. 5.5.4 „Polopříčné větrání“ se doplňuje v pátém odstavci požadavek na požární odolnost klapky větou: „Na větracích otvorech jsou osazeny ovládané uzavírací klapky, které zajišťují bodový odvod kouřových zplodin při požáru“. Jejich požární odolnost závisí rovněž na stupni požární bezpečnosti posuzovaných požárních úseků.
- Za kap. 5.6 se doplňuje podkapitola 5.6.1 "Optimalizace provozu ventilace", která zní:

5.6.1 Optimalizace provozu ventilace

Dosud aplikované řízení provozní ventilace je založeno na měření oxidu uhelnatého (CO) a opacity ve dvou, maximálně ve třech místech tunelu. První omezující faktor tohoto řízení vyplývá právě z měření pouze v několika místech tunelu, další nevýhodou je velké časové zpoždění mezi reálným provozem (zastavení vozidel v koloně) a měřeními hodnotami.

Proto se doporučuje u dlouhých tunelů v extravilánu, či u městských vysoce zatížených tunelů řídit ventilaci kombinací údajů z čidel koncentrací škodlivin a údajů z dopravních senzorů. Mezi dopravními daty a produkovánými škodlivinami existuje velmi dobrá korelace³. Důvodem pro použití dopravních dat, která se měří před i v tunelu na mnoha místech, je, že dopravní provoz lze mnohem lépe předpovídat, než koncentrace škodlivin. Detailní postup popsáný ve výše zmíněném projektu spočívá v následujících krocích:

³ viz. projekt ministerstva dopravy č. 1F43A/069/120 "Optimalizace provozu silničních tunelů"

1. Při návrhu tunelu je počítáno s využitím dopravních senzorů měřících intenzitu dopravy a rychlost osobních a pokud možno i nákladních vozidel pro účely ventilace. Tyto senzory, které se navrhuje v rámci dopravního systému, jsou umístěny v co největší vzdálenosti od portálu tunelu, ale již za případným křížením. Časový interval integrace dat by neměl být delší než 5 minut.
2. V prvním kroku je navrženo a realizováno řízení ventilace dle měření škodlivin v tunelu.
3. Trvale jsou zaznamenávána dopravní data a hodnoty škodlivin. Na základě několika týdenních měření jsou vypočítány regresní koeficienty škodlivin jako funkce dopravních dat.
4. Pomocí hybridního modelu, kombinujícího on-line data a historický dopravní model, je navržen predikční model odhadující dopravní parametry v rastru 10 až 30 minut.
5. Ve druhém kroku je snížena vlivnost řízení ventilace od měřených škodlivin ve prospěch predikčního modelu škodlivin využívajícího dopravní data.
6. Při reálném testování se nastaví váhy obou modelů, tj. řízení ventilace je více či méně založeno na jednom či druhém vstupu.

Výše uvedený přístup je poměrně náročný na kalibrování, které se dělá pro každý tunel individuálně. Na druhé straně přináší provozní úspory, například tím, že se ventilace nespíná špičkou koncentrací, pokud se z odhadů dopravy ví, že intenzita za jistý čas opět poklesne.

- v Příloze B „Výpočet množství přiváděného vzduchu“ se nahrazují vybrané odstavce novým zněním:

Celková emise škodlivin snižujících viditelnost v tunelu:

$$E_z [m^2 \cdot s^{-1}] = ((1 - \%NV/100) \frac{e_{ov,z}}{v_{ov}} + (\%NV/100) \frac{e_{nv,z}}{v_{nv}}) M \frac{L_T}{3600}$$

kde:

%NV	...procentní podíl NV
$e_{ov,z}$... emise kouřivosti os. vozidel [$m^2 \cdot h^{-1} \cdot ov^{-1}$]
$e_{nv,z}$... emise kouřivosti nákl. vozidel [$m^2 \cdot h^{-1} \cdot nv^{-1}$]
v_{ov}	... rychlost os. vozidel [$km \cdot h^{-1}$]
v_{nv}	... rychlost nákl. vozidel [$km \cdot h^{-1}$]
L_T	... délka tunelu [km]
M	... intenzita všech vozidel v tunelu [1/h]

B1.4 Vliv pístového účinku vozidel

U jednosměrných, podélně větraných tunelů je nutné uvažovat při výpočtech s vlivem pístového účinku vozidel projíždějících tunelem.

Výpočet pístového účinku vozidel – tažná síla N_{voz} [N]:

$$N_{voz} = M_{ov} \frac{\rho_L}{2} (c_w F)_{ov} (v_{ov} \pm v_T)^2 + M_{nv} \frac{\rho_L}{2} (c_w F)_{nv} (v_{nv} \pm v_T)^2$$

Znaménko + pro rychlost proudění vzduchu v tunelu proti směru jízdy vozidel
Znaménko - pro rychlost proudění vzduchu v tunelu ve směru jízdy vozidel

Tlakový odpor v tunelové troubě vlivem proudění vzduchu – síla N_T [N]

$$N_T = F_T \frac{\rho_L}{2} (\xi_T v_T^2 \pm v_w^2) (N)$$

$$\text{kde} \quad \xi_T = \xi_e + \xi_a + \lambda \frac{L_T}{D}$$

$$D = \frac{4F_T}{U} \text{ (m) hydraulický } \varnothing \text{ tunelu}$$

U – obvod příčného řezu tunelu [m]

6. Bezpečnostní vybavení a bezpečnostní stavební úpravy

- Kap. 6.2 „Bezpečnostní vybavení“ se mění v následujícím smyslu:

Bezpečnostní technické vybavení tunelu je dáno zařazením tunelu do kategorií TA, TB, TC, TC-H, TD a TD-H. Zařazení závisí na délce tunelu a predikované intenzitě dopravy a provádí se dle kap. 2 těchto TP.

Na základě zařazení tunelu do určité kategorie se tunel vybavuje povinně technickými prostředky nebo jsou tyto prostředky doporučeny. V případě doporučeného vybavení je konečné rozhodnutí dáno analýzou místních podmínek a je specifické pro každý tunel. Příslušné subsystémy či zařízení příslušející k bezpečnostnímu vybavení jsou uvedena v Tab. 6-1a těchto TP98/Z1, kde jsou doplněny požadavky na vybavení krátkých tunelů:

Bezpečnostní vybavení	100 m	TD	TD-H	TC	TC-H	TB	TA
Bezpečnostní systém							
• Hlášky nouzového volání		◆ ¹	◇	◇	◇	◇	◇
• Poplachová tlačítka		◆ ¹	◇	◇	◇	◇	◇
Systém videodohledu							
• Měření úsekové rychlosti					◆	◆	◆
• Televizní dohledový systém (viz. kap. 9.1 [1])		◆ ²	◇	◇	◇	◇	◇
Dopravní systém							
• Sběr dopravních dat (viz.kap. 3.3 [1] a TP154)			◇	◆ ³	◇	◇	◇
• Dopravní značení a dopravní zařízení	◇ ⁴	◇ ⁵	◇ ⁵	◇ ⁵	◇ ⁵	◇ ⁵	◇ ⁵
• Zařízení pro provozní informace					◇	◇	◇
• Světelné signály pro jízdu v pružích				◆ ⁶	◇	◇	◇
• Světelné signály S1a, S1b (viz kap. 3.2.5 [1])				◇	◇	◇	◇
• Měření výšky vozidel					◇ ⁶	◇ ⁶	◇ ⁶
• Zábrany		◆ ¹⁰	◆ ¹⁰	◇	◇	◇	◇
• Reflexní elementy (dle kap. 3.2.7.1 [1])		◇	◇	◇	◇	◇	◇
• Identifikace dopravního excesu v tunelu			◇	◆ ⁶	◇	◇	◇
Spojovací a dorozumívací zařízení							
• Rádiové spojení složek IZS		◆ ⁸	◆ ⁸	◇	◇	◇	◇
• Mobilní telefonní síť				◆ ⁶	◇	◇	◇
• Ozvučení tunelu				◆ ⁶	◇	◇	◇
Evakuační vybavení							
• Nouzové únikové osvětlení (ČSN EN 1838)		◆	◆	◇	◇	◇	◇
• Bezpečnostní značení		◇	◇	◇	◇	◇	◇
Požární zařízení							
• Automatické hlásiče požáru				◆ ⁷	◇	◇	◇
• Tlačítkové hlásiče požáru				◆ ⁷	◇	◇	◇
• Přenosné hasící přístroje			◇	◇	◇	◇	◇
• Požární hydranty			◆	◇	◇	◇	◇
Další vybavení							
• Normální osvětlení	◆ ⁹	◆ ⁹	◆ ⁹	◇	◇	◇	◇

Tab. 6-1a: Upravená Tab.6 - 1 z TP 98 „Rozdělení technických prostředků podle kategorie tunelu“

- 1 *Doporučuje se instalovat před portály tunelu hlásky nouzového volání napojené na 24 h dispečerskou službu*
- 2 *Doporučuje se instalovat TV kameru v oblasti portálu s jednoduchým sekvenčním přenosem přehledového obrazu na dispečink*
- 3 *Pro intenzitu dopravy $\geq 10\,000$ ekvivalentních vozidel na den a jízdní pruh*
- 4 *Dopravní značení tunelů do 100 m odpovídá „Minimálnímu vybavení pro krátké tunely“ dle kap. 3.2.3.1 TP98 a změnám v 3.2.3.1 a 3.2.3.2 těchto TP98/Z1*
- 5 *Dopravní značení tunelů od 100 m se volí ve shodě s grafem na obr. 3-4a těchto TP98/Z1*
- 6 *Pro intenzity dopravy v tolerančním pásmu, viz Tab. 2, na základě dopravního řešení a bezpečnostní analýzy*
- 7 *Instalují se pokud je v tunelu mechanická ventilace*
- 8 *Tunely kategorie TD a TD-H se standardně nevybavují zařízením pro rádiové spojení složek IZS. Tunely se vybaví zařízením pro rádiové spojení složek IZS po vzájemné diskusi se zástupci místně příslušného hasičského záchranného sboru kraje s přihlédnutím k doporučení projektanta vycházejícího z dostupnosti tohoto spojení již ve stádiu projektové přípravy*
- 9 *Osvětlení tunelu se navrhuje dle Obr. 4-3 těchto TP98/Z1*
- 10 *Náhradní osvětlení se nenavrhuje*
- 10 *Dálkové ovládané zábrany se instalují pouze u tunelu vybavených řídicím systémem dopravy a videodohledem, tj. od TC-H, případně od TC. Ostatní tunely se doporučuje vybavit mechanickými zábranami s ruční manipulací.*

♦ Značka pro doporučené vybavení

◇ Značka pro povinné vybavení

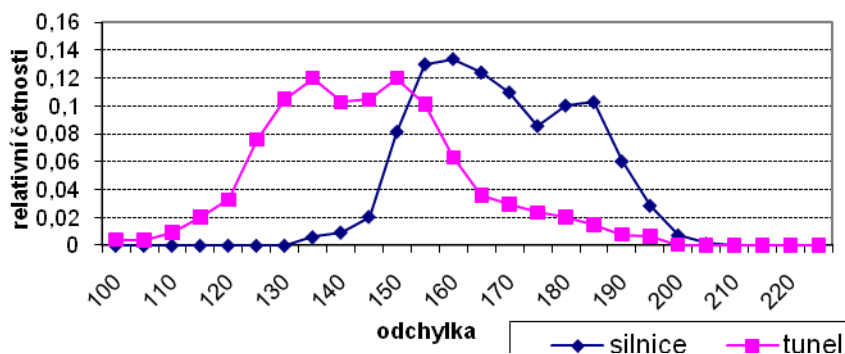
- za poslední odstavec kap. 6.1 se vkládá podkapitola 6.1.1, která zní:

6.1.1 Prostorové a barevné uspořádání tunelu

Při projektování prostorového a barevného řešení tunelu je nutné brát v úvahu to, že zde řidiči mění způsob jízdy oproti pohybu na volné komunikaci. Měření ukazují, že řidiči se v tunelu pohybují blíže k dělicí čáře mezi jízdními pruhy (čímž vzrůstá riziko kolize). Velký vliv na způsob jízdy v tunelu má jeho design, délka, počet jízdních pruhů a celkové více či méně „přátelské“ prostředí. Obecně se řidiči drží dále od stěn tunelu, jestliže jsou tmavé, zašpiněné, či jsou u nich umístěny vysoké nevzhledné betonové sokly navozující pocit nutnosti většího bočního odstupu.

Na grafu „Souhrnné histogramy odchylek silnice a tunelu“ jsou zobrazeny boční odstupy od dělicí čáry mezi jízdními pruhy a jejich relativní četnost pro větší soubor řidičů. Fialové hodnoty představují pozice automobilu v tunelu, modré na volné komunikaci. Je tak jasně vidět, že v grafu mají při jízdě tunelem největší četnost hodnoty kolem 135 cm, kdežto při jízdě na volné komunikaci mají hodnoty největší četnost kolem 160 cm.

Souhrnné histogramy odchylek silnice a tunelu



Obr. 6-1a: Histogramy odchylek silnice / tunel

Pro zvýšení bezpečnosti jízdy v tunelu se doporučuje celkově světlý design tunelu, nízké postranní chodníčky a vhodné barevné provedení stěn navozujících psychickou pohodu řidiče tak, aby byly minimalizovány jejich podvědomé obavy a aby se jejich způsob jízdy více blížil jízdě na volné komunikaci, kdy nezmenšují odstup od dělící čáry jízdního pruhu a nezvyšují tak riziko kolize s vozidly v sousedních pružích. Dále se doporučuje v tunelech kategorie TA a TB použití **aktivních světloemitujících prvků** zabudovaných do vozovky ve smyslu kap. 3.2.7.1 „Reflexní a světelné elementy“ těchto TP98/Z1.

7. Spojovací a dorozumívací zařízení

- Kap. 7.1 „**Rádiové spojení**“ se mění v následujícím smyslu:

Rádiová komunikace musí umožnit vzájemné spojení členů zásahových jednotek složek IZS v prostorech tunelů, záchranných cest, technologických prostorů a nástupních ploch jednotek složek IZS. Musí umožnit šíření signálů mobilní telefonní sítě (GSM). To usnadňuje i práci servisních složek. Poslech alespoň jedné FM rádiové stanice s dopravním hlášením a možností vstupu bezpečnostních hlášení do vysílání od dispečerů provozu do přenášeného signálu umožní přenášet dopravní informace řidiči a tím se stává významným bezpečnostním prvkem.

Minimálně je nutné zabezpečit přenosy:

- alespoň jedné rozhlasové stanice s dopravními informacemi, kde přednost mají stanice s kanálem RDS-TMC (Traffic Message Channel),
- frekvencí jednotek požární ochrany, záchranné zdravotnické služby a policie,
- alespoň jedné frekvence provozní, resp. servisní služby,
- alespoň jednoho operátora mobilní telefonní sítě. Technické řešení tohoto problému není součástí technického řešení výše uvedených tří bodů (tato problematika je řešena samostatně včetně potřebného technického vybavení provozovateli těchto sítí).

Tunely kategorie TA, TB, TC a TC-H se povinně vybavují pro příjem a vysílání vyzařovacím kabelem nebo anténním systémem. Tyto prvky jsou umístěny tak, aby nemohlo dojít k jejich mechanickému poškození a bylo možno tunely čistit.

Trasy napájení vyzařovacích kabelů, eventuálně anténních systémů, je nutno volit tak, aby nemohlo dojít např. v důsledku požáru v některé části tunelu k jejich úplnému vyřazení z činnosti.

V dlouhých tunelech jsou podle konfigurace rozvodu vyzařovacích kabelů a v závislosti na vložném útlumu rozvodu instalovány další napájecí místa pro anténní rozvod.

Před vjezdem do tunelu se požaduje umístit značku, která uživatele informuje o frekvencích, na které si mohou naladit své přijímače.



Obr. 7-1: Informativní dopravní značka č. J15

V případě potřeby má operátor dopravy možnost použít tento rozhlasový systém k předávání instrukcí nebo informací uživatelům (instrukce týkající se řízení vozidla, požadavku na vypnutí motorů, informace o příčinách a pravděpodobné délce zdržení v případě evakuace tunelu atd.) přímým vstupem do rozhlasového vysílání stanice přenášené do tunelu. Typová hlášení, řešící krizové situace, jsou předem zaznamenaná na paměťovém médiu.

8. Požární zabezpečení

- V kap. 8.1.2 se v 1. větě 1. odstavce mění limitní délka tunelu. První věta zní: „*V tunelu délky ≥ 300 m jsou používány spolehlivé liniové hlásiče požáru, které reagují na absolutní hodnotu teploty a její vzestup v závislosti na čase*“.

- celý odstavec pak zní:

V tunelu délky ≥ 300 m jsou používány spolehlivé liniové hlásiče požáru, které reagují na absolutní hodnotu teploty a její vzestup v závislosti na čase. Hlásič je umístěn nad průjezdným průřezem pod stropem tunelu. Použité hlásiče v prostoru tunelu musí mít minimální krytí IP65. Pokud je tunel vybaven ventilačním zařízením, je liniový hlásič požáru požadován vždy, bez ohledu na délku tunelu.

- V kapitole 8.2.2 „Vodní potrubí s hydranty“ se vypouští zmínka o obvyklých maximálních hodnotách tlaku v požárním potrubí.

- Celý odstavec pak zní:

8.2.2 Vodní potrubí s hydranty

Tunely, u kterých jsou požadovány hydranty (dle tab. 6-1), musí být vybaveny požárním potrubím tlakové vody. Potrubí se navrhuje pro průtok nejméně $2 \times 20 \text{ l.s}^{-1}$ a při tomto odběru hasicí vody musí zásoba vody pokrýt dobu nejméně 1 hodinu. Tunely delší než 1 000 m musí být vybaveny potrubím tlakové vody s průtokem nejméně $2 \times 20 \text{ l.s}^{-1}$ s dobou činnosti nejméně 2 hodiny, přičemž vždy je nutno vyhodnotit potřebnou dobu pro hašení pro nejsložitější variantu požáru při zpracování dokumentace zdolávání požáru, přičemž se bere v úvahu vyhodnocení intenzity a charakteru dopravy.

Potrubí tlakové vody musí být pro zimní období zajištěno proti zamrznutí a dále nádrže se zásobou požární vody a potrubí musí být vybaveny zařízením umožňujícím připojení mobilní požární techniky.

Na výtoku v nejnepríznivějším místě musí být potřebný tlak dosažen během 80 sekund. Tento tlak musí být v rozmezí 0,6 až 0,8 MPa a nesmí přesáhnout hodnotu 1,2 MPa, pokud není v PBŘ konkrétní stavby tunelu stanoveno jinak.

Požární hydranty v tunelových troubách se zpravidla navrhují do výklenků v ostění vlevo ve směru jízdy (zpravidla v blízkosti SOS skříní) a vždy na obou stranách tunelových propojek. Uzavírací ventily hydrantů musí být v nezamrzné hloubce nebo musí být proti zamrznutí zabezpečeny jiným vhodným způsobem (např. přídavným elektrickým vyhříváním).

Naopak se nedoporučuje vybavit hydranty pevně připojenými hadicemi, osoby používající při zásahu proti požáru hydrant si musí sami připojit hadice vhodné délky. Hydranty jsou opatřeny informačními štítky. Detailní řešení vodního potrubí s hydranty je předmětem zvláštní dokumentace a zde je uvedeno z hlediska úplnosti vazeb na řídicí systém tunelu.

9. Systém videodohledu

- Za 10. odstavec kap. 9.1 „Televizní dohledový systém“ se vkládá následující odstavec:

Pokud je na tunelové stavbě použit systém s digitálními přenosy a střížnou, platí pro něj stejné zadávací podmínky. Při volbě systému je jedním z hodnotících kritérií technická a finanční náročnost řešení další distribuce videosignálů do prostředí Jednotného systému dopravních informací. Dále se, pokud to vyžaduje projektová dokumentace stavby, se posuzují i náklady a technické provedení pro připojení dalších pracovišť, vyjmenovaných v této dokumentaci.

- Za poslední odstavec kap. 9.1 „Televizní dohledový systém“ se vkládá kapitola 9.2, která zní:

9.2 Měření úsekové rychlosti

Měření úsekové rychlosti, v součinnosti s Policií České republiky, tvoří významný nástroj pro zajištění respektování rychlostních limitů na daném úseku komunikace a tím i zvýšení bezpečnosti.

Tato technologie je doporučena pro zatížené či dlouhé tunely kategorií TA, TB a TC-H, viz. Tab. 6-1a s přihlédnutím k celkovému posuzování bezpečnosti stavby. Praktické výsledky z realizovaných aplikací potvrzují, že se jedná o velmi efektivní nástroj pro zvýšení bezpečnosti silničního provozu⁴.

Jedná se o měření průměrné rychlosti vozidel, která projedou předem vymezeným měřicím úsekem na vozovce. Úseková rychlost je dána dobou průjezdu motorového vozidla mezi dvěma vzdálenými liniemi vodorovného dopravního značení, které určují trasu, pro kterou je rychlost počítána. Vyhodnocovací jednotka pak vypočte průměrnou rychlost vozidla v jako podíl délky měřicího úseku Δs ke změřené době průjezdu Δt .

Vlastní měření průměrné rychlosti probíhá zcela bezobslužně a nelze jej ovládacími prvky nikterak ovlivnit. Aby byly výstupy tohoto systému použitelné v represivním řízení, musí systém splňovat určité bezpečnostní a technické požadavky. Z tohoto důvodu se navrhuje jako samostatný systém, kterému řídicí systém jednostranně předává údaje o aktuální hodnotě maximální povolené rychlosti pro daný úsek, a to pouze v případě, že řídicí systém tunelu může tuto hodnotu na základě zjištěných okamžitých podmínek pomocí proměnného dopravního značení měnit. Ostatní technologie tunelové stavby poskytují pro tento systém napájení elektrickou energií a zajišťují komunikační infrastrukturu, která musí být také navržena s určitým stupněm bezpečnosti (např. disponovat vyhrazenými optickými vlákny), a to zejména v otázce ochrany dat uložených na vyhodnocovacím serveru. Proto také nejsou v současné době výstupy z tohoto měřicího systému integrovány do systému řízení dopravy, i když v principu by toto použití bylo možné.

Umístění čidel systému, tj. televizních kamer, je závislé na místních podmínkách a na použité technologii, a proto pro ně není stanoveno žádné závazné doporučení. Z hlediska principu snímání a identifikace vozidel je nejvýhodnější místo pro umístění detekčních kamer nad středy jízdních pruhů.

Protože se jedná o kamerový systém, tak správce tohoto systému má ze zákona povinnost ohlásit používání tohoto systému Úřadu pro ochranu osobních údajů. Ten také rozhodne o podobě označení tohoto úseku.

⁴ Dlouhodobé měření v tunelech na Městském okruhu v Praze ukázala na snížení průměrné rychlosti o 20 km/h, viz. projekt OPTUN.

10. Řídicí systém

- V kap. X. se 1. věta 1. odstavce mění na „*Tunely kategorie TC a TC-H je nutné...*“
- Celý odstavec pak zní:

Tunely kategorie TC a TC-H je nutné vybavit řídicím systémem, pokud jsou vybaveny řízeným osvětlením nebo ventilací. V tomto případě řídicí systém integruje další provozní, bezpečnostní a kontrolní zařízení, která umožňují kontrolu a řízení provozu v tunelu této kategorie. Tunely vyšších kategorií jsou vždy vybavovány řídicím systémem. Pro jeho architekturu platí kap. 10.3.

- V kap. 10.2 v odstavci „Mimořádný dopravní stav“ vypustit poslední čtyři slova první odrážky. První odrážka zní: „*Dopravní nehoda většího rozsahu*“.

Mimořádný stav: je bezpochyby nejsložitější činností řídicího systému. Zahrnuje celý komplex procesů, jejichž cílem je zabránit chaosu, usnadnit činnost složek IZS, zachovat co nejlepší bezpečnostní podmínky pro účastníky provozu a obnovit co nejrychleji stabilní stav dopravy. Typickými příklady mimořádných situací jsou:

- ☐ dopravní nehoda většího rozsahu,
- ☐ trvalý nárůst koncentrace škodlivin nebo opacita nad mezní hodnotu,
- ☐ požár,
- ☐ únik nebezpečných látek při jejich přepravě,
- ☐ vznik náledí, apod.

Reakce ŘS v případě mimořádné situace (požár, koncentrace plynů, opacita, vznik náledí) musí být automatická a musí nastat i případě výpadku komunikace řídicí stanice CT s nadřazenými vizualizačními úrovněmi (lokální velín, GA, GT, GG), viz. Kapitola 10.3.

11. Zásobování elektrickou energií

Kap. 11 TP98 se nahrazuje touto kapitolou následujícího znění v plné míře:

11.1 Všeobecně

11.1.1 Terminologie

Terminologie vychází z ČSN 34 1610:

Hlavní napájení: Zdroj z distribuční sítě 22 kV

Záložní napájení: a) Druhý nezávislý zdroj z distribuční sítě (jiný uzel 110 kV)
b) Vlastní záložní zdroj (zpravidla agregát, atd.)

Zdroj nepřerušované dodávky: UPS

Způsob provozování tunelu při hlavním nebo záložním napájení musí být definován v provozní dokumentaci tunelu podle konkrétních podmínek způsobu napájení.

11.1.2 Úvod

Zásobování technických zařízení tunelů elektrickou energií musí zajistit bezporuchový a bezpečný provoz. Systém zásobování elektrickou energií musí zahrnovat i dodávku energie pro nadzemní doprovodné objekty tunelu. Zdrojem elektrické energie je veřejná rozvodná síť, případně vlastní záložní zdroj.

Kapacita záložního zdroje musí v případě potřeby zajistit zásobování zařízení, specifikovaných v kap. 11.3, která zajišťují bezpečnost provozu tunelu a požární ochranu. Minimální doby provozu záložního zdroje jsou dány v kap. 11.4.3.

Elektrická silová soustava musí s dostatečnou rezervou kryt požadované výkony. Napájení zařízení, jejichž chod při požáru je nezbytný pro požární ochranu tunelu, musí být zajištěno minimálně po dobu dle požadavků těchto technických podmínek, popřípadě dle PBŘ konkrétního tunelu. Ve vlastních tunelových troubách musí elektrická zařízení vyhovovat zvláštním provozním podmínkám (působení vlhkosti, soli, výfukových zplodin, znečištění, tlakové vody, apod.). Pokud není stanoveno jinak, pro prostory tunelových trub se navrhuje zařízení s krytím IP 65.

Pokud je ve smlouvách o odběru elektrické energie požadováno sledování nejvyšší dohodnuté zátěže s následnými finančními sankcemi při jejím překročení ($\frac{1}{4}$ hodinové maximum), nesmí být odpojovány spotřebiče ovlivňující bezpečnost účastníků provozu na pozemních komunikacích.

11.1.3 Stanovení vnějších vlivů

Vnější vlivy se stanoví dle ČSN 33 2000-3. Odborná komise složená z hlavního inženýra, technologa, projektantů elektro, vzduchotechniky a autorizovaného inženýra požární bezpečnosti staveb vypracuje protokol o určení vnějších vlivů, který je součástí dokladové části dokumentace.

Při stanovení vnějších vlivů v běžných prostorech (strojovny, rozvodny, velíny, pomocné prostory apod.) se postupuje obvyklým způsobem. Při stanovení vnějších vlivů v tunelových troubách a prostorech souvisejících (vzduchové cesty) je třeba brát v úvahu vliv výfukových plynů, nutnost mytí tunelových trub včetně vzduchových cest a další specifika tunelové stavby.

11.2 Zdroje elektrické energie

Stanovení způsobu napájení musí být provedeno ve spolupráci s příslušným dodavatelem elektrické energie. Základním požadavkem je zajištění dodávky elektrické energie pro celý areál tunelové stavby ze dvou nezávislých zdrojů. Za nezávislý zdroj z distribuční sítě se dle ČSN 73 0802 považuje uzel přenosové sítě 22 kV, v němž na různých přípojnících jsou připojena vedení různých uzlů 110 kV. Výjimečně se může dodávka elektrické energie zajistit připojením na distribuční síť smyčkou nebo připojením na mřížovou síť.

Pokud není možné takové zajištění z distribuční sítě, je nutno použít jako druhý nezávislý zdroj vlastní záložní zdroj elektrické energie. Stupeň dodávky pro jednotlivé objekty a provozy areálu se řeší diferencovaně podle jejich důležitosti.

Systém napájení je závislý na velikosti požadovaného příkonu. Zpravidla se používá následující napájecí napětí:

- nízké napětí (napětí do 1 kV mezi fázovými vodiči) pro tunely s nízkou výkonovou spotřebou,
- vysoké napětí (napětí do 52 kV mezi fázovými vodiči) pro tunely s vysokou spotřebou.

11.3 Kategorizace jednotlivých provozů

Následující tabulka soustřeďuje údaje uvedené v této kapitole, které se nacházely na více místech – odstavce 11. 3., 11.3.2 a 11.4.2.

Druh technologie				
	I) Zařízení napájená z rozvodny NN tunelové stavby ještě před případným záložním zdrojem	II) a) Zařízení napájená z rozvodny NN tunelové stavby, rozvodna je napájena ze dvou nezávislých zdrojů distribuční sítě 22 kV nebo b) Zařízení napájená z rozvodny NN tunelové stavby a navíc využívající služeb záložního zdroje	III) a) Zařízení napájená z rozvodny NN tunelové stavby a napájení je zálohováno zdrojem nepřerušovaného napájení (UPS) nebo b) zařízení napájená z vlastních zdrojů	Pokud nedošlo k přepnutí napájení na druhý nezávislý zdroj, musí být zásobování el. energií zajištěno nejméně na dobu:
Poznámka		<i>Krátkodobý výpadek napájení nemá bezprostřední vliv na bezpečnost</i>		
Řídicí systémy tunelu			✓	120 min
Dopravní systém, tj. proměnné dopravní značky v tunelu, zařízení pro provozní informace v tunelu a řízení dopravy na vjezdu do tunelu			✓	30 min
Technická zařízení, která mají zásadní význam pro zabránění nedovoleného vjezdu do tunelu			✓	120 min
SOS kabiny včetně poplachové signalizace (mimo servisní zásuvky)			✓	30 min
Zařízení pro potlačení požáru nebo výbuchu (samočinné hasicí systémy)			✓	180 min
Zařízení pro usměrňování pohybu kouře při požáru v tunelu (ventilace, kouřové klapky, přetlakové větrání záchranných cest).		✓		180 min

Zařízení pro zásobování požární vodou – řídicí část.			✓	120 min
Zařízení pro zásobování požární vodou - výkonová část (čerpadla).		✓		180 min
Zařízení pro omezení šíření požáru (požární klapky, požární dveře a požární uzávěry otvorů včetně jejich funkčního vybavení).			✓	120 min
Zařízení pro bezpečný únik osob při požáru v tunelu (nouzové osvětlení únikových cest, dispečinku a vybraných technologických prostor, značení únikových cest (v případě, že značení únikových cest potřebuje elektrické napájení)).			✓	120 min
Náhradní osvětlení tunelu a tunelových prostor.			✓	
Systém videodohledu.			✓	120 min
Detekce škodlivin a měření fyzikálních veličin			✓	30 min
Bezpečnostní SOS hlásky před portály tunelu, vč. poplachové signalizace, mimo část určenou pro výkon servisu			✓	30 min
Spojovací a dorozumívací zařízení (radiové spojení a informační rozhlas).			✓	180 min
Případná další zařízení důležitá pro požární bezpečnost a bezpečnost provozu vyplývající z konkrétního řešení (např. ochrana proti zaplavení).			✓	30 min
EPS			✓	180 min
Topné kabely pro ohřev požárního vodovodu v tunelu.		✓		
Ostatní zařízení (např. některé skupiny akomodačního osvětlení, venkovní osvětlení a servisní zásuvky)	✓	✓		

Tab. 11-1: Kategorie provozů

Poznámka: Pokud u některé položky v této tabulce chybí přesná hodnota, tak je to z důvodu že buď předpisy pro toto zařízení požadují napájení z vlastního zdroje a jeho kapacita je řádově větší, nebo že tato doba je důležitá pro požární bezpečnost a vyplývá z konkrétního řešení dané stavby.

Požadavky na kabeláž náhradního osvětlení jsou shodné s požadavky pro kabeláž normálního osvětlení

Elektrické měřicí a řídicí rozvody a zařízení pro bezpečnou evakuaci uživatelů tunelu musí být navrženy tak, aby jejich místní výpadek, například z důvodu požáru nebo havárie, nepostihl nepoškozené rozvody a zařízení.

11.4 Zdroje elektrické energie v tunelu

Vnitřní zdroje elektrické energie jsou:

- zdroj vysokého napětí do 52 kV,
- zdroj nepřerušené dodávky elektrické energie,
- záložní zdroje elektrické energie.

11.4.1 Zdroj vysokého napětí do 52 kV

Hlavním zdrojem elektrické energie tunelového areálu je transformační stanice napájená ze dvou na sobě nezávislých napájecích zdrojů, tj. přívodů, u nichž poškození nebo vypnutí jednoho z nich nemá za následek vyražení druhého přívodu. Vzájemná nezávislost a způsob přepínání napájecích zdrojů musí být projednány s příslušným dodavatelem elektrické energie.

Transformační stanice musí být vybavena minimálně dvěma transformátory, výkon každého z nich musí plně krýt požadovanou spotřebu.

11.4.2 Zdroj nepřerušené dodávky elektrické energie

Zdroj nepřerušené dodávky elektrické energie (UPS) zabezpečuje nepřetržité napájení vybraných elektrických spotřebičů v tunelovém areálu. Jsou to následující zařízení:

1. počítačové systémy tunelu,
2. dopravní systém, tj. proměnné dopravní značky, zařízení pro provozní informace a řízení dopravy na vjezdu,
3. požárně bezpečnostní zařízení (např. zařízení pro požární signalizaci, nouzové osvětlení únikových cest a informativní značení únikových cest),
4. systém videodohledu,
5. detekce škodlivin,
6. bezpečnostní SOS kabiny, vč. poplachové signalizace, mimo část určenou pro výkon servisu,
7. spojovací a dorozumívací zařízení,
8. případná další zařízení důležitá pro požární bezpečnost a bezpečnost provozu vyplývající z konkrétního řešení (ochrana proti zaplavení apod.).

Zdroje UPS musí při výpadku sítě zajistit napájení elektrickou energií bez přerušení. Výstupy z UPS upozorňující na jeho stav, včetně údajů o stupni vybití jsou přivedeny do řídicího systému. Údaj o vybití na stanovenou kritickou hranici je alarmovým hlášením.

Pokud nedošlo k přepnutí napájení na druhý nezávislý zdroj z distribuční sítě nebo na záložní zdroj, musí být funkce zařízení vyjmenovaných v kapitole 11.4.2 a napájených z UPS zajištěna po dobu **nejméně** uvedenou ve sloupci III) tabulky 11.1, vyjma případů, kdy PBŘ důvodně pro konkrétní případ stanoví jiné hodnoty.

11.4.3 Záložní zdroj elektrické energie

Pokud kategorie tunelu vyžaduje zásobování elektrickou energií ze dvou nezávislých rozvodů 22 kV (kap. 11.2) a nelze je zřídit, musí být zajištěno záložní zásobování z agregátů pro výrobu elektrické energie – vlastní záložní zdroj.

Zařízení pro výrobu elektrické energie

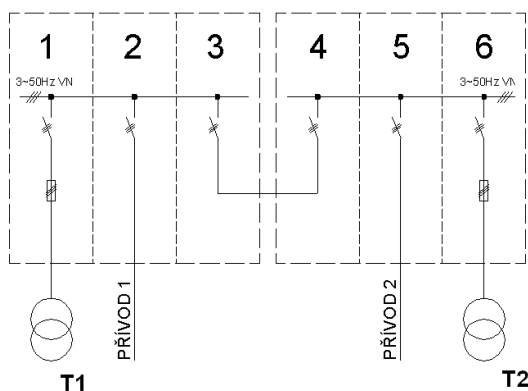
Agregáty musí být vybaveny automatickým startem při výpadku sítě. Strojovny agregátů a napájecí rozvaděče agregátů je vhodné umísťovat v nadzemních prostorách areálu tunelu. Zásoba pohonných hmot pro provoz agregátu, případně kapacita akumulátorových baterií v případě výjimečného využití statické UPS jako záložního zdroje, musí zabezpečit provoz zařízení specifikovaných v tabulce kap. 11.3 minimálně po dobu 4 hodin. Po další dobu, stanovenou v tabulce kapitoly 11.3, musí být zabezpečen provoz zařízení:

- řídicí systémy,
- požárně bezpečnostní zařízení (napájení požárních čerpadel),
- systém videodohledu,
- spojovací a dorozumívací zařízení.
- dopravní systém,
- detekce škodlivin,
- bezpečnostní SOS kabiny
- a technických zařízení, která mají zásadní význam pro zabránění nedovoleného vjezdu do tunelu.

11.5 Rozvodná zařízení

11.5.1 Rozvodná zařízení vysokého napětí do 52 kV

Rozvodny v tunelu je nutno umístit pokud možno v bodech největšího zatížení. Pro spínací, rozpínací a transformační stanice je nutno používat typově odzkoušená, bezpečná a spolehlivá zařízení. Spolehlivost zásobování, v případech poruchy, může být zvýšena, když jsou napájecí sekce VN a NN rozděleny na úseky umístěné ve dvou stavebně oddělených požárních úsecích a vzájemně propojené pomocí dálkově ovládaných spínačů, Obr. 11-1.

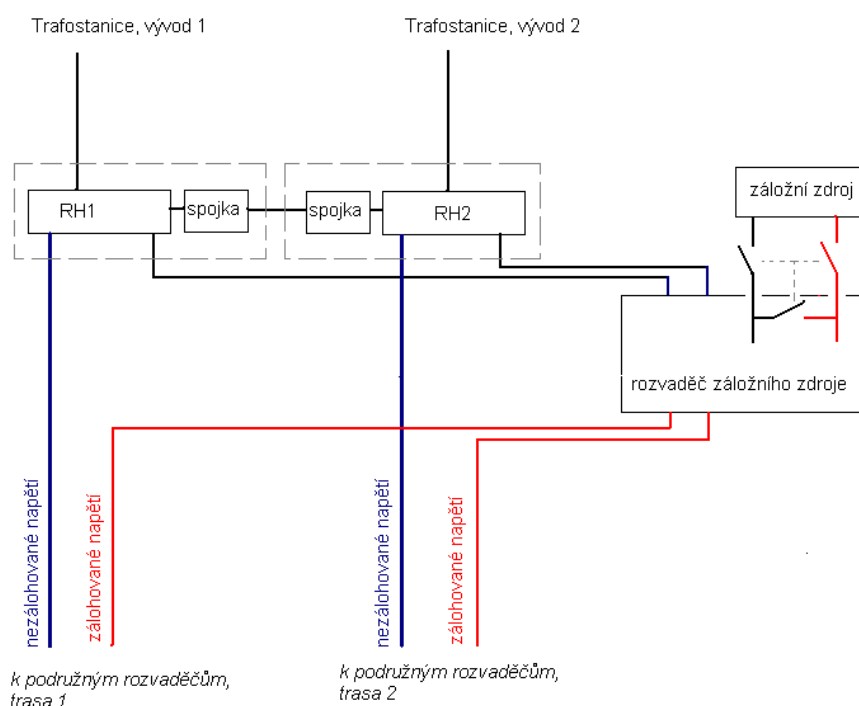


Obr. 11-1: Typové schéma rozvodného zařízení vysokého napětí do 52 kV

Výkonová bilance, s přihlédnutím k faktoru současného využívání spotřebičů, tvoří základ pro výpočet parametrů transformátoru.

11.5.2 Rozvodná zařízení nízkého napětí

Pro trojfázovou síť se užívá střídavé napětí 400 /230 V, 50 Hz. Rozvodny mají být koncipovány tak, že částečné odpojení některých zařízení, např. části napájecích rozvaděčů, umožní alespoň omezený provoz rozvodné soustavy. Hlavní rozvodna NN za účelem zvýšení spolehlivosti, musí být řešena stejně jako rozvodna VN (podélně dělené sběrnice, umístění ve dvou samostatných požárních úsecích), Obr. 11-2. Důležitá provozní zařízení musí být napájena ze zálohovaných zdrojů napětí nebo musí být na tato zařízení připojitelná. Podle místních poměrů (délka kabelové trasy, hodnota spotřebovaného výkonu) musí být řešeno, zda lze elektrické spotřebiče napojit bezprostředně na hlavní rozvaděč (jednoduché poměry) nebo prostřednictvím podružných rozvaděčů.



Obr. 11-2: Typové schéma hlavní rozvodny nízkého napětí

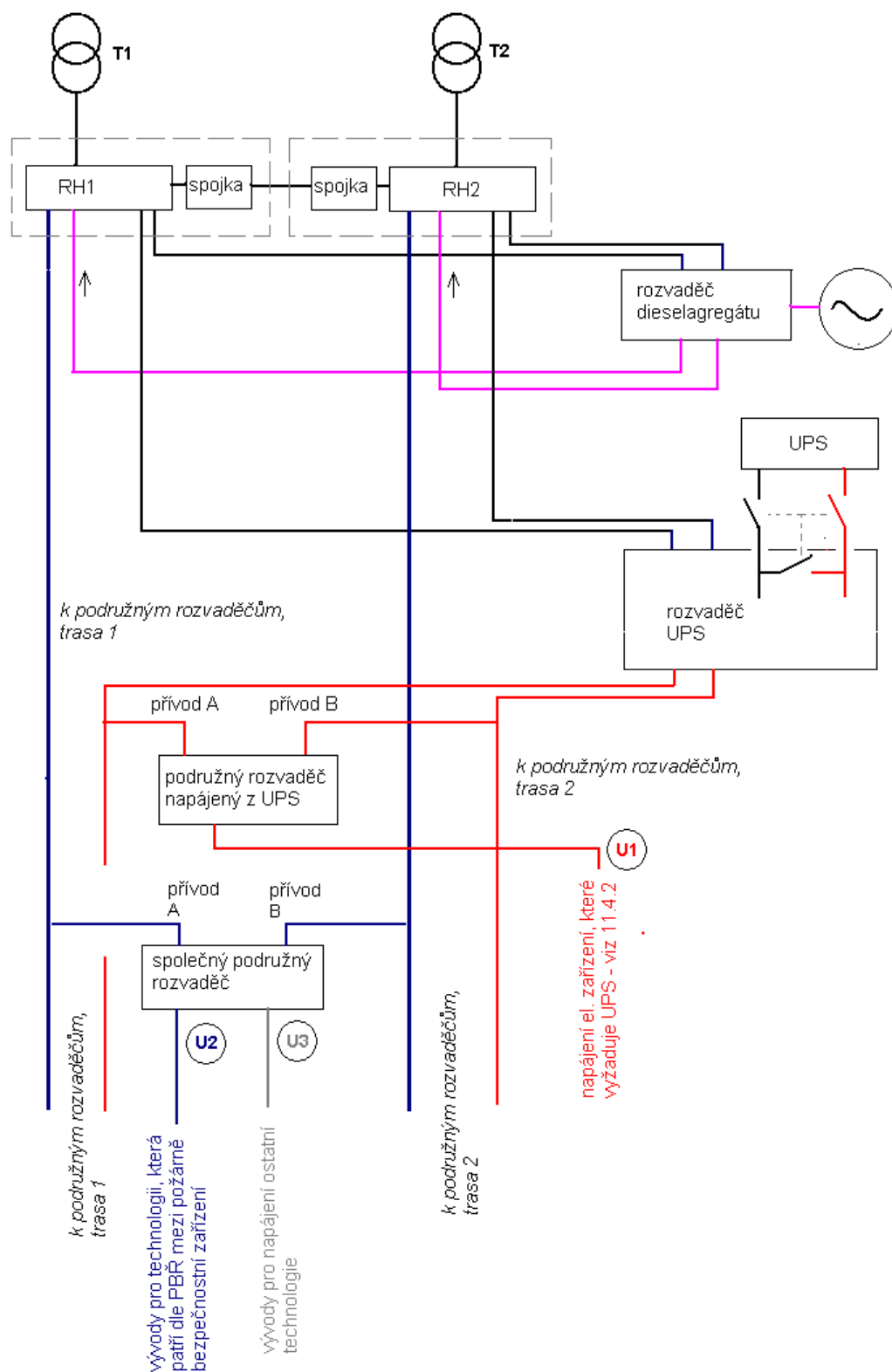
Podružné rozvaděče je vhodné navrhovat co nejbližší k napájené technologii, např. do/vedle prostoru strojovny vzduchotechniky. Podružné rozvaděče je nutné navrhovat se dvěma přívody napájenými z různých sekcí hlavního rozvaděče NN. Nízkonapěťové rozvaděče musí být vyrobeny dle platných norem. Počet zapojovacích polí se řídí podle provozních požadavků, přičemž je nutno počítat s možným rozšířením nebo změnami provozně technického vybavení a realizovat potřebné rezervy.

Měření napětí, proudů a výkonů se obvykle realizuje u hlavního rozvaděče. Měření nebo indikace přítomnosti napětí je vyžadována pro napájení bezpečnostních a dopravních zařízení tunelu. Tyto informace jsou součástí integrovaného řídicího systému.

Umístění zdrojů UPS, vývodních a napájecích rozvaděčů musí respektovat PBR, včetně rozdělení do samostatných požárních úseků a použití samostatných napájecích tras.

Na obrázku 11-2 je typové schéma, na kterém je záložní zdroj nakreslen pouze blokově, bez upřesnění jeho provedení. Systém navzájem blokových spínačů umožňuje servisní manipulaci s technologií záložního zdroje bez omezení v napájecím systému.

Obrázek 11-3 zobrazuje typové schéma napájení tunelu již s rozlišením systémů napájení.



Obr. 11-3: Příklad řešení napájecí soustavy tunelu.

Dieselagregát ve většině případů není dimenzovaný natolik, aby jeho výkon pokryl veškeré elektrické spotřebiče v tunelu. Proto v případě přechodu na záložní zdroj je nutno řadu spotřebičů, které nespádají mezi elementy vyjmenované v kap. 11.4.3., odepnout. Tuto funkci vykoná řídicí systém tunelu. **Dieselagregát musí umožňovat bezvýpadkové testování do zátěže.**

K dispozici jsou v tomto případě 3 druhy napájení:

- **U1**, tzv. bezvýpadkové, slouží pro napájení spotřebičů vyjmenovaných v kapitole 11.4.2. Typ použité kabeláže závisí na PBŘ.
- **U2**, u něhož se připouští krátkodobý výpadek napájení. Používá se pro spotřebiče, vyjmenované v kapitole 11.4.3. pro které vzhledem k jejich energetickým nárokům není možné použít U1. Jedná se především o ventilátory ve vzduchotechnickém systému. Toto napětí je určeno pro požárně bezpečnostní zařízení a tím se řídí typ použité kabeláže.
- **U3**, které se liší od U2 tím, že PBŘ neklade žádné nároky na typ použité kabeláže vývodů.

11.5.3 Rozvodná zařízení nepřerušené dodávky elektrické energie

Topologie tohoto rozvaděče je vždy významně ovlivněna vlastnostmi použitého náhradního zdroje i nároky technologie, kterou tento zdroj napájí. Proto nelze uvést jedno typové schéma, ale vždy je rozhodující splnění požadavků požárně bezpečnostního řešení i dalších požadavků, které jsou na provoz technologie tunelu kladeny.

11.6 Kompenzace jalového výkonu

Jalové výkony jsou nežádoucí v elektrických zařízeních a musí být kompenzovány. Tím se zlepšuje výkonový faktor a elektrická zařízení mohou být dimenzována na skutečný činný potřebný příkon.

Jsou používány následující způsoby:

Individuální kompenzace: v tomto případě je kompenzován jalový výkon přímo u spotřebiče, který kompenzaci vyžaduje.

Ústřední kompenzace: u tohoto způsobu je jalový výkon kompenzován centrálně v hlavní rozvodně a kompenzace je řízena automaticky podle spotřebičů, které se nacházejí v provozu.

Způsob kompenzace a hodnotu účinníku, na kterou bude kompenzace navržena, je nutno předem projednat s dodavatelem elektrické energie. Při stanovení kompenzačního výkonu je nutno zohlednit kapacitní příspěvek kabeláže NN. Jedná se o kabeláž, která je pod napětím, ale není zatížena. Jde o záložní trasy hlavních rozvodů NN.

11.7 Rozvody silnoprůdu

Volba kabelů a elektrických zařízení, která mají být použita, je ovlivněna elektrickými, mechanickými, tepelnými a chemickými nároky, kterým jsou kabely a výkonová zařízení v provozu vystaveny. Použité kabely musí respektovat požadavky PBŘ a napájených technologií.

Pro realizaci kabelových tras v tunelu se využívají řešení:

- kryté trasy (kabelové trasy v nouzových chodnících, pod vozovkou, chráničky ve vnějších stěnách nebo střední stěně, technické chodby, kolektory),
- kabelové trasy pod stropem tunelu s využitím nosných a úložných konstrukcí,
- volné přívody k jednotlivým zařízením v tunelu.

Kabely v tunelu a podzemních objektech

Veškeré silové kabely musí být bezhalogenové se zvýšenou odolností proti šíření plamene podle následujících norem:

ČSN EN 60332-1-1 (34 7107) Zkoušky elektrických a optických kabelů v podmínkách požáru - Část 1-1: Zkouška svislého šíření plamene pro vodiče nebo kabely s jednou izolací - Zkušební zařízení /účinnost 1. 6. 2005,

ČSN EN 60332-2-1 (34 7107) Zkoušky elektrických a optických kabelů v podmínkách požáru - Část 2-1: Zkouška svislého šíření plamene pro vodiče nebo kabely malého průřezu s jednou izolací - Zkušební zařízení /účinnost 1. 6. 2005 a

ČSN EN 60332-2-2 (34 7107) Zkoušky elektrických a optických kabelů v podmínkách požáru - Část 2-2: Zkouška svislého šíření plamene pro vodiče nebo kabely malého průřezu s jednou izolací - Postup pro svítivý plamen /účinnost 1. 5. 2005.

Dále platí ČSN EN 1363-1 (73 0851) Zkoušení požární odolnosti - Část 1: Základní požadavky / účinnost 1. 7. 2000.

Kabely v provedení podle CEI IEC 60 331-11, CEI IEC 60 331-21, CEI IEC 60 331-23, CEI IEC 60 331-25 s funkční schopností při požáru musí být navrženy v souladu s požární bezpečnostním řešením stavby.

Další požadavky na volně vedené vodiče a kabely elektrických rozvodů jsou stanoveny v příloze č. 2 vyhlášky č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb. Vyhláška je samozřejmě nadřazena ČSN.

Kabely v nadzemních objektech areálu tunelu

Navrhují se kabely v souladu s požárně bezpečnostním řešením a s dalšími závaznými dokumenty.

Elektrická zařízení a další potřebné konstrukce musí být vždy propojeny vodičem vzájemného pospojování připojeným na zemnicí síť objektu.

Při návrhu elektrické instalace v tunelu je nutno brát v úvahu, že prostupy kabelů a vedení požárně dělicími konstrukcemi musí být utěsněny hmotou (výrobkem) s patřičnou požární odolností podle PBŘ ve stropu i stěnách, aby se zamezilo šíření požáru do vedlejších prostorů. Toto platí zvláště pro vedení potrubí a kabelů do prostoru, kde je umístěn nízkonapěťový hlavní rozvaděč. Řešení, použité materiály, způsob provedení, parametry a požární odolnost musí odpovídat požadavkům PBŘ. Požární utěsnění musí být vybaveno potřebnou průvodní dokumentací.

11.8 Ochrana před bludnými proudy

Ochrana konstrukce tunelu pro omezení vlivu bludných proudů se navrhuje podle zvláštních předpisů. Základní ochranou stavby jsou pasivní ochranná opatření – ochrana primární a sekundární, s doplňujícími konstrukčními opatřeními, odpovídajícími charakteru stavby

tunelu pozemní komunikace. Při řešení je vždy nutno posuzovat typ konstrukce, členění konstrukce, technologii výstavby a vybavení (výstroj) tunelu.

Rozsah návrhu pasivních ochranných opatření je definován stupněm ochranných opatření, stanovených základním korozním průzkumem. Při návrhu ochranných opatření se postupuje podle příslušných předpisů.

Je-li součástí ochranných opatření před účinky bludných proudů podélné dělení stavby, dilatační spáry musí být vždy vybaveny dostatečnou primární, případně sekundární ochranou, z důvodu omezení lokálních korozních článků. Z hlediska omezení vlivu bludných proudů se za vhodné považuje dělení stavby po cca 50 m až 100 m.

Na kovových konstrukcích a na výztuži železobetonových konstrukcí tunelu se zřídí kontrolní měřicí vývody pro možnost průběžného měření výskytu bludných proudů. S ohledem na výsledky základního korozního průzkumu se navrhuje trvalé rozvody pro sledování vlivu bludných proudů, viz TP 124, kapitola 7. Při vysokém stupni korozního namáhání se doporučuje využívat nedestruktivní metody sledování koroze výztuže. Zařízení navrhuje výhradně specializované pracoviště.

Při návrhu uzemňovací soustavy se postupuje podle řešení konstrukce tunelu a stupně ochranných opatření. Přednostně se využívá pasivačních schopností oceli v betonu, s doplněním vývodů a vodičů (ocelových prvků), odpovídajícím elektrickým poměrům napájecí soustavy. Uzemňovací soustava se navrhuje rozpojitelná ve vybraných (větších dilatačních) celcích a na koncích tunelových trub. U tunelů s více tunelovými troubami se uzemňovací soustavy propojují do společné uzemňovací soustavy výhradně s využitím kontrolních rozpojovacích bodů.

Uzemňovací soustavy tunelů, které jsou vystaveny zvýšenému koroznímu namáhání vlivem bludných proudů, (stupeň ochranných opatření č. 4 a vyšší), se na základě posouzení specializovaného pracoviště doplní obětovanou anodou, umístěnou mimo tunelovou troubu.

Uzemňovací soustava tunelu pozemní komunikace nesmí být spojena s uzemňovací soustavou elektrizovaných tratí a metra.

Uzemňovací soustava distributora elektrické energie může být propojena s uzemňovací soustavou tunelu pouze za podmínek, stanovených specializovaným pracovištěm v rámci řešení ochrany stavby tunelu proti účinkům bludných proudů.

Vývody z uzemňovací soustavy tunelu slouží pro přizemnění napájecích rozvodů a rozvaděčů technického vybavení tunelu. Místa vývodů slouží zároveň jako místa pro přizemnění vodičů po spojení a pro měření vlivu bludných proudů. V místech, kde je nutno zachovat elektrické izolační oddělení stavebních konstrukcí v dilatacích a zároveň principiálně dodržet ochranu proti nebezpečnému dotyku, se vývody zakončí v rozpojitelném kontrolním bodě. Ve zvláštních případech mohou být tyto rozpojitelné kontrolní body propojeny průrazkou s opakovatelnou funkcí.

Opatření pro zajištění bezpečnosti osob jsou nadřazena opatřením k ochraně proti korozi. Vždy je však nutno přihlížet, za účasti a odpovědnosti dotčených specialistů, k optimální volbě řešení příslušného detailu z hlediska ochrany proti korozi.

Při návrhu technologie výstavby musí projektant zapracovat do projektu možná nebezpečí, zapříčiněná bludnými proudy (trhací práce apod.).

Konstrukce stavebního a technického vybavení tunelů se v tunelu ukládají buď elektricky izolačně, nebo bez elektrického izolačního uložení. O elektrickém izolačním uložení těchto konstrukcí rozhodne specializované pracoviště na základě stupně ochranných opatření, konstrukce tunelu a zpracované celkové koncepce řešení ochrany stavby proti účinkům bludných proudů. Uvedená celková koncepce stanoví i požadavky na řešení elektrické

napájecí soustavy, požadavky na slaboproudé instalace a požadavky na řešení uzemnění a pospojování.

Pokud výsledky základního korozního průzkumu stanoví stupeň ochranných opatření č. 4 a vyšší, zpracuje specializované pracoviště samostatnou část projektové dokumentace stavby pro ochranu stavby před účinky bludných proudů. Požadavky této části stavební projektové dokumentace musí být splněny v dotčených dalších částech projektové dokumentace.

Příloha C - Metodika osvětlení krátkých tunelů

Tato příloha navazuje na kap. 4. „Osvětlení tunelů“ a Přílohu A „Metodika návrhu osvětlení tunelu ve dne“.

Následující kapitola uvádí nejnovější poznatky týkající se detailnějšího posouzení nutnosti vybavení tunelu umělým denním osvětlením s využitím grafických metod procentuálního průhledu LTP nebo poměrného výhledu DSP.

Pro samotný návrh umělého denního osvětlení jsou uvedeny základní koncepce umělého denního osvětlení. V současnosti je v praxi běžnější koncepce založená na principu návrhu denního osvětlení pro dlouhý tunel. Druhá, novější a obecně úspornější koncepce je založena na zvýšení kontrastů jasů uživatelů tunelu a jasu pozadí.

C 1 Grafické metody pro posouzení nutnosti osvětlení v tunelu

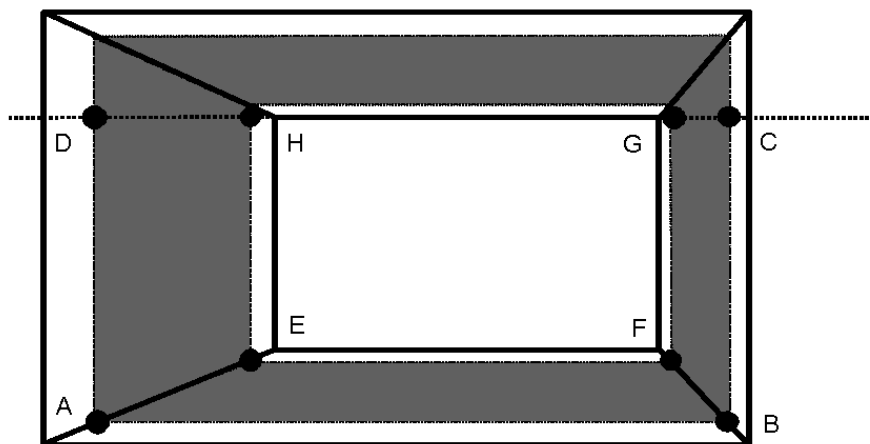
C 1.1 Stanovení procentuálního průhledu LTP

Procentuální průhled je vlastně poměr viditelné plochy výjezdu k ploše vjezdu.

$$LTP = 100 \cdot A_{EFGH} / A_{ABCD}$$

A_{EFGH} – plocha výjezdového portálu, pozorováno z referenčního bodu R

A_{ABCD} – plocha vjezdového portálu, pozorováno z referenčního bodu R



Obr. C-1: Plocha výjezdového a vjezdového portálu, pozorovaná z referenčního bodu R

Referenční bod pozorování R je definován na vodorovné přímce 1,2 m nad povrchem komunikace, v ose jízdního pruhu (v případě více jízdních pruhů se určuje pro každý z nich, přestože že nejkritičtější situace nastává v jízdním pruhu nejméně vzdáleného od stěny), ve vzdálenosti rovnající se délce rozhledu pro zastavení pro denní světlo, které ovlivnilo zdánlivý vjezdový portál.

Strop se nebere v úvahu, protože normálně netvoří pozadí, s nímž by mohli splýnout účastníci provozu nebo překážky. Pronikající denní světlo zkracuje zdánlivou vizuální délku tunelu. Proto se při zjišťování LTP vychází ze zdánlivého vjezdového a výjezdového portálu. Zdánlivý vjezdový portál je normálně posunut do tunelu asi 5 m a zdánlivý výjezdový portál asi 10 m.

Na základě výzkumů je možno formulovat závěry pro nutnost osvětlit krátký tunel:

- při $LTP < 20 \%$ je umělé denní osvětlení vždy potřeba
- při $LTP > 50 \%$ není umělé denní osvětlení nikdy potřeba
- při $20 \% < LTP < 50 \%$ může být umělé denní osvětlení potřeba

Pro rozhodnutí, zda je v případech $20 \% < LTP < 50 \%$ potřebné umělé denní osvětlení, by měla být posouzena viditelnost kritického relevantního objektu.

Je-li jediným povoleným uživatelem motorová doprava, představuje tento objekt vozidlo, v případě smíšené dopravy by měli být vzati v úvahu chodci nebo cyklisté. V případě automobilu je kritický objekt definován jako obdélník široký 1,6 m a vysoký 1,4 m. V případě chodce/cyklisty je kritický objekt definován jako obdélník široký 0,5 m a vysoký 1,8 m. Kritický objekt se umísťuje do středu jízdního pruhu.

Umělé denní osvětlení je potřeba, je-li splněn alespoň jeden z následujících předpokladů:

- Více než 30 % kritického objektu reprezentujícího automobil není rozeznatelný vůči zdánlivému výjezdnímu portálu.
- Více než 30 % kritického objektu reprezentujícího chodce/cyklistu není rozeznatelná vůči zdánlivému výjezdnímu portálu.
- Metodika dosud nezohledňuje nákladní vozidla.

C 1.2 Poměrný výhled DSV

Metoda je založena na stejném principu jako metoda procentuálního průhledu pro krátký tunel, tzn. výpočtu parametru, který hodnotí pohled řidiče skrze tunel, tzv. poměrného výhledu – *DSV* pro každou tunelovou troubu, který je definován následujícím vztahem:

$$DSV = 100 \cdot A_{AFP} / A_{EFP} \cdot f_Q \cdot f_{SH} \cdot f_{SV}$$

A_{AFP} - plocha výjezdového portálu, pozorovaná z referenčního bodu R;

A_{EFP} - plocha vjezdového portálu, pozorovaná z referenčního bodu R;

f_Q - součinitel průřezu tunelu;

f_{HS} - součinitel horizontálního omezení viditelnosti;

f_{VS} - součinitel vertikálního omezení viditelnosti.

Na základě velikosti DSV se stanoví potřeba denního umělého osvětlení:

$DSV < 6$ tunel potřebuje přes den vždy umělé osvětlení;

$DSV \geq 10$ tunel nepotřebuje přes den žádné umělé osvětlení.

V případě $6 < DSV \leq 10$ při rozhodování, zdali daný tunel potřebuje přes den umělé osvětlení, se doporučuje přiklonit se k nepříznivější variantě, která vede k požadavkům na umělé osvětlení.

C 3 Návrh umělého denního osvětlení

Následující kapitola uvádí dvě základní koncepce osvětlení krátkých tunelů včetně exaktního návrhu podle evropských doporučení.

První koncepce přistupuje k návrhu osvětlení stejně, jako je tomu pro dlouhý tunel, tzn., že je pomocí adaptačních pásem zajištěn odpovídající adaptační stav zraku. Tento přístup je využíván v dokumentech:

- TP 98/2004 – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací
- CIE 88:2004 – Guide for the lighting of road tunnels and underpasses

Druhý koncept, v protikladu k principu osvětlení dlouhých tunelů, nevyužívá adaptačních pásem v tunelu k úplné adaptaci zraku, ale pro zvýšení kontrastu jasu pozadí a jasu překážky. Tím vznikne vjem dvou na sobě navazujících podjezdů. Překážky, které se vyskytují v tunelu je možno vidět jako tmavé objekty na světlejším pozadí světlíkového pásma. Koncepce zvýšených kontrastů („světelných louží“) je uveden v dokumentu:

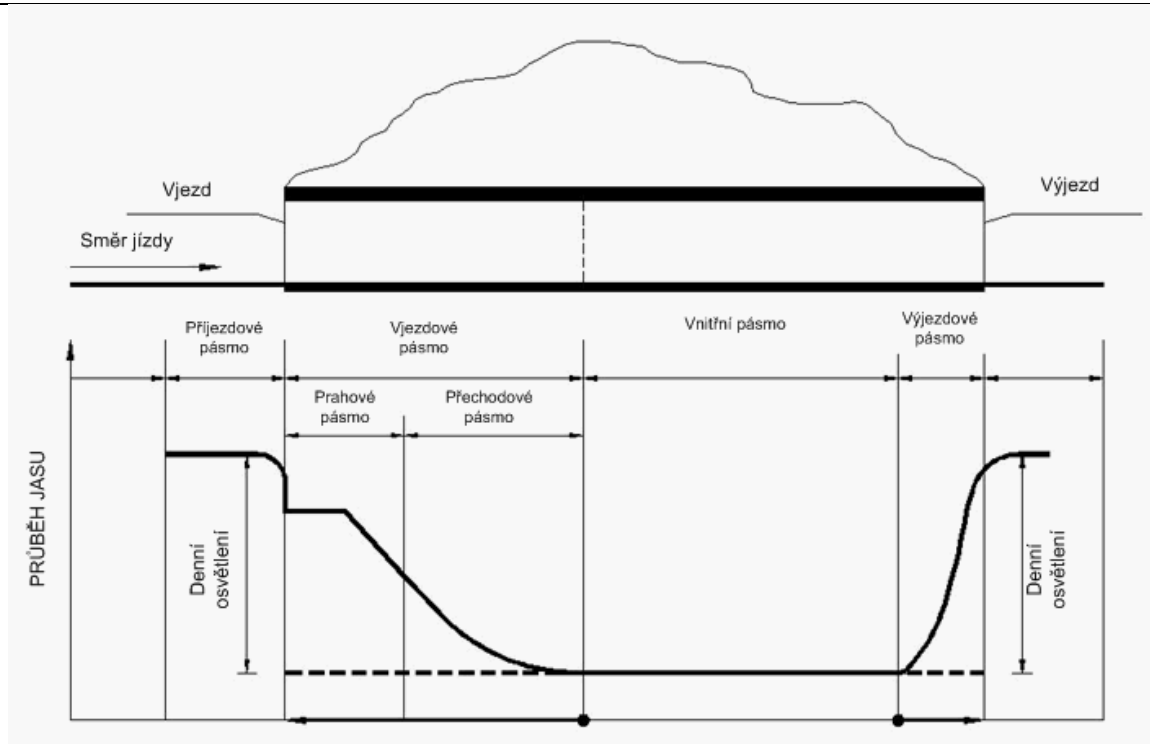
- RVS 09.02.41 – *Projektierungsrichtlinien Tunnelbeleuchtung (Version 20)*

Obě výše uvedené koncepce jsou zmiňovány i v dokumentu:

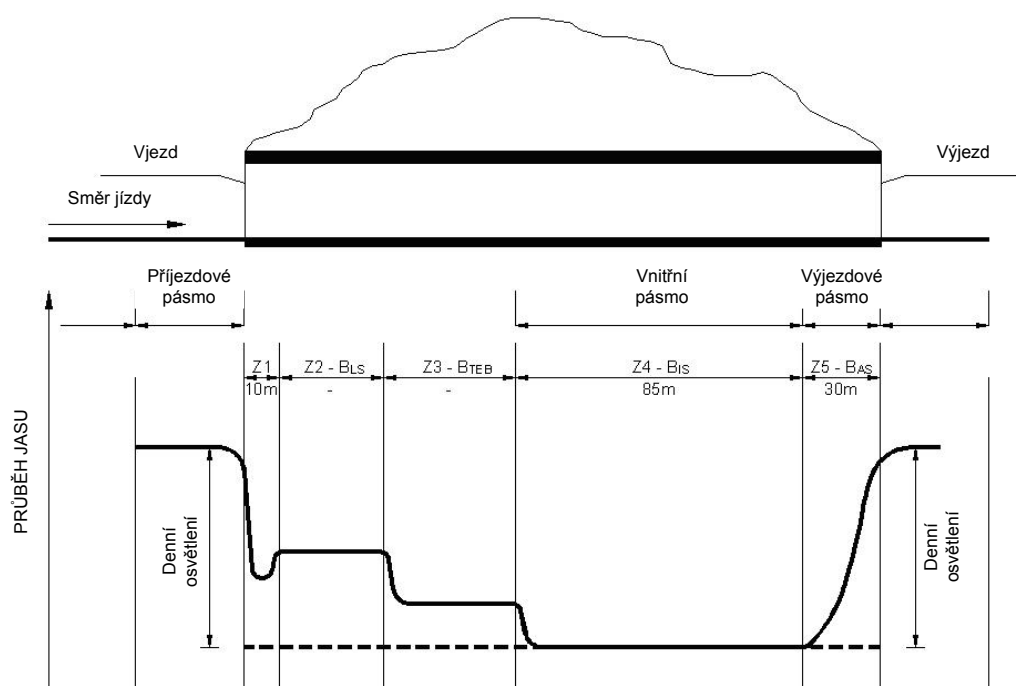
- CEN CR 14 380 – Lighting applications – Tunnel lighting

V praxi běžnější koncepce osvětlení je stejná jako pro dlouhý tunel, tzn., že se vychází z úrovně jasu v prahovém pásmu, který má zajistit odpovídající adaptační stav zraku (Obr. C-2). Podle multikriteriální analýzy na Obr. 4-3 lze stanovit, že tunely délky 25-75 m jsou osvětleny na úrovni 50% prahového pásma. Pro tunely mezi 75 a 125 m se používá osvětlení na úrovni 50% nebo 100%. Tunely nad 125 m jsou osvětleny na úroveň 100% prahového pásma.

Druhá koncepce osvětlení v tunelu pomocí tzv. „světelných louží“ je aplikována především v Rakousku a Švýcarsku (Obr. C-3). Lze předpokládat, že tento systém osvětlení je obecně méně energeticky náročný, ovšem je nutné detailněji sledovat a vyhodnotit zejména rizikové faktory dopravy, jako je nehodovost.



Obr. C-2: Podélný řez jednosměrným tunelem (koncepte osvětlení dlouhého tunelu)



Obr.C-3: Podélný řez jednosměrným tunelem (koncepte „světelných louží“)

Literatura

- [1] Svoboda J.: Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací; Kap. 7 „Tunely, podzemní stavby a galerie“, Pragoprojekt, Praha, 2006
- [2] Příbyl P., Janota A., Spalek J: Analýza a řízení rizik v dopravě - Tunely na pozemních komunikacích, BEN, Praha, 2008, ISBN 978-80-7300-2140-0
- [3] Příbyl P.: Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací; Technické podmínky 98, ELTODO EG, a.s., Praha 2004, ISBN 80-239-0110-9
- [4] CIE 88:2004 Guide for the lighting of road tunnels and underpasses
- [5] CEN CR 14 380 Lighting applications – Tunnel lighting
- [6] RVS 09.02.41 Projektierungsrichtlinien Tunnelbeleuchtung (Version 20)
- [7] Nařízení vlády č. 264 ze dne 20. července 2009 o bezpečnostních požadavcích na tunely pozemních komunikací delší než 500 metrů, Sbírka zákonů ročník 2009, částka 79
- [8] Richtlinien fuer die Ausstattung und den betrieb von Strassentunneln, RABT, FGSV, 2006

Název: Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací; Změna č. 1
technických podmínek TP98 (označení TP98/Z1)

Vydal: MD - OSI

Zpracovatel: ELTODO EG, a.s., hlavní editor: prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.
spoluautoři: Heissiger J., Štefan J., Hladký L.

Vydání: první

Náklad: neuveden

Počet stran: 42

Formát: A4

ISBN:

Tisk a distribuce: ELTODO EG a.s., Novodvorská 1010/14, 142 00 Praha 4