

Revízia TP 049 Vetranie cestných tunelov

Revision TP 049 Road tunnel ventilation

Štefan Zelenák¹, Štefan Zelenák²

Abstrakt

TP 049 Vetranie cestných tunelov boli spracované a uvedené do platnosti v 12/2011. Aplikácie ustanovení TP na konkrétnych tunelových projektoch ukázali potrebu revízie niektorých ustanovení. Príspevok pojednáva o zmenách v TP 049 Vetranie cestných tunelov.

Kľúčové slová

Vetranie cestných tunelov, koncepcia vetrania, požiarne vetranie tunelov

Abstract

TP 049 Road tunnel ventilation was developed and entered into force on 12/2011. The application of TP provisions to specific tunnel projects has shown the need to revise certain provisions. This paper discusses changes in TP 049 Road Tunnel Ventilation.

Key words

Ventilation of road tunnels, ventilation concept, fire tunnel ventilation

1 Úvod

TP 049 Vetranie cestných tunelov boli spracované tak, aby boli zabezpečené všetky fázy realizácie projektu vetrania tunela. Je tu rozpracovaná fáza projektovej prípravy s členením na fázu pre územné rozhodnutie, stavebné povolenie a realizáciu. Obsahujú tiež niektoré náležitosti dimenzovania vetrania. Nové kapitoly sú zabezpečenie kvality a dymové skúšky. Pôvodné kapitoly voľba systému a ciele vetrania, vetranie únikových ciest, vybavenie tunela a stratégia riadenia boli úplne prepracované s cieľom nastaviť podmienky projektovania a realizácie tak aby boli v praxi dosiahnuteľné a aby bola zvýšená bezpečnosť účastníkov premávky. Cieľom príspevku je prezentovať zmeny TP 049 Vetranie cestných tunelov preto príspevok obsahuje len niektoré kapitoly predmetných TP.

2 Základné požiadavky a zabezpečenie koncepcie vetrania tunelov

- Vetranie pri normálnej premávke.
- Vetranie v prípade požiaru.
- Zabezpečenie koncepcie a požiadavky na projektovú dokumentáciu vetrania tunelov v jednotlivých stupňoch jej tvorby:
 - Dokumentácia pre vydanie územného rozhodnutia.
 - Dokumentácia pre vydanie stavebného povolenia.

3 Smerodajné projektové parametre

- Premávka.
- Geometrické parametre tunela.
- Meteorologické podmienky.
- Tepelný výkon návrhového požiaru.

4 Množstvo vozidiel v tuneli v čase nehody

Ak je výskyt kongescie (dopravnej zápchy) občasný alebo pravidelný, scenáre požiarneho vetrania musia vziať do úvahy skutočnosť, že tunel je naplnený vozidlami.

Ak môže byť výskyt kongescie vylúčený, pre scenáre požiarneho vetrania sa môže predpokladať, že vozidlá po spustení núdzovej reakcie do tunela nevstupujú.

5 Voľba systému a ciele vetrania

5.1 Postup

Postup určenia systému a stanovenia cieľov vetrania:

- 1 Stanovenie dennej hustoty premávky na smer a jazdný pruh.
- 2 Stanovenie smerodajných dĺžok tunela.
- 3 Určenie kategórie tunelov podľa tabuľky 1 týchto TP.
- 4 Stanovenie základných druhov premávky
- 5 Určenie koncepcie vetrania tunela podľa tabuľky 2 týchto TP.
- 6 Stanovenie cieľov vetrania podľa tabuľky 3 týchto TP.

5.2 Kategórie tunelov a koncepcie vetrania

Pre požiarne vetranie sú smerodajné kategórie uvedené v tabuľke 1.

Tab. 1 Kategórie tunelov

Kategórie tunelov	A	B	C
Prevádzka	Tunely s jednosmernou prevádzkou a malou pravdepodobnosťou kongescie (bežné diaľničné tunely)	Tunely s jednosmernou prevádzkou a veľkou pravdepodobnosťou kongescie (bežné dvojrúrové mestské tunely)	Tunely s obojsmernou prevádzkou

Rozhodujúcim faktorom pre rozlíšenie tunelov kategórie A alebo B je výhradne otázka, či môžu vozidlá v prípade nehody opustiť tunel v dopravnom smere od miesta incidentu alebo či zostanú uviaznuté.

Kategória a dĺžka tunela definuje koncepciu systému vetrania. Koncepcie vetrania sú uvedené v tabuľke 2.

Tab. 2 Koncepcie vetrania v závislosti od kategórie a dĺžky tunela

Kategória tunela	Dĺžka tunela (m)	Koncepcia vetrania	
A, B, C	$l_t \leq 500$	A1, B1, C1	nepožaduje sa žiadne mechanické vetranie
A	$500 < l_t \leq 3\ 000$	A 2	pozdlžne vetranie
	$3\ 000 < l_t$	A2 alebo	pozdlžne vetranie iba ak výsledky analýzy rizík preukazujú prijateľné riziko, inak
	$3\ 000 < l_t$	A3	odsávanie dymu v blízkosti miesta požiaru

B, C	$500 < l_t \leq 1\,000$	B2, C2	pozdĺžne vetranie
	$l_t > 1\,000$	B2, C2 alebo	pozdĺžne vetranie iba ak výsledky analýzy rizík preukazujú prijateľné riziko, inak
	$l_t > 1\,000$	B3, C3	odsávanie dymu v blízkosti miesta požiaru

5.3 Ciele vetrania

Zhotoviteľ systému vetrania je zodpovedný za dosiahnutie cieľov vetrania pri preberacích skúškach (vrátane správnej funkcie meracích zariadení a prístrojov, ich rozmiestnenia a riadenia vetrania atď.).

5.3.1 Požiarne vetranie, krok 1 (samozáchrana)

Cieľom vetrania pri kroku jedna je stabilizácia prúdenia vzduchu v tuneli na cieľovú hodnotu prostriedkom regulácie pozdĺžneho prúdenia. Cieľové hodnoty pre jednotlivé kategórie tunelov sú uvedené v tabuľke 3.

Tab. 3 Cieľové hodnoty vetrania (cieľových rýchlostí bez tolerancií merania) pre jednotlivé kategórie tunelov a koncepcie vetrania

Kategória tunela	Cieľové hodnoty vetrania pre jednotlivé kategórie tunelov a koncepcie vetrania	
	System bez odsávania dymu	System s odsávaním dymu v blízkosti požiaru
A	Pozdĺžne vetranie, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s v smere dopravy	Rýchlosť pozdĺžneho prúdenia, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s z oboch strán k miestu odsávania
	Pozdĺžne vetranie, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s v smere prúdenia meraného pri detekcii požiaru pri mimoriadnej obojsmernej prevádzke v jednej tunelovej rúre	
B	Pozdĺžne vetranie, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s v smere dopravy	Rýchlosť pozdĺžneho prúdenia, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s z oboch strán k miestu odsávania
C	Pozdĺžne vetranie, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s v smere prúdenia meraného pri detekcii požiaru	Rýchlosť pozdĺžneho prúdenia, cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s z oboch strán k miestu odsávania

V kroku 1 sa spustí požiarne vetranie automaticky. Požadovaný stav prúdenia v zasiahnutom tuneli sa musí dosiahnuť najneskôr 120 s po detekcii požiaru. Prúdové ventilátory v blízkosti požiaru, kde sa pravdepodobne môže vyskytnúť vrstvenie dymu pod stropom sa nesmú spustiť.

5.3.2 Požiarne vetranie krok 2 (hasenie požiaru)

Cieľom vetrania v kroku 2 je jednostranné odvetranie dymu. Rýchlosť prúdenia studeného vzduchu musí dosahovať hodnotu kritickej rýchlosti stanovenej podľa vzťahu (15).

Krok dva sa spustí manuálne na žiadosť HaZZ, po úspešnom ukončení samozáchrany užívateľov tunela.

6 Dimenzovanie

Dimenzovanie vetracích zariadení sa realizuje pre požiarne vetranie a pri dlhých tuneloch dodatočne pre normálnu prevádzku. Prísnejšie požiadavky sú smerodajné.

6.1 Všeobecné údaje

- Objemová hmotnosť vzduchu
- Údaje o vozidlách
- Údaje o tuneli (smerné hodnoty):
 1. Koeficienty straty tlaku pri prúdení cez tunelovú jednotku.
 2. Koeficient trenia v tunelovej jednotke pre betónový povrch.
 3. Strata tlaku trením na tunelovú jednotku o dĺžke l_t .

6.2 Dimenzovanie pre normálnu premávku

- Údaje o dopravnej premávke.
- Smerodajná premávka
- Stav premávky.

V prípade obojsmernej premávky sa pri dimenzovaní vetrania musia vziať do úvahy nevyvážené hustoty premávky tak ako je uvedené v tabuľke 4.

Tab. 4 Rozdelenie premávky podľa smerov pre výpočet pozdĺžneho vetrania pri obojsmernej premávke

Smer 1	40 %	60 %
Smer 2	60 %	40 %

6.3 Hodnoty na dimenzovanie kvality vzduchu

Na dimenzovanie vetrania pre bežnú prevádzku sa odporúčajú hodnoty kvality vzduchu v jazdnom priestore uvedené v tabuľke 5.

Tab. 5 Hodnoty oxidu uhoľnatého a opacitu na dimenzovanie

Oxid uhoľnatý (C_{CO}) (ppm)	Opacita (C_{OP}) (km ⁻¹)
70	5

Pri dodržaní hodnôt na opacitu a CO na dimenzovanie je dodržaná aj hodnota na nitrózne plyny, takže nie je nevyhnutné samostatné dimenzovanie na NO_x.

6.3.1 Výpočet objemového prietoku vzduchu

Požadovaný objemový prietok čerstvého vzduchu k zníženiu koncentrácií oxidu uhoľnatého CO

Požadovaný objemový prietok čerstvého vzduchu na odstránenie zníženej viditeľnosti

Minimálny požadovaný objemový prietok čerstvého vzduchu

Smerodajný požadovaný objemový prietok čerstvého vzduchu

6.4 Dimenzovanie požiarneho vetrania

6.4.1 Tepelný výkon požiaru

Smerodajný tepelný výkon požiaru pre návrh vetrania sa určuje podľa predpokladaného počtu ťažkých nákladných vozidiel (TNV) v tunelovej rúre, tabuľka 6.

Tab. 6 Smerodajný tepelný výkon požiaru v závislosti od výskytu TNV

Počet ťažkých nákladných vozidiel na tunelovú rúru a deň (TNV. km/deň a TR)	Smerodajný tepelný výkon požiaru (MW)
$TNV \leq 100$	5
$100 < TNV \leq 4\,000$	30
$4\,000 < TNV \leq 6\,000$	50
$TNV > 6\,000$	Zvýšenie tepelného výkonu na základe rizikovej analýzy

Odlíšny tepelný výkon požiaru je v prípade potreby možné určiť na základe rizikovej analýzy.

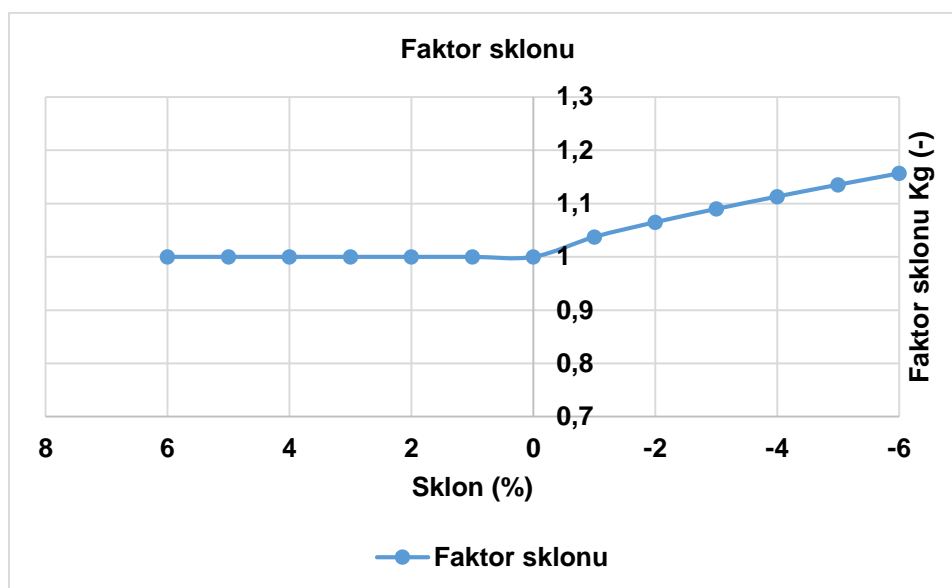
6.4.2 Stanovenie kritickej rýchlosti prúdenia vzduchu

Odporúča sa výpočet kritickej rýchlosti podľa Kennedyho modelu, vzťah (15).

$$v_{\text{crit}} = K_1 \cdot K_g \cdot \left(\frac{g \cdot H \cdot Q}{\rho \cdot c_p \cdot A \cdot T_f} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{m/s}) \quad (15)$$

kde:

v_{crit}	je kritická rýchlosť	(m/s),
K_1	0,606 (Froudov faktor, (Fr -1/3)	(-),
K_g	faktor sklonu (obrázok 2)	(-),
g	tiažové zrýchlenie	(m/s ²),
H	výška tunela na strane požiaru	(m),
Q	tepelný výkon požiaru odovzdávaný do vzduchu	(W),
ρ	priemerná objemová hmotnosť privádzaného vzduchu	(kg/m ³),
c_p	hmotnostná tepelná kapacita	(J/kg.K),
A	plocha svetlého prierezu tunela	(m ²),
T_f	priemerná teplota plynov na strane požiaru	(K),
T	teplota privádzaného vzduchu	(K).



Obr. 1- Faktor sklonu K_g pre určenie kritickej rýchlosti v_{crit}

6.4.3 Požiarový vztlak

V tuneloch s pozdĺžnym sklonom pôsobí požiar následkom teplotných rozdielov na vzduch v jazdnom priestore. Pri dimenzovaní vetrania je treba zohľadňovať vztlak podľa vzťahov (16, 17 a 18).

$$T_f = \frac{Q}{\rho \cdot A \cdot c_p \cdot v} + T_0 \quad (\text{K}) \quad (16)$$

$$\Delta p_{po} = \frac{v \cdot g \cdot i \cdot \rho}{c} \cdot \ln \left[\frac{T_0 + (T_f - T_0) \cdot \exp\left(\frac{c \cdot L_T}{v}\right)}{T_f} \right] \quad (\text{Pa}) \quad (17)$$

$$c = -\frac{\alpha \cdot U_T}{\rho \cdot A \cdot c_p} \quad (1/\text{s}) \quad (18)$$

kde:

i	je sklon	(%)
v	rýchlosť prúdenia	(m/s)
g	ťažové zrýchlenie	(m/s ²)
ρ	priemerná objemová hmotnosť vzduchu	(kg/m ³)
c_p	hmotnostná tepelná kapacita	(J/kg K)
α	koeficient vedenia tepla	(W/m ² K)
Q	tepelný výkon požiaru odovzdávaný do vzduchu	(W)
A	plocha svetlého prierezu tunela	(m ²)
U_T	obvod priečného rezu tunela	(m)
L_T	dĺžka tunela	(m)
T_0	teplota vzduchu pred požiarom	(K)
T_f	priemerná teplota plynov v mieste požiaru	(K)

6.4.4 Množstvo vozidiel v tuneli v čase nehody

Pre výpočet množstva vozidiel v tuneli v čase požiaru sa predpokladá:

- že pri jednosmernej premávke (kategórie tunelov A a B) zostane v tuneli 100 % priemerného počtu vozidiel a počet vozidiel, ktoré vojdú do tunela za 3 min po zistení požiaru,
- že pri obojsmernej premávke (kategórie tunelov C) zostane v tuneli 50 % priemerného počtu vozidiel a počet vozidiel, ktoré vojdú do tunela za 3 min po zistení požiaru.

6.5 Dimenzovanie požiarneho vetrania, odsávanie dymu

- Objemový prietok odsávania
- Dĺžka zadymenej zóny
- Odsávacie klapky
- Netesnosti
- Redundancia

7 Vetranie núdzových východov

Pri tuneloch s dvoma rúrami slúžia priečne prepojenia do susednej tunelovej rúry ako únikové cesty. Ako únikové cesty tiež slúžia priečne prepojenia medzi tunelovou rúrou a samostatnou únikovou štôľňou. Priečne prepojenia musia byť uzatvorené dverami.

7.1 Ochrana únikových ciest v priečnom prepojení proti prenikaniu splodín horenia

Je zabezpečená vytvorením pretlaku v únikovej ceste. Pretlak musí byť taký, aby zabezpečil ochranu únikovej cesty a aby sila potrebná na otvorenie dverí neprekročila hodnotu 100 N. Pretlak je možné vytvoriť:

- Prúdovými ventilátormi v nezasiahnutej tunelovej rúre. V takomto prípade musí byť dosiahnutý pretlak v nezasiahnutej tunelovej rúre voči zasiahnutej tunelovej rúre min 30 Pa pri všetkých priečných prepojeniach. Pretlak voči zasiahnutej tunelovej rúre sa dosiahne keď sú súčasne otvorené dvojce dvere priečného prepojenia.
- Samostatným vetracím zariadením. Pretlak voči zasiahnutej tunelovej rúre sa dosiahne, keď sú otvorené jedny z dvoch dverí priečného prepojenia na strane zasiahnutej tunelovej rúry.

Rýchlosť prúdenia vzduchu cez otvorené únikové dvere pre osoby musí byť väčšia ako 1,0 m/s.

8 Vybavenie tunela

8.1 Teplotná odolnosť častí systému vetrania

Monitorovacie, resp. ochranné zariadenia častí systému vetrania, ktoré môžu byť vystavené účinkom splodín horenia a v čase požiaru nebudú alebo nemôžu byť vyradené z prevádzky, musia mať rovnakú teplotnú odolnosť ako časti systému vetrania.

8.2 Nadväznosti na technologické vybavenie tunela a určenie zodpovednosti

Za rozmiestnenie meracích a detekčných zariadení je zodpovedný projektant merania fyzikálnych veličín v tuneli v súčinnosti a na základe požiadaviek projektanta vetrania tunela.

Zodpovedný projektant vetrania tunela stanoví požiadavky na poskytovanie informácií z EPS ústredne (Elektrická požiarne signalizácia), prostredníctvom riadiaceho systému, tiež ďalšie požiadavky na rozhranie CRS (Centrálny riadiaci systém) z iných subsystémov, ak sú požadované, t. j. stanoví rozhranie .

Určenie zonácie tunela stanoví Projekt protipožiarnej bezpečnosti tunela v súlade s požiadavkami a potrebami nadväzujúcich systémov (napr. Vetranie, CRS, Uzatvorený televízny okruh, EPS, Premenné dopravné značenie a pod.).

8.3 Meracie prístroje a detekčné zariadenia

- Rozmiestnenie snímačov a detekčných zariadení
- Požiadavky na vyhotovenie zariadení

8.3.1 Minimálne požiadavky na rozsah merania a presnosť merania

Všetky meracie prístroje inštalované v tuneli musia spĺňať minimálne požiadavky v presnosti merania uvedené v tabuľke 8.

Tab. 7 Rozsah, presnosť a čas reakcie merania fyzikálnych veličín

Meraná veličina	Rozsah merania	Presnosť merania	Čas reakcie
Rýchlosť prúdenia	-12 až +12 m/s	$\pm (0,1 \text{ m.s}^{-1} \pm 1 \% \text{ konečnej hodnoty})$	
Opacita typ O s vysokou presnosťou a malým rozsahom	0 až 15 km^{-1}	V rozsahu 0 až 15 km^{-1} presnosť $\pm 0,2 \text{ km}^{-1}$	
Opacita typ D s nízkou presnosťou a veľkým rozsahom, detektor dymu	0 až $3\,000 \text{ km}^{-1}$	V rozsahu 0 až 15 km^{-1} presnosť $\pm 1 \text{ km}^{-1}$	Skoková zmena hodnoty o viac ako 10 km^{-1} pri rýchlosti prúdenia 1 m.s^{-1} musí byť zaznamenaná do 10 s, pri rýchlosti prúdenia pod 1 m.s^{-1} do 30 s
CO	0 až 300 ppm	V rozsahu 0 až 150 ppm ± 5 ppm, v rozsahu 150 až 300 ppm ± 12 ppm	
NO ₂	0 až 5 ppm	V rozsahu 0 až 1 ppm $\pm 0,05$ ppm, v rozsahu 1 až 5 ppm $\pm 2 \%$ z konečnej hodnoty	
Teplota	-20 až +40 °C	$\pm 0,5 \text{ °C}$	
Relatívna vlhkosť	0 až 100 %	$\pm 1 \%$	

- Kalibrácia meracích zariadení
- Rýchlosť a presnosť určenia stavu a miesta udalosti
- Čas reakcie meracích systémov
- Požiadavka na zálohovanie
- Upresnenie vzťahu elektrická požiarňa signalizácia a meracie a detekčné zariadenia

8.3.2 Meracie zariadenia smeru a rýchlosti prúdenia vzduchu

V každom tuneli, kde sa vykonáva regulácia rýchlosti prúdenia vzduchu, je nutné inštalovať najmenej tri meracie miesta na meranie smeru a rýchlosti prúdenia vzduchu, tak aby bolo možné výsledok merania krížovo skontrolovať aspoň s dvomi ďalšími anemometrami.

Smer a rýchlosť prúdenia vzduchu v dopravnom priestore je nutné merať minimálne v nasledujúcich miestach:

- Tunely s pozdĺžnym vetraním tri meracie miesta rozložené po dĺžke tunela. Každé meracie miesto pozostáva z jedného anemometra a jedného snímača teploty. Ďalšie meracie miesta v tuneli vo vzájomnej vzdialenosti max. 1 000 m.
- Tunely s odsávaním jedno meracie miesto na každý portál, ďalšie meracie miesta v tuneli vo vzájomnej vzdialenosti max. 1 000 m. Každé meracie miesto pozostáva z troch anemometrov vo vzájomnej vzdialenosti cca 20 m s rovnakou plochou svetlého prierezu a jedného snímača teploty vzduchu.
- Pri tunelových komplexoch, tunelových sieťach musia byť ďalšie meracie miesta umiestnené v každej vetve.

8.3.3 Snímače opacity a detektory dymu

Rozlišujú sa dva typy snímačov opacity:

- Snímač opacity typ O s vysokou presnosťou a malým rozsahom.
- Snímač opacity typ D s nízkou presnosťou a vysokým rozsahom (detektor dymu).

8.3.4 Ďalšie snímače a merače

- Snímače koncentrácií oxidu uhoľnatého (CO)
- Snímače teploty a relatívnej vlhkosti
- Sčítače dopravy
- Detekcia požiaru

8.4 Ventilátory

- Prúdové ventilátory
- Vzdialenosť prúdových ventilátorov
- Vyhotovenie
- Monitorovanie prúdových ventilátorov
- Prívodné a odsávacie ventilátory
- Monitorovanie prívodných a odsávacích ventilátorov

8.5 Odsávacie klapky

- Umiestnenie a ovládanie
- Vyhotovenie
- Odsávacie klapky musia spĺňať aspoň nasledovné požiadavky:
 - Voľná plocha prierezu klapky musí byť aspoň 75 % otvoru v medzistrome.
 - Ložiskové puzdrá musia byť vyhotovené z materiálov, ktoré majú dobré mazacie vlastnosti aj pri zvýšených teplotách a majú stále protikorózne vlastnosti (sintrovaný bronz nie je povolený).
 - Ložiská a nastavovací mechanizmus pre telieska, lišty klapky musia byť odolné proti vnikaniu prachu a vlhkosti.

- Klapky musia byť vyhotovené a v medzistrome umiestnené tak, aby výrazným spôsobom (max. 100 mm) nezasahovali do priestoru kanála a tým nespôsobovali zvyšovanie aerodynamických strát.
- Pohon pre ovládanie klapiek jeho veľkosť a umiestnenie nesmie výrazným spôsobom zasahovať (max. 8 % plochy svetlého prierezu) do priestoru kanála a tým spôsobovať zvyšovanie aerodynamických strát.
- Netesnosť
- Monitorovanie klapiek

8.6 Požiadavky na kanálové klapky

Kanálové klapky musia spĺňať aspoň nasledovné požiadavky:

- Voľná plocha prierezu klapky musí byť aspoň 75 % plochy svetlého prierezu kanála.
- Ovládací čas od jednej koncovej polohy 0° do druhej 90° musí byť maximálne 30 s.

8.7 Požiadavky na medzistrop (rozhranie na stavebnú časť)

Pri odsávaní sa odporúča naprojektovať svetlú plochu prierezu odsávacieho kanála v medzistrome na maximálnu rýchlosť prúdenia 20 m/s, za predpokladu odsátého množstva podľa týchto TP. Odsávací kanál musí byť priechodný so svetlou výškou minimálne 1,9 m.

9 Stratégia riadenia

9.1 Požiarne vetranie

9.1.1 Vyhodnotenie snímačov opacity a detektorov dymu

Postupujúci požiar

Požiar sa považuje za postupujúci, ak:

- aspoň jeden snímač, resp. detektor namerajú hodnotu opacity vyššiu ako nízka hraničná hodnota (napr. nastavenie 12 km⁻¹), ale nižšiu ako vysoká hraničná hodnota (napr. nastavenie 100 km⁻¹),
- rýchlosť šírenia dymu je vyššia ako rýchlosť prúdenia vzduchu v tuneli, alebo smer šírenia dymu je opačný ako smer prúdenia vzduchu v tuneli.

Stacionárny požiar

Požiar sa považuje za stacionárny, ak:

- aspoň jeden snímač, resp. detektor nameria hodnotu opacity vyššiu ako vysoká hraničná hodnota (napr. nastavenie 100 km⁻¹),
- rýchlosť a smer šírenia dymu je podobná rýchlosti prúdenia vzduchu v tuneli.

9.1.2 Predbežný alarm

Predbežný alarm sa spustí prostredníctvom CRS **pre postupujúci požiar a pre neznáme miesto požiaru:**

- automaticky postupujúcim požiarom detegovaným dymovými hlásičmi, príp. snímačmi opacity,
- automaticky z ústredne EPS signalizáciou predbežného alarmu,
- operátorom ručným zadaním.

Odobratie hasiacich prístrojov, aktivácia tlačidlového hlásiča EPS, videodetekcia požiaru a otvorenie únikových dverí nespúšťajú požiarne vetranie, ale len poskytujú varovný signal, tzv. predalarm pre operátora. Signalizácia sa spustí v režime výstrahy-upozornenia, tunel zostáva otvorený. Spustenie predbežného alarmu vykoná operátor po zhodnotení situácie.

Predbežný alarm spustí požiarne vetranie pre stav „neznáme miesto požiaru“ a tunel sa musí pre prevádzku uzavrieť (cestná svetelná signalizácia svieti na portáloch na červeno vo vnútri tunela bliká oranžovým svetlom).

9.1.3 Reakcia systému vetrania

Systém vetrania vykazuje tieto reakcie pre stav “**neznáme miesto požiaru**“:

Tab. 8 Reakcia systému pri predbežnom alarme

Kategória tunela	Cieľové hodnoty vetrania pre jednotlivé kategórie tunelov a koncepcie vetrania	
	Systém bez odsávania dymu	Systém s odsávaním dymu v blízkosti požiaru
A	Spustí sa regulácia (cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,5 – 2,0 m/s), len keď je prúdenie pomalšie ako cieľová hodnota (prirodzené prúdenie spôsobené prevádzkou sa nebrzdí !), miesto požiaru sa predpokladá pred výjazdovým portálom (v smere jazdy)	Spustí sa odsávanie na 50 % výkonu. Miesto odsávania je pred výjazdovým portálom
B	Spustí sa regulácia (cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s), miesto požiaru sa predpokladá pred výjazdovým portálom (v smere jazdy)	Spustí sa odsávanie na 50 % výkonu. Miesto odsávania je pred výjazdovým portálom
C	Spustí sa regulácia (cieľová hodnota rýchlosti prúdenia vzduchu je 1,0 – 1,5 m/s), miesto požiaru sa predpokladá v strede tunela	Spustí sa odsávanie na 50 % výkonu. Miesto odsávania je v strede tunela
		Pri tuneloch s priečnym vetraním sa vypne prívod vzduchu

9.1.4 Alarm

Alarm sa spustí prostredníctvom CRS **pre stacionárny požiar a známe miesto požiaru**:

- automaticky dymovým hlásičom, príp. snímačom opacity,
- automaticky z ústredne EPS na základe aktivácie EPS hlásičov, líniovým teplotným hlásičom,
- operátorom cez CRS.

Reakcia systému vetrania

Systém vetrania vykazuje tieto reakcie pre stav požiarne vetranie. Pri všetkých tuneloch sa spustí riadenie **s určeným miestom požiaru**. Keď je požiar s určeným miestom vo vzdialenosti do cca 100 m od portálu, spustí sa vetranie smerom von z portálu.

Pri tuneloch s odsávaním sa spustí odsávanie na 100 % kapacity na mieste požiaru. Pri tuneloch s priečnym vetraním sa vypne prívod vzduchu.

9.1.5 Odvetranie dymu

Režim odvetranie dymu v kroku dva sa spustí manuálne na základe požiadavky HaZZ. Pri tuneloch s odsávaním sa odvetráva bez zmeny režimu.

10 Požiarne scenáre

Požiarne scenáre obsahujú aj činnosť vetrania v čase požiaru. Ak je v tuneli inštalované stabilné hasiace zariadenie (SHZ), požiarový scenár musí zohľadňovať vzájomné interakcie medzi vetraním a SHZ.

11 Zabezpečenie kvality

11.1 Skúšky vo výrobe a v skúšobni (FAT)

- Prúdové ventilátory
- Prívodné a odsávacie ventilátory
- Odsávacie klapky
- Riadiaci systém vetrania

11.2 Skúšky v tuneli

11.2.1 Individuálne funkčné skúšky požiaro bezpečnostných a vetracích systémov (SAT)

- Prúdové ventilátory
- Prívodné a odsávacie ventilátory
- Odsávacie klapky
- Netesnosť odsávania
- Hluk
- Meranie hlučnosti
- Kontrola a kalibrácia meracích zariadení prúdenia vzduchu
- Kalibrácia a kontrola snímačov opacity, prípadne iných škodlivých látok

11.2.2 Skúšky pozdĺžneho vetrania

Cieľom skúšok pozdĺžneho vetrania je overenie, či realizované vetranie zodpovedá projektovanému stavu. Skúšky sa realizujú pod záťažou, s protitlakmi.

11.2.3 Pričné prepojenie a vetranie chránených únikových ciest

Skontrolované musia byť nasledujúce veličiny:

- Sila potrebná na otvorenie dverí núdzového východu
- Diferenciálny tlak cez zatvorené dvere núdzového východu
- Rýchlosť prúdenia vzduchu cez otvorené dvere núdzového východu

11.2.4 Komplexné skúšky (SIT)

Pre komplexné skúšky je nutné vypracovať podrobný program s definíciou všetkých skúšobných scenárov, vrátane poruchových stavov. Pre každý scenár je potrebné definovať akceptačné kritéria.

Podrobné skúšky požiarneho vetrania musia byť povinne realizované pred otvorením tunela.

12 Dymové skúšky

12.1 Rozsah dymových skúšok

V čase uvádzania tunela do prevádzky musia byť vykonané dymové skúšky. Cieľom skúšok je overenie požiarneho vetrania:

- Správnej funkcie snímačov opacity a dymových hlásičov.

- Meracích zariadení smeru a rýchlosti prúdenia.
- Rýchlosti a presnosti určenia miesta udalosti.
- Času reakcie meracích systémov.
- Časového priebehu prechodových stavov, simulácia dopravy, spustenie vetrania, reverzácia vetrania v nezasiahnutej tunelovej rúre.
- Stratifikácie dymovej vrstvy.
- Recirkulácie dymu na portáloch.
- V systémoch s odsávaním dĺžka zadymenej zóny.
- Skúška ochrany únikových ciest v priečných prepojeniach.
- Skúška vetrania nezasiahnutej tunelovej rúry alebo únikovej štólne pre vybrané scenáre.
- Overenie stratégie zásahu hasičských jednotiek.

Scenáre pre dymové skúšky je treba stanoviť na základe kategórie tunela a projektu s možnou variáciou nasledujúcich parametrov:

- programy požiarneho vetrania,
- protitlaký / prirodzené pozdĺžne prúdenie z jednej strany – z druhej strany, pričom protitlaký je treba nastaviť pomocou mobilných prúdových ventilátorov,
- množstvo dymu najmenej cca 20 m³/s (zodpovedá požiaru osobného vozidla 5 MW).

12.2 Rozsah dokumentácie vyhodnotenia

Výsledky sa musia dokumentovať:

- videozáznamom,
- záznamom stavu všetkých relevantných bezpečnostných zariadení vrátane senzorov,
- záznamom stavu všetkých vetracích zariadení,
- záznamom meteoúdajov z meteostaníc tunela v predmetnom časovom úseku,
- podrobnou správou so všetkými relevantnými pozorovaniami a hodnoteniami.

13 Záver

Pri spracovaní TP 049 Vetrание cestných tunelov boli využité najnovšie poznatky z problematiky vetrania podzemných priestorov, vetrania priestorov postihnutých požiarom a poznatky z oblasti techniky a technických prostriedkov potrebných k zaisteniu bezpečnosti v priestoroch tunela.

Literatúra

- | | | |
|------|---|---|
| [L1] | Metodický pokyn Větrání silničních tunelů | Voľba systému, navrhovanie a zabezpečenie kvality vetracích systémov diaľničných tunelov, MD ČR, 2013; |
| [L2] | NFPA 502 | Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways, 2017 Edition, [Norma pre cestné tunely, mosty a cestné komunikácie s limitovaným prístupom, diaľnice, 2017]; |
| [L3] | RABT 2016 | Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln, RABT, 2016, [Usmernenia pre vybavenie a prevádzku cestných tunelov, Nemecko, 2016]; |
| [L4] | RVS 09.02.31 | Tunnel, Tunnelausrüstung, Belüftung, Grundlagen, Österreich, 2014, [Tunel, tunelové vybavenie, vetranie, základy, Rakúsko, 2014]; |
| [L5] | TP 98 | Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací, MD ČR, 2004. |

Tunely a podzemné stavby 2018, 23.-25. 5. 2018 Žilina