

POZNATKY ZE ZKUŠEBNÍHO POŽÁRU V TUNELU VALÍK

INFORMATION GAINED DURING FIRE TEST IN VALIK TUNNEL

JIŘÍ SVOBODA, VLADIMÍR VLČEK, JIŘÍ POKORNÝ, PETR KUČERA, JAN HORA

ÚVOD

Základní požadavky na vyzkoušení požárního zabezpečení tunelu v Česku jsou dány technickými podmínkami „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“ (TP 154). Zkoušky jsou součástí první hlavní prohlídky tunelů. U tunelu Valík to byl navíc požadavek HZS PK uplatněný při projednávání dokumentace ke stavebnímu povolení. Po dohodě s pracovníky HZS PK a GR HZS byly zkoušky rozděleny na 2 části, a to na zkušební požár v tunelu v době před hlavní montáží technologie a naopak zkoušku IZS až po úplném dokončení a namontování veškeré technologie v tunelu.

ZKUŠEBNÍ POŽÁR

Před uvedením tunelu Valík na dálnici D5 do provozu byl dne 25. 5. 2006 proveden zkušební požár. Při tomto požáru byl vyzkoušen vliv přirozeného větrání a následně nucené větrání na šíření kouře v tunelové troubě. Byl také ověřován vliv velikosti raženého profilu tunelu, reverzace ventilátoru na šíření kouře. Koncepce požární zkoušky byla navržena na základě matematických modelů zpracovaných výzkumným ústavem TUPO. V předstihu byly zpracovány modely typu pole a zónové modely. Cílem bylo odhadnout velikosti požáru a možné průběhy teplot v prostoru při tepelném zatížení 5MW.

ZADÁNÍ POŽÁRU

Požár osobního automobilu byl simulován hořením 170 litrů automobilového benzínu (BA) v otevřené nádrži o ploše 4 m² umístěné ve středu vozovky jižní tunelové trouby (JTT). Po celou dobu hoření/požáru byly v čase snímány teploty, hustoty toku tepla, rychlosti proudění vzduchu v tunelu. Dále bylo vzorkováno ovzduší v blízkosti pražského portálu pro chemickou analýzu k určení hlavních toxikantů, celkové vydatnosti zplodin hoření a tepelného výkonu požáru. V blízkosti/okolí pražského a rozvadovského portálu byla měřena meteositace (teplota, relativní vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru).

Zkušební požár byl proveden 2x:

- 1) za nuceného větrání jedním ventilátorem;
- 2) za přirozeného větrání (proudění vzduchu portál Rozvadov – portál Praha), následně spuštění ventilátoru.

O den dříve byly provedeny opakované zkoušky pomocí vyvíječe studeného kouře při obdobném zadání funkce ventilace, zúžení profilu tunelu apod. Problémem byla již příprava zařízení tak, aby byla všechna zařízení schopna současně činnosti (odchylný pracovní režim jednotlivých vyvíječů). Nutná doba zahřívání je minimálně 40 min.

ZÁVĚRY MATEMATICKÝCH MODELŮ, NAVRHOVANÁ TECHNICKÁ OPATŘENÍ PRO OCHRANU VLASTNÍ TUNELOVÉ TROUBY

Za předpokladu výkonu požáru 5MW, geometrických rozměrů tunelu a předpokládaných vnějších podmínek byly modelováním stanoveny nejvyšší teploty plynů v posuzovaném prostoru 250 °C, skokové difference se v ojedinělých případech blížily 350 °C.

Průměrná výška plamene měla dosahovat 4,5 až 5,1 m nad povrchem hořících látek. Na základě teplot stanovených modelováním se předpokládalo, že prognózované teploty ani výška plamene nemohou tepelně negativně působit na stavební konstrukci tunelu. Přesto byla chráněna konstrukce tunelu od kóty -10 m do vzdálenosti +20 m (měřeno od osy tepelného zdroje). Ostění bude obloženo od výšky +5 m nad podlahou po horní klenbu. Pro ochranu konstrukce bylo použito rohoží ORSTECH DP80 připevněných hmoždinkami na obezdvíku a zajištěných průběžnými pojišťovacími lankami. Ochrana obezdvíky byla navržena na základě výpočtových modelů provedených v předstihu výzkumnou organizací HZS-TUPO.

INTRODUCTION

The basic safety requirements for the fire system testing in the Czech Republic are given by technical requirements “Operating, Management and Maintenance of Road Tunnels” (TP 154). The test are part of the first main tunnel inspection. Moreover, in the case of Valik Tunnel, this was a condition stipulated by HZS PK during construction permission hearing. After agreement with HZS PK and GR HZS, the fire tests were divided into 2 parts, the test fire in the tunnel before the main tunnel equipment installation and IZS test after complete assembly of the tunnel equipment.

FIRE TEST

Before the start of operation of the Valik Tunnel on D5 Motorway, there was the fire test performed on 25.5.2006. During this test, the function of natural ventilation on smoke spreading in the tunnel tube was tested, followed by the same for artificial ventilation. The effect of the tunnel cross section and reverse operation of ventilation fan was also monitored. The concept of the fire test was designed as a result of mathematical models prepared by research institution TUPO. In advance the field and zone models were prepared. The aim was to assess the size of the fire and potential temperature development by 5MW fire.

FIRE TEST DESIGN

The car fire was simulated by burning 170 l of petrol (BA) in open tank with area of 4 m² placed in the middle of roadway of the South Tunnel Tube (JTT). During the whole duration of fire the temperatures, densities of thermal flow and speed of air flows were monitored in time. Further, the sampling of air in the Prague portal vicinity for chemical analysis of main toxic substances, total abundance of combustion products and thermal rate of the fire were performed. In the vicinity of both, Prague and Rozvadov portals, the meteorological conditions were monitored (temperature, relative air humidity, velocity and direction of the wind).

The fire test was performed 2x:

- 1) during artificial ventilation with one fan
- 2) during natural ventilation (the air flow direction from Rozvadov portal to Prague portal), with subsequent starting of ventilation fan.

A day earlier the repetitive tests by cold smoke initiator, by similar functioning of ventilation, tunnel profile reduction, etc. were carried out. The problem was to prepare the test equipment for concurrent functioning (different work regime of particular initiators). The time period needed for heating is 40 min.

MATHEMATICAL MODEL RESULTS, PROPOSED TECHNICAL MEASURES FOR TUNNEL TUBE PROTECTION

Based on the assumptions of 5MW heat release rate of the fire, tunnel cross section and expected outside conditions, the highest gas temperatures 250°C in the assessed space were determined by the model; temperature jumps in sporadic cases were close to 350°C.

The average height of the flame was estimated to be 4,5 to 5,1 m above the burning surface. Based on the temperatures gained by modelling it was supposed that neither predicted temperatures nor the flame height could negatively affect the tunnel lining. Nevertheless, the lining was protected in distances -10m to +20m (measured from the heat source axis). The lining was protected from the invert to the level +5m. For protection the ORSTECH DP80 mats were used; they were fixed to the lining by dowels and secured by continuous steel strings. The lining protection was designed according to the mathematical models carried out by research institute HZS-TUPO.

Prognosis of the thermal field was performed by using zone and field type models, both in reduced scale and in the model with approximately realistic tunnel dimensions. Modelling was done assuming conditions similar to the ones expected during the experiment.

The results of modelling gave assurance that the temperatures during the fire test will not cause lining damage.

Prognóza teplotního pole byla uskutečněna s využitím zónových modelů a modelů typu pole, a to ve zmenšeném měřítku a v modelu s přibližně reálnými rozměry tunelu. Modelování bylo provedeno za podmínek blízkých se předpokládaným podmínkám připravovaného experimentu.

Výsledky modelování vedly k přesvědčení, že teploty dosažené při požárních zkouškách nezpůsobí poškození tunelového ostění.

Měření při zkouškách předpoklad získaný modelováním potvrdila. Shodu mezi predikovanými a naměřenými hodnotami lze posuzovat jako přijatelnou.

Modelování požáru je nesporně perspektivní oblastí, která nalezne své uplatnění v řadě praktických aplikací. Kombinace reálných zkoušek a modelování se jeví jako optimální postup, který vede k úspoře finančních prostředků.

PŘEDMĚT MĚŘENÍ

Při požárních zkouškách bylo snímáno v čase:

- **teplotní pole**
- **teploty ovzduší ve svislé rovině** podélnou osou tunelu na pozicích -50 m, -20 m, -5 m, 0 m (pozice nádrže s BA), +5 m, 10 m, 15 m, 35 m a 80 m (směr proudění vzduchu v tunelu) ve třech výškových hladinách 2,5 m, 4 m, 8 m, viz příloha 1,
- **teploty na ostění JTT** na pozicích -5 m, 0 m, 5 m, 10 m a ve výškových hladinách 0 m, 4 m a 6,5 m, viz příloha 2,
- **bezprostředního okolí plamene hořícího BA** v otevřené nádrži na pozici 0 m;
- **pole hustot toku tepla**
- na pozici -5 m ve výšce 1,5 m na podélné ose JTT,
- na pozici 0 m ve 2,5 m vzdálenosti od okraje nádrže kolmo na podélnou osu JTT ve výškách 1,5 m a 2,5 m,
- na pozici +5 m a ve 2,5 m vzdálenosti kolmo na podélnou osu JTT,
- na pozici +5 m ve výšce 1,5 m na podélné ose JTT;
- **šíření horkého kouře**
- na pozicích +40 m a +80 m po celém profilu a v podélném směru JTT,
- na rozhraní ražené a hloubené části pražského portálu JTT ve výšce 4 m na podélné ose;
- **koncentrace vybraných toxikantů** v ovzduší požáru na podélné ose a rozhraní hloubené a ražené části pražského portálu JTT se vzorkováním ovzduší na výškových hladinách 4 m, 6 m a 8 m (na svislici);
- **rychlosti proudění vzduchu v tunelu;**
- **meteosituaci na portálech;**
- **odhad tepelného výkonu požáru.**

ČASOVÝ PLÁN ZKUŠEBNÍHO POŽÁRU

Středa 24. 5. 2006 14⁰⁰–17⁰⁰ zkouška šíření studeného kouře.

Čtvrtek 25. 5. 2006 vlastní cvičení. Tunel byl kompletně uzavřen po celý den včetně příportálových úseků za pomoci pracovníků PČR, oddělení dálniční policie Svojkovice.

7³⁰–8³⁰ školení pracovníků a návštěvníků VIP

9⁰⁰–10⁰⁰ 1. požár – nucené větrání, po odvětrání následovala prohlídka místa požářiště pro odborníky

13⁰⁰–14⁰⁰ 2. požár – přirozené větrání s následným spuštěním ventilátoru

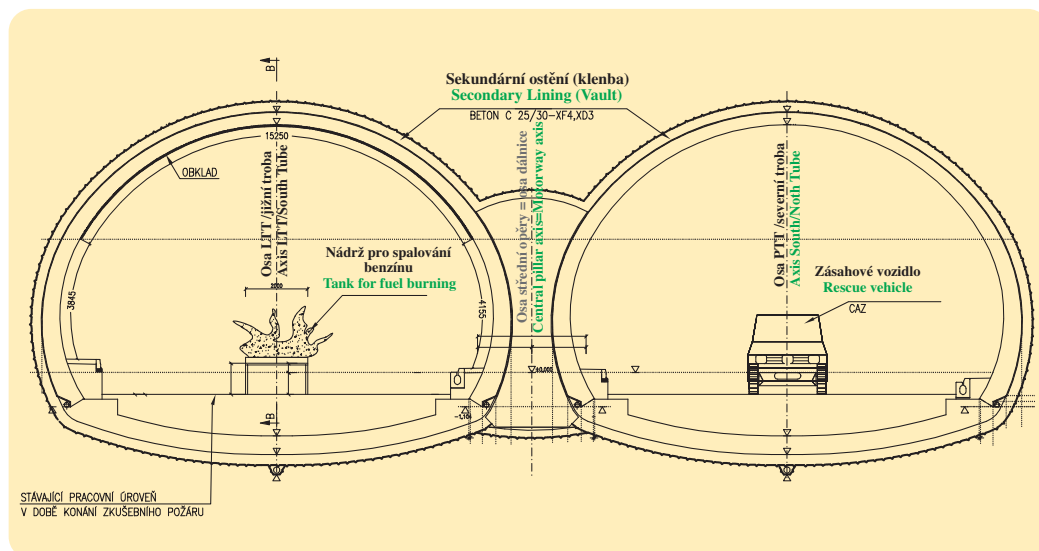
DÍLČÍ ZÁVĚRY

Zkoušky „studeným“ kouřem

Technické zabezpečení zkoušek kouřovými vyvíječi je značně problematické. V našem případě došlo k tvorbě studeného kouře v množství cca 20 m³/s., zapůjčená zařízení byla vyrobená různými výrobci, činnost vyvíječů není kontinuální, je cyklická. Chování studeného kouře bylo zásadně odlišné od chování kouře při skutečném požáru. Z důvodů scházecího

Obr. 1 Příčný profil tunelu v místě požáru

Fig. 1 Tunnel cross section at the fire location



The measurements during the actual tests confirmed the modelling prediction. The compliance between predicted and measured values could be judged as reasonable.

Fire modelling is certainly a promising area, which might find use in many practical applications. Combination of real tests and modelling seems to be optimum approach, leading to financial savings.

MEASUREMENTS

During the fire test the following characteristics were measured in real time:

- **thermal field**
- **air temperatures in vertical plane** through longitudinal tunnel axis in - 50m, - 20m, - 5m, 0m (position of fuel tank with BA), + 5m, 10m, 15m, 35m a 80m (direction of air flow in the tunnel) in three levels 2,5m, 4m, 8m, see Attachment No.1,
- **lining temperatures** in positions - 5m, 0m, 5m, 10m and in levels 0m, 4m a 6,5m, see Attachment No.2,
- **immediate vicinity of burning BA flame** open tank in position 0m.
- **thermal flow field density**
- in position -5m in level 1,5m on longitudinal tunnel axis,
- in position 0m in 2,5m distance from the tank edge, perpendicular to longitudinal tunnel axis in levels 1,5m and 2,5m,
- in position +5m and in 2,5m distance perpendicular to longitudinal tunnel axis
- in position +5m and in the level 1,5m on longitudinal tunnel axis.
- **Spreading of hot smoke**
- In positions +40m and +80m in the whole tunnel profile and in longitudinal direction
- In the boundary between mined and cut and cover sections in the Prague portal in level 4m on the longitudinal tunnel axis
- **Concentration of selected toxins** in the air on longitudinal axis, in the boundary area of the mined and cut and cover sections in the Prague portal, with air sampling in the levels 4m, 6m a 8m (on vertical line)
- Air velocity in the tunnel
- Meteorological situation on portals
- Assumption of heat release rate

FIRE TEST TIME SCHEDULE

Wednesday 24.5.06 14⁰⁰–17⁰⁰ test of cold smoke spreading

Thursday 25.5.06 the fire test itself. Tunnel was completely closed during the day including sections next to the portals; this was achieved with help of police, Motorway Police Svojkovice department.

7³⁰–8³⁰ training of workers and VIP visitors

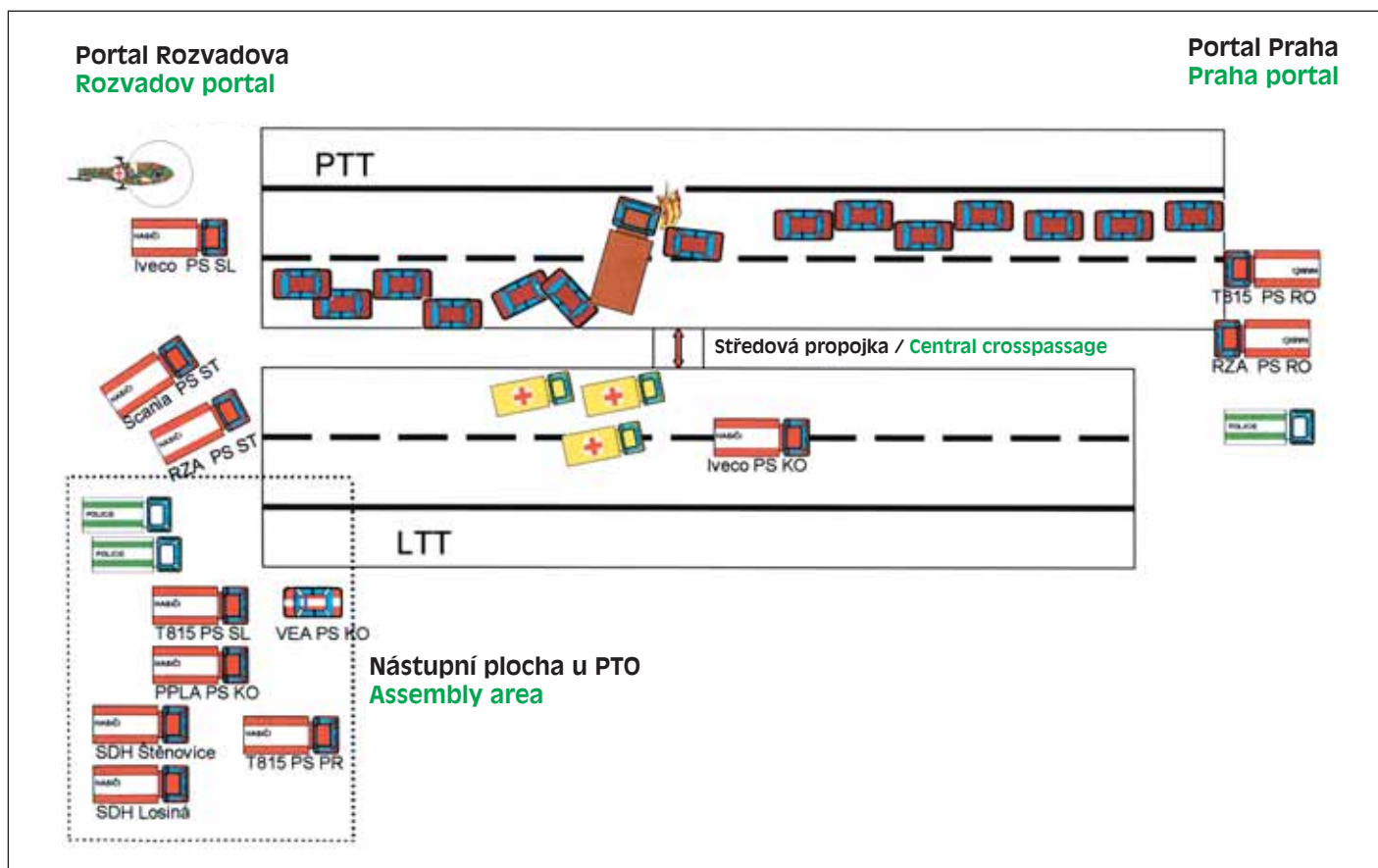
9⁰⁰–10⁰⁰ 1st fire – artificial ventilation, after ventilating the experts visited the fire area

13⁰⁰–14⁰⁰ 2nd fire – natural ventilation with subsequent starting of the ventilation fan.

DISCUSSION OF RESULTS

“Cold” smoke tests

There is a serious problem with this type of the test. In our case the smoke volume of 20 m³/s was produced. The rented equipments were



Obr. 2 Schéma nasazení
Fig. 2 Rescue scheme

vztakového efektu je podobnost s reálnými situacemi pouze hypotetická. Chybí zde kompletně možnost sledování teplotního pole. Rychlost pohybu studeného kouře se blížila rychlosti větru přirozeného větrání v tunelu.

Na základě výše uvedeného lze konstatovat, že ověření funkčnosti požárníbezpečnostního vybavení tunelu za pomoci studeného kouře je naprosto nevhodné.

ZKOUŠKA „TEPLÝM“ KOUŘEM

Teploty kouřových plynů byly při druhé požární zkoušce vyšší než při první. Teploty na povrchu stavebních konstrukcí, případně hustoty tepelných toků, byly u obou zkoušek přibližně srovnatelné, přičemž vyšších měřených hodnot bylo u druhé zkoušky dosahováno po delší časový úsek. Činností ventilace dochází k intenzivnějšímu ředění kouřových plynů a vzduchu, což je příčinou nižších teplot plynů.

Výpovědní hodnota ověřovacích zkoušek v tunelu Valík je omezena několika faktory. Zejména šlo o první zkoušku svého druhu v ČR. Vzhledem k chybějícím zkušenostem s podobnými projekty panovaly obavy z možného poškození tunelu nebo zařízení. Vlastní metodika zkoušek je tedy výsledkem nutného kompromisu v několika důležitých aspektech.

Prvním aspektem byla povaha a výkon energetického zdroje. Lze předpokládat, že pro přiblížení se reálným podmínkám požáru je vhodné koncipovat energetický zdroj o výkonu min. 15 MW, přičemž palivem jsou pevné látky. Použitím kapalné hořlavé látky a redukcí výkonu na 5 MW byly ovlivněny mimo jiné doba trvání požáru, rozložení teplot v teplotním poli, hodnota hustoty tepelného toku, množství zplodin hoření. Lze konstatovat, že naměřené hodnoty byly nižší, než jakých bude dosaženo při skutečném požáru.

Dalším aspektem posuzování chování plynů při požáru nebylo stanoveno optimální situování zkušebního požáru. Stav, kdy směr proudění vzduchu ventilátorem je shodný s přirozeným prouděním vzduchu v tunelové trubce, je optimální ze všech možných situací. Výrazně složitější jsou situace, kdy ventilátor usměřňuje tok plynů proti směru přirozeného proudění.

Nelze stanovit v obecné rovině pro všechny tunely, že systémy nuceného větrání proudovými ventilátory (podélné větrání) musí, nebo opačně nemohou být v činnosti bezprostředně po vzniku mimořádné

made by different manufacturers, the operation of smoke initiators is not continuous, it is periodical. Cold smoke behaviour is fundamentally different to the smoke behaviour during the real fire. Because of missing uplifting effect, the similarity to the real situation is only hypothetical. What is completely missing is the possibility to monitor thermal field. The cold smoke velocity was close to the air velocity caused by natural ventilation.

Based on the above fact, it could be stated that the test of fire safety tunnel equipment using the cold smoke is completely unsuitable.

„HOT“ SMOKE TEST

The smoke gases temperatures during the second test were higher than during the first one. The temperatures on the lining surfaces, or the thermal flow densities were in both tests similar; the higher measured values during the second test were obtained for the longer time period. By action of ventilation, the diluting of smoke gases is more intensive, resulting in lower gas temperature.

The confidence to the values gained during tests in Valík Tunnel is limited by few factors. Firstly, it was the first test of this kind in the Czech Republic. Owing to missing experience with similar projects there were concerns in respect of possible tunnel lining or tunnel equipment damage. The test methodology itself is therefore a result of compromising few important aspects.

First aspect is character and output of energy source. It could be assumed that to get closer to the actual fire conditions, the energy source should give min 15 MW fire, based on solid fuels. Using the liquid combustible and reducing the energy source to produce 5 MW fire, the fire duration, heat distribution, value of thermal flow density and volume of combustion products were affected. It could be stated that the measured values were lower than the values during the real fire.

Another aspect was the choice of optimum position of the test fire. Condition, when the artificial air flow direction is the same as a natural air flow direction is the optimum of all scenarios. More complicated are scenarios when the fan directs the gas flow in the opposite direction to the natural air flow.

It cannot be, for all tunnels, generally stated that systems using jet fans (longitudinal ventilation) have to be, or the other way around can not be in operation immediately after start of fire, although for unidirectional tunnels this would be usually the case. The basic values for the decision

události, i když ve většině případů tomu tak zpravidla u jednosměrně provozovaných tunelů bude. Základními hodnotami pro rozhodovací proces (spuštění – nespouštění ventilace) je směr a rychlost proudění vzduchu uvnitř tunelových trub a na portálech tunelu (tzv. rozhodné veličiny).

V případech souhlasného směru proudění plynů v tunelu a směru hlavního tahu ventilátoru (směr proudění plynů = směr hlavního tahu), lze podélné větrání uvést do činnosti bezprostředně po vzniku požáru, případně s minimálním časovým zpožděním potřebným k výjezdu automobilů ven z tunelové trouby.

V případech proudění plynů v tunelu proti směru hlavního tahu ventilátoru (směr proudění plynů $\neq$ směr hlavního tahu), vyžaduje situace podrobnější analýzu. Úvahy týkající se změny směru proudění plynů větracími zařízeními by měly být akceptovány pouze s největší obezřetností, a to zejména s ohledem na technické možnosti vzduchotechnických systémů, předpokládané okolní podmínky v okamžiku mimořádné události a celkovou koncepci požární bezpečnosti.

Činnost podélného větrání může být zejména u kratších tunelů příčinou významného narušení stratifikace plynů v prostoru. V případě výskytu osob v prostorách s výskytem kouře může být účinek ventilace i negativní. Rozhodnutí o uvedení nebo neuvedení větrání do provozu závisí na době potřebné ke změně směru proudění vzdušín v tunelu. Závislost mezi dobou potřebnou ke změně směru, parametry tunelu a okolními podmínkami však není v současné době dostatečně prověřena. Tato problematika přesahuje znalosti vzduchotechniků i požárních inženýrů zabývajících se projektováním tunelů. Výhodou může být studie zabývající se modelováním vhodně zvolených situací s výstupy zapracovanými do dimenzační tabulky. Za využitelný lze považovat např. model typu pole FLUENT.

ZÁVĚR POŽÁRNÍ ZKOUŠKY

Obecně lze konstatovat, že v případě krátkých tunelů nelze požadavek na instalaci nucených systémů zcela vyloučit. Jedná se však o specifické případy, které se vymykají obecným předpokladům. Projektční návrh a technické provedení nucených větracích systémů při respektování návrhových pravidel jsou u krátkých tunelů poměrně problematické.

Stávající způsob navrhování odvětracích zařízení (podélná ventilace proudovými ventilátory) dle ČSN 73 7507 a TP 98 účinně postihuje pouze část možných variant, které mohou při provozování tunelu nastat. Reálně mohou nastat situace, kdy navržené podélné větrání není schopné plnit svou funkci. V těchto případech nemusí být proveditelná evakuace osob před příjezdem požárních jednotek a osoby nemají zajištěnou úroveň ochrany jinak obvyklou. U stávajících tunelů, nebo v případě návrhu a realizace systémů větrání, které nejsou schopné adekvátně reagovat na všechny předpokládané varianty mimořádných událostí, mohou při hasebním zásahu nastat situace, které významným způsobem znesnadní jeho provedení a dále ztíží nebo znemožní případnou záchranu zbývajících osob, které se neevakovaly. Tyto situace lze řešit nasazením výkonných mobilních ventilačních zařízení.

Management větrání tunelových trub v případě mimořádných událostí lze považovat za nesmírně citlivou problematikou, která je ovlivněna celou soustavou aspektů, např. situování stavby v terénu, geometrické a konstrukční provedení tunelu, účinnost větracích systémů, okolní podmínky, místo události v tunelu. Způsob (ovládání) větrání, např. uvedení do činnosti, nastavení zpoždění v závislosti na určitých podmínkách v případě mimořádné události je individuální záležitostí. Lze jej stanovit pouze na základě podrobného posouzení všech předvídatelných variant událostí a ovlivňujících činitelů.

V určitých situacích není jednoznačné, zda ventilaci uvést do provozu, nebo naopak ponechat po určitou dobu mimo provoz, případně po jakou dobu. Je zřejmé, že základními hodnotami pro rozhodovací proces (spuštění – nespouštění ventilace) jsou směr a rychlost proudění vzduchu uvnitř tunelových trub a na portálech tunelu.

Z výše uvedených odstavců jednoznačně vyplývá nutnost realizace reálných zkoušek v tunelech před jejich uvedením do provozu. Důvodem je především ověřování validity navržených ventilačních systémů ve vztahu k reálným situacím, odhalování případných kritických situací a návrh odpovídajících opatření. Poznatky ze zkoušek mohou být dále zevšeobecněny a implementovány do stávajících předpisů.

ING. JIŘÍ SVOBODA, e-mail: svobodaj@pragoprojekt.cz,
PRAGOPROJEKT, a. s.;

ING. VLADIMÍR VLČEK, Ph.D., ING. JIŘÍ POKORNÝ Ph.D.,
ING. PETR KUČERA, ING. JAN HORA, GR HZS

process (operation- non operation of the ventilation system) is the air flow velocity in the tunnel tubes and in the tunnel portals (so called decisive values).

In the case of identical direction of the air flow in the tunnel and direction of main fan draft (air flow direction=main draft direction) the longitudinal ventilation could be put into operation immediately, or with minimum delay required for vehicles to leave the tunnel after the fire start.

In the case of air flow in the tunnel against the main fan draft (air flow direction $\neq$ main draft direction), the situation requires more detailed analysis. The considerations in respect of changing the air flow direction by ventilation equipment should be accepted only with utmost caution, mainly taking into consideration technical capabilities of ventilation systems, expected outside conditions in the moment of fire and also the general concept of fire safety.

The action of longitudinal ventilation, especially in short tunnels, might cause significant disturbance to the gases stratification in the space. In the case of personnel presence in the areas with the smoke, the action of the ventilation might have a negative effect. The decision on using or not using the artificial ventilation depends on the time required to change the air flow direction in the tunnel. The relation between the time period needed to change the air flow direction, tunnel parameters and outside conditions is not sufficiently verified at present. These problems go beyond the present knowledge of ventilation and fire specialists, working in the tunnels design. Starting point could be a study, using modelling of various scenarios, with results in the form of table (tables). Applicable could be for example the field model type FLUENT.

CONCLUSION

Generally could be stated that in the case of short tunnels the installation of artificial ventilation cannot be completely excluded in specific cases, which surpass general assumptions. Design and implementation of artificial ventilation systems for short tunnels is, while respecting design rules, rather problematic.

The existing method of ventilation systems design (longitudinal ventilation using jet fans) according ČSN 73 7507 and TP 98 covers only part of possible scenarios, which could happen during the tunnel operation. In reality the scenario, in which the designed longitudinal ventilation is not able to fulfil its function, might happen. In such cases the evacuation of personnel before the fire fighting brigade arrival might not be feasible and personnel do not have the required protection. For the existing tunnels, or in the cases of design and implementation of ventilation systems, which are not able appropriately react to all assumed scenarios of fires, the situations during the fire extinguishing might happen, which significantly complicate the rescue operation and further complicate or make impossible rescue of remaining personnel who were not evacuated. These situations could be solved by using powerful mobile ventilation equipment.

Ventilation management of tunnels in the case of fire could be considered as extremely sensitive problem, which is affected by many aspects, as for example location of the tunnel in the surrounding area, geometrical and construction features of the tunnel, efficiency of ventilation systems, outside conditions and fire location. The method (regulation) of ventilation, e.g. starting, setting the delay in relation to certain conditions in the case of fire, is an individual matter, which could be specified only as a result of detail consideration of all predictable scenarios and other affecting factors.

In certain situations it is not clear, if the ventilation shall be operational immediately, or left idle for certain time period and what is the duration of such time period. It is obvious that the basic values for the decision process (operation-non operation of ventilation) is the direction and velocity of the air flow in the tunnel tubes and in the portals.

Based on the above, the necessity of performing the real tests in tunnels before they are put into operation is obvious. The reason is primarily verification of validity of the designed ventilation systems in relation to real scenarios, exposure of possible critical scenarios and proposal of relevant precautions. The test results could be further generalized and implemented into the current legislation.

ING. JIŘÍ SVOBODA, e-mail: svobodaj@pragoprojekt.cz,
PRAGOPROJEKT, a. s.;

ING. VLADIMÍR VLČEK, Ph.D., ING. JIŘÍ POKORNÝ Ph.D.,
ING. PETR KUČERA, ING. JAN HORA, GR HZS