

Bezpečnost při požáru v tunelu



Ing. Jiří Záparka (*1966)

Vystudoval Vysoké učení technické v Brně. Od roku 1998 pracuje pro firmu SATRA, spol. s r.o., v oboru větrání silničních tunelů.
E-mail: jiri.zaparka@email.cz

Požární bezpečnost staveb je běžně posuzována normativně podle teplotních křivek. Bezpečnost vyjádřená jako pravděpodobnost události s následky kategorizovanými počtem zahynulých či, zraněných osob, je však při požáru nejvíce ovlivněna průběhem evakuace osob. Z tohoto důvodu je pozornost soustředěna na aspekty ovlivňující úspěšnost evakuace, zejména na návrh a odzkoušení větracího systému.

Komplexní zkoušky požárního větrání jsou ukázány na příkladech tunelů Mrázovka (Městský okruh v Praze) a Klimkovičky (dálnice D 47 u Ostravy). V příspěvku prezentované závěry vycházejí z poznatků CETU – Výzkumného projektového a konzultačního ústavu francouzského ministerstva dopravy (www.cetu.equipement.gouv.fr) a z doporučení kongresů Světové silniční asociace PIARC (www.piarc.org), která se podílí společně s Mezinárodní tunelovou asociací ITA (International Tunneling Association) na snaze Ekonomické komise pro Evropu (UN ECE) harmonizovat národní doporučení.

Rizika v silničním tunelu

Přestože jsou tunely bezpečnější než otevřené silnice, jsou požadována bezpečnostní opatření v tunelu vyšší. Například Švýcarsko statisticky udává 600 mrtvých za rok na otevřených silnicích a 100 mrtvých v tunelech od roku 1945.

Způsob dosažení požadované úrovně bezpečnosti nejen při požáru, v praxi, řeší Bezpečnostní dokumentace. V té jsou kromě požárů řešena rizika spojená s dopravou nebezpečných látek, jako jsou cisterny s palivem, toxické nebo explozivní náklady. Rizika v tunelu by měla být zohledněna nejen z hlediska normativního, ale i z hlediska možných scénářů události a jejich následků a měla by být klasifikována jejich přijatelnost či nepřijatelnost ve vztahu k četnosti výskytu. Závěr by měl navrhovat případná opatření na stavební, technologické či organizační úrovni.

Bezpečnostní dokumentace je součástí projektové dokumentace každé tunelové stavby a je souhrnem informací a postupů, které by měly stavbu doprovázet již od návrhu, přes zkušební provoz až k jejímu provozování. Zachycuje změny podmínek, jak vnějších (meteorologické podmínky na portálech, intenzita a skladba dopravy, nebezpečný náklad apod.), tak i vnitřních

(technické, stavební či organizační). Umožňuje zúčastněným (investor, provozovatel, zhotovitel, záchranné složky) pochopit principy bezpečnostních opatření a kroky potřebné k zajištění požadované míry bezpečnosti.

Situace v tunelu při požáru

První ucelená doporučení týkající se požáru v tunelu vyšla na kongresu PIARC v Montrealu v roce 1995 a v Kuala Lumpur v roce 1999. Vydala je pracovní skupina WG6 Fire and smoke control ustanovená v roce 1992 výborem PIARC.

Faktory ovlivňující bezpečnost

V reakci na požáry v tunelech Mt. Blanc, Tauern a St. Gotthard v publikaci Systems and Equipment for Fire and Smoke Control in Road Tunnels (2004) kapitola věnovaná praktickým poznatkům z těchto tří požárů, která je podrobnou analýzou z pohledu geometrie tunelu, dopravy, systému větrání, bezpečnostních opatření, způsobu provozování tunelu, počátečních podmínek při požáru apod. Z vyhodnocení jasně vyplynulo, že úspěšnost evakuace a minimalizace následků požáru závisí v zásadě na prvních 10–15 minutách. V souvislosti s těmito požáry je nutné zdůraznit, že se jednalo o obousměrné tunely a o požár více nákladních vozidel. Prosazení jednosměrného provozování tunelů mělo z hlediska bezpečnosti zásadní přínos. Následující faktory však platí obecně:

- chování osob v tunelu;
- reakce operátorů řídících provoz tunelu;
- funkčnost a výkon větracího systému;
- zásah záchranných složek.

Lidský faktor ovlivňuje úspěšnost evakuace ve většině případů. Nejčastěji se jedná o rychlost rozhodování osob v tunelu do doby, než si uvědomí důležitost situace a začnou utíkat. Stejně tak operátor může opožděnou nebo chybnou reakcí zásadně zkrátit čas k evakuaci. Lidský faktor bývá v krizových okamžicích nejčastější příčinou selhání, proto je snaha dávat přednost automatizaci procesu s možností zásahu operátora – například při falešném poplachu. Pro správnou funkci je zásadní také svědomitá údržba tunelu. Zablkovaná klapka nebo otevřené dveře ve vzduchovodech mohou mít fatální následky.

Z technologického vybavení záleží hlavně na rychlosti detekce, následně na správné funkci a spolehlivosti řídícího systému a v neposlední řadě na požárním větrání, na rychlosti dosažení požadovaného stavu (výkonu) a schopnosti zajištění požadovaného stavu proudění v tunelu. Požární odolnost stavby musí být dostatečná do té míry, aby nenastal kolaps technologických zařízení v úseku větším, než je z hlediska bezpečnosti únosné.

Vzdálenost únikových cest je doporučována mezi 200 až 300 m, z důvodů omezení maximálního počtu unikajících osob na jednu propojku. Při splnění normativních požadavků na únikové cesty (rozměry, značení, osvětlení) je počtem potenciálních osob na únikovou propojku minimalizováno tvoření hloučků, které mohou zapříčinit vznik paniky.

Opatření ke snížení rizika vzniku požáru a minimalizování jeho následků jsou komplexně řešena v Bezpečnostní dokumentaci. U správně provozovaného tunelu začíná vyhotovením komunikace investora, provozovatele, zhotovitele a záchranných složek Bezpečnostní dokumentace která trvá do konce životnosti tunelu.

Funkce požárního větrání tunelu

Vzduchotechnické zařízení musí v čase plnit různé funkce. Z tohoto pohledu rozeznáváme tři fáze: během prvních dvou fází probíhá evakuace, ve třetí je likvidován oheň. V první fázi evakuace je před příjezdem Hasičského záchranného sboru (HZS) vzduchotechnika v tzv. automatickém požárním režimu. Při druhé fázi evakuace s asistencí složek HZS přebírá velení velitel zásahu, který může, ale také nemusí do automatického režimu zasáhnout. Vzduchotechnické zařízení musí být navrženo tak, aby plnilo svou funkci popsanou v projektové dokumentaci nejméně 90 minut od vzniku požáru o intenzitě odpovídající požáru jednoho nákladního vozidla. Pro návrh je hořící nákladní vozidlo charakterizováno tepelným výdejem s nárůstem v čase a objemovou produkcí kouře.



▲ Obr. 1. Průběh událostí, které se odehrávají během požáru v tunelu
 t_0 : počátek hoření – vznícení vozidla – bod a;
 t_1 : záchrana svépomocí; zpoždění od času t_0 závisí na různých okolnostech, např. uvědomění si situace a reakce osob v tunelu, což jsou faktory, které jsou velice individuální;
 t_2 : detekce požáru – bod b) může být detekován několika možnými způsoby: CCTV, teplotní liniový kabel, který je součástí EPS, vizuálně dispečerem apod.;
 t_3 : potvrzení požáru – bod c) může prakticky probíhat již v čase t_1 v případě bezporuchového automatického detekčního systému. Potvrzení požáru vede ke spuštění všech technologických prvků bezpečnostního vybavení tunelu;
 t_4 : systém požárního větrání dosáhl nominálních podmínek (zpoždění kvůli době náběhu);
 t_5 : příjezd složek IZS (Integrovaného záchranného systému) – bod d);
 t_6 : začátek asistence při záchrane osob v tunelu;
 t_7 : začátek hasebního zásahu;
 t_8 : konec evakuace;
 t_9 : konec výjimečného stavu;
 t_{10} → t_{11} : interval, ve kterém si uživatelé tunelu uvědomují závažnost situace a rozhodují se k úniku ze zasaženého tunelu (začátek první fáze evakuace). Osobní volba každého člověka;
 t_{12} → t_{13} : interval detekce požáru (t_{12}); tato doba musí být co nejkratší;
 t_{14} → t_{15} : interval (t_{14}), ve kterém dojde k vyhodnocení a ověření detekce požáru s konečným potvrzením. Potvrzení vede ke spuštění systému automatického požárního větrání, jehož primárním účelem je zajištění vhodných podmínek pro únik osob. Minimalizace tohoto časového úseku primárně závisí na použití rychlého a velice spolehlivého detekčního systému;
 t_{16} → t_{17} : časový úsek, kdy dochází k rozběhu systému požárního větrání; V čase t_{16} dosáhl větrací systém nominálního stavu, potřebného pro zajištění evakuace. Tento čas musí být co nejkratší;
 t_{18} → t_{19} : druhá fáze evakuace, která probíhá za asistence složek IZS;
 t_{20} → t_{21} : hašení požáru vozidla;
Zdroj: PIARC Road Tunnels: Operational Strategies for Emergency Ventilation

Šíření a odvod kouře

Požární větrání v tunelu je podle normy ČSN EN 12 101-3 Zařízení pro usměrňování pohybu kouře a tepla v prostředí tunelu z hlediska požadované funkce třeba chápat primárně jako zařízení pro odvod kouře. Především se to týká prvních 10–15 minut od vznícení požáru, během kterých umírá nejvíce lidí. Celková požadovaná odolnost stavby a funkčnost zařízení se pohybuje mezi 60–120 minutami. Určujícím faktorem v tunelu je však, na rozdíl od ostatních staveb, ať již nadzemních či podzemních, podélné proudění, které je zásadní pro šíření kouře během celého průběhu požáru.

Tunel je třeba posuzovat jako zvláštní druh stavby, kde nelze vlivem otevřených portálů a podélného proudění plnohodnotně uplatnit standardní postup dělení na požární úseky s požadovanou odolností dělicích příček. Může se stát, že se přes portály kouř dostane z jednoho tunelu (požárního úseku) do druhého (jiného požárního úseku). Zabránění takového šíření kouře je dosaženo pomocí přetlaku – proudění v únikovém tunelu je reverzováno proti směru jízdy a ve směru shodném se zasaženým tunelem. Kouř se tak z portálu zasaženého tunelu nedostane do tunelu únikového. Funkčnost tohoto technologického opatření ovšem závisí na rychlosti spuštění a spolehlivosti chodu požárního větrání. Propojky mezi tunely jsou chráněny proti vniknutí kouře také pomocí přetlaku. Ventilátor v propojce (obr. 2) přivádí vzduch z tunelu nezasaženého požárem do propojky a vytváří v ní oproti zakouřenému tunelu přetlak. Kouř se tak při otevření dveří nešíří do propojky a do nezasaženého tunelu. V samotných tunelech musí větrací systém reagovat podle dopravní situace. Při návrhu je také potřeba zohlednit podmínky v místě portálů, zvláště směr a rychlost větru.

Podélný odvod kouře

Odvod kouře je řešen v zásadě dvěma způsoby – příčný a podélný. Podélný způsob reprezentuje systém větrání, kdy je pomocí vzduchotechnického zařízení (proudové ventilátory pod stropem tunelu, Saccardo dýzy) kouř vytlačen ve směru jízdy výjezdovým portálem ven. Takto je řešeno větrání na všech již otevřených dálničních tunelech v ČR: na D 8, Panenská (délka 2 km), Libouchec (0,6 km), Valík (0,38 km) na D 5, Klimkovice (1 km) na D 47 u Ostravy. U budovaných tunelů Silničního okruhu kolem Prahy (SOKP) – v jeho jižní části, Komořany (2 km) a Lochkov (1,6 km), je navržen také podélný způsob odvodu kouře.

Příčný odvod kouře

V případě dlouhých tunelů nebo městských tunelů, kdy mohou být při požáru vozidla na obou stranách požáru (obousměrný provoz, časté stavy kongescí), je kouř odváděn z tunelu příčně, aby byla oblast v tunelu zasažená kouřem co nejmenší. U podélného větrání je zakouřený prostor vždy od místa požáru až

▼ Obr. 2. Přetlakové větrání únikové cesty v tunelu Klimkovice



k portálu. U tunelů s odvodním kanálem je kouř odváděn z tunelu několika stavebními otvory ve stropě, osazenými uzavíratelnými klapkami. Vzduchotechnický kanál bývá většinou pod stropem tunelu: Strahovský tunel v Praze (2 km), tunel Dobrovského v Králově Poli v Brně (1,2 km) nebo pod vozovkou: tunel Mrázovka (1,2 km) a úsek tunelu Blanka (5,5 km) v Praze pod Stromovkou a mezi Prašným mostem a Střešovicemi. Snahou je odvést kouř na vzdálenost 400–600 m. V některých případech tunel odvodní vzduchotechnický kanál nemá (tunel Blanka mezi Letnou a Prašným mostem). Potom je odvod řešen místně strojovnou. Prostor zasažený kouřem je tak zkrácen na 400–600 m.

■ Vliv podélné rychlosti

Obecně je známo, že při rychlostech vyšších, než je rychlost kritická, se kouř šíří pouze ve směru proudění. Při nižších rychlostech, okolo 1 m/s, se kouř šíří oběma směry – tedy i nad zablokovaná vozidla před požárem. Velikost této rychlosti umožňuje stratifikované šíření kouře v obou směrech v horní části klenby tunelu. U vozovky tak vzniká vrstva čerstvého vzduchu proudícího k požáru. Kouř je směrem od ohniska stále více ochlazován a ředěn. Pokud není odsáván, klesne na úroveň proudu čerstvého vzduchu, který si přisává požár, a celý prostor se zakouří. Produkované množství kouře je v poměru s průběhem tepelného výdeje požáru – heat release rate – HRR. Požár k vývoji potřebuje palivo, kyslík a teplo. Vyšší rychlosti proudění sice tunel zchladí, ale na druhou stranu požár okyslíčí. V případě požáru těžkého nákladního vozidla nebo velké kaluže s benzínem či naftou dojde při vyšších rychlostech proudění k zásadnímu zhoršení, hlavně v kritické fázi evakuace. Maximální výkon vzrůstá v závislosti na rychlosti proudění v tunelu:

$$\begin{aligned} HRR_{\max} &= V \cdot \eta_{\text{ox}} \cdot \rho_{\text{ox}} \cdot \Delta H_{\text{COX}} \cdot 10^3 \\ HRR_{\max} &= 2,73 \cdot (u \cdot A) \end{aligned}$$

$HRR_{\max}$	rychlost výdeje tepla požáru [kW];
V	objemový průtok [m^3/s];
η_{ox}	molekulový podíl kyslíku (0,21) [–];
ρ_{ox}	hustota kyslíku (1 kg/m^3 za standardních podmínek tlaku a teploty);
ΔH_{COX}	spalné teplo kyslíku (ve většině případů 13 MJ/kg) ve většině případech;
u	rychlost proudění v tunelu [m/s];
A	průřez tunelu [m^2].

Zdroj: The Handbook of Tunnel Fire Safety – Tunnel ventilation and fire behaviour; R. Carvel, A. N. Beard.

Požár je buď kontrolovaný větráním nebo vlastním palivem, kdy má oheň dostatek kyslíku, a jeho průběh závisí pouze na druhu a množství paliva. Například během požáru v tunelu Mt. Blanc operátoři na italské straně spustili přívod čerstvého vzduchu na plný výkon. To v tunelu vyvolalo takové podélné proudění, že byl požár schopen přenést se z jednoho hořícího vozidla na druhé, ve vzdálenosti 200 m!

Pro rychlost a směr proudění v první fázi požáru je zásadní dopravní stav. Většinou je výchozí proudění ve směru jízdy a jeho rychlost klesá k nule, jak vozidla za požárem vyjíždějí a vozidla před požárem dojíždějí. Po uzavření tunelu a vyjetí posledního vozidla píšťový efekt vozidel odezní a s narůstajícím požárem začne převládat vliv vztlaku požáru v závislosti na sklonu tunelu. Specifický problém se ukázal při zkušebním provozu tunelu Klimkovic, kdy je intenzita dopravy v první fázi zprovoznění tohoto dálničního úseku tak nízká, že v nočních hodinách není téměř žádný provoz a stav proudění v tunelu závisí na síle větru na portále (běžně mezi 8 až 10 m/s). V noci potom často nastává v tunelu taková situace, kdy by se v případě vzniku požáru kouř začal šířit proti směru jízdy.

Funkční zkoušky požárního větrání

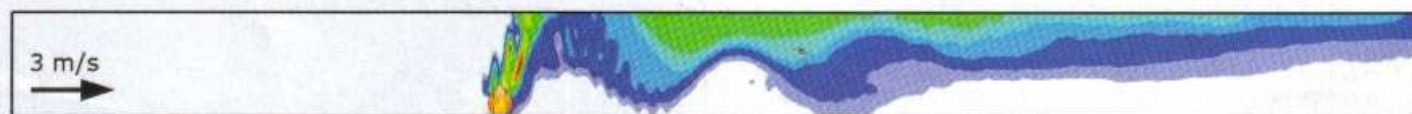
■ Mrázovka

V srpnu 2004 byl uváděn do provozu tunel Mrázovka v Praze. Stavba je vybavena nuceným příčným odvodem kouře. Ten je odsáván strojovnou, vyústkami pod klenbou, odkud je kanálkem v sekundární obezdívce sveden do kanálu pod vozovkou (viz obr. 5). V rámci komplexních zkoušek proběhlo ověření sacího výkonu při zkouškách horkým kouřem. Požáry během této zkoušky byly detekovány automaticky systémem EPS, který reprezentuje liniový teplotní kabel umístěný těsně pod klenbou tunelu. K automatické detekci zkušebního požáru došlo vždy do jedné minuty, a to na základě nárůstu měřeného teplotního gradientu v místě požáru i přesto, že v tunelu je tento detekční kabel rozdělen po délce na cca 120 úseků (z důvodů co nejpřesnější lokalizace požáru), přičemž průchod a vyhodnocení jedním úsekem trvá asi půl sekundy. Zpráva z této zkoušky je dostupná na internetu.

■ Klimkovic

Funkční zkoušky systému požárního větrání před uvedením do provozu proběhly 25. února 2008. Opakovaně byly prověřovány různé způsoby spouštění požárního režimu větrání a jejich náběh do požadovaného stavu proudění (viz obr. 6). Výchozí stav byl vždy nepříznivý v tom, že se rychlost proudění v tunelu pohybovala v opačném směru, než je směr jízdy: $u = -2,6 \text{ m/s}$ (obr. 7). Tato situace nastává v noci, kdy v tunelu není provoz a silný vítr fouká převážně na brněnský portál. Předpokládá se, že s dalším připojováním nových úseků dálniční sítě intenzita dopravy naroste do té míry, že k této situaci přestane docházet. Než se tak stane, bude provedeno opatření ke snížení následků, kdy se v okamžiku detekce požáru kouř pohybuje proti směru jízdy, směrem ke vjezdovému portálu.

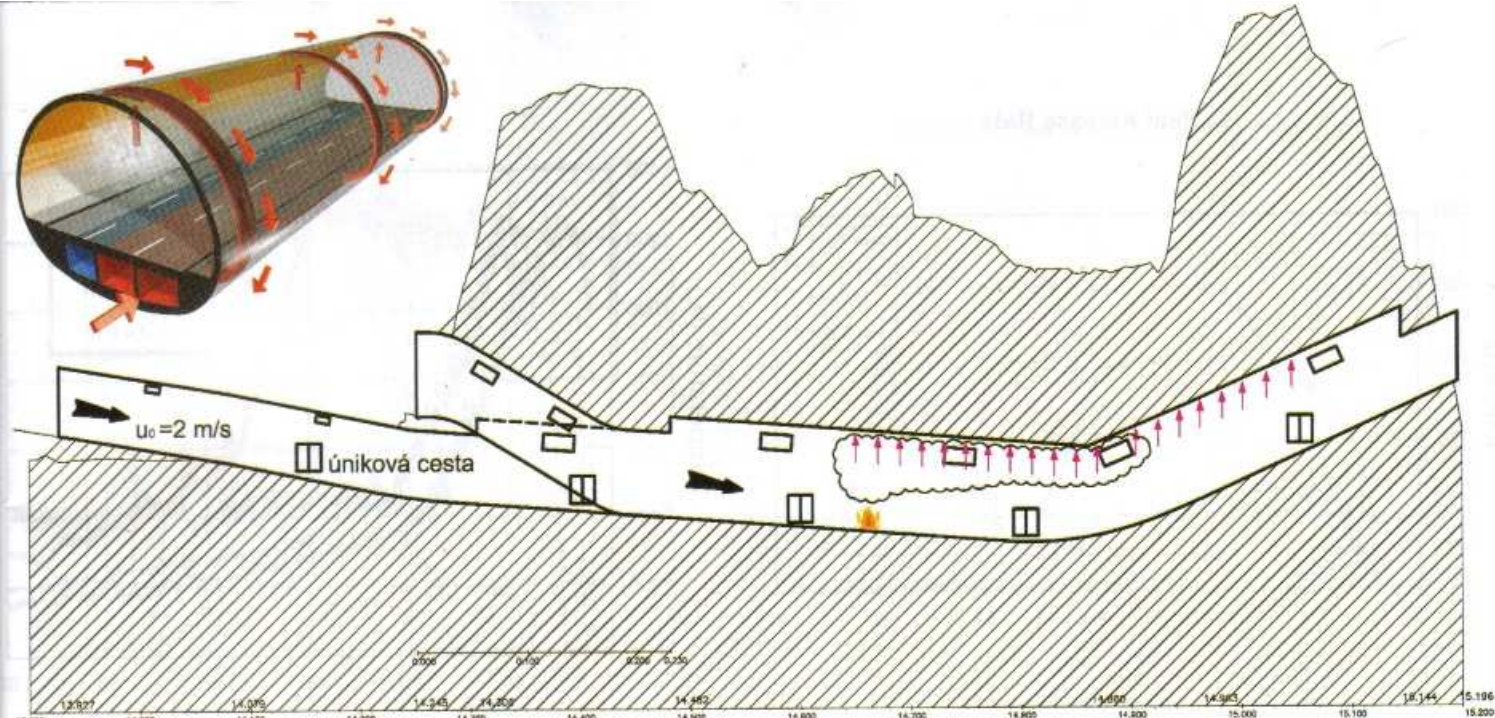
V běžném denním provozu bude pravděpodobný výchozí stav proudění ve směru jízdy vozidel a při včasné reakci systému dojde k poklesu rychlosti, ne však ke změně směru. Doba náběhu je potom minimálně poloviční oproti změřenému příkladu při záporné rychlosti $u = -2,6 \text{ m/s}$.



▲ Obr. 3. Podélný řez tunelem při šíření kouře za rychlosti proudění o něco málo vyšší, než je rychlost kritická

▼ Obr. 4. Podélný řez tunelem při šíření kouře za podkritické rychlosti proudění





▲ Obr. 5. Schéma požární zkoušky v tunelu Mrázovka s 3D modelem svodného požárního vzduchovodu v raženém úseku

Při zkouškách je snahou vycházet z podmínek, které lze v tunelu předpokládat s největší pravděpodobností (tedy ne případ osamělého hořícího vozidla, ale spíše požáru během denního provozu). Doznívající vliv projíždějících vozidel na proudění ve směru jízdy lze v budoucnu simulovat mobilním ventilátorem. Ze zkoušek, které byly provedeny, lze k dosažení kritické rychlosti předpokládat asi poloviční

dobu, tj. 1,5 minuty, pokud by výchozím stavem bylo proudění ve směru jízdy a rychlá reakce systému.

Trendy

■ Stabilní hasicí zařízení a návrhový požár

U stabilních hasicích zařízení se diskutuje hlavně o spolehlivosti, požadavcích na údržbu a součinnosti s požárním větráním. V současnosti asociace PIARC stabilní hasicí zařízení nedoporučuje. Zprávu je možné očekávat na Světovém kongresu v roce 2011.

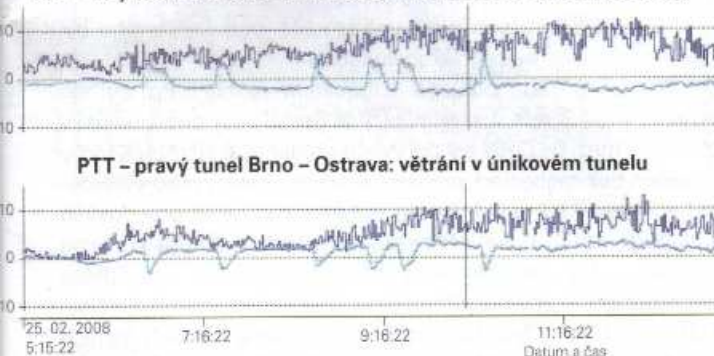
Druhým tématem, o kterém se diskutuje, je velikost návrhového požáru. Obzvláště těžkého nákladního vozidla, jehož parametry mohou několikanásobně překročit parametry standardně navrhovaného 30 MW požáru, aniž by se jednalo o požár nebezpečného nákladu. Například během experimentálních zkoušek v tunelu Runehamar proběhly v září 2003 mimo jiné také čtyři zkoušky (viz obr. 8, 9) s nákladním vozidlem s běžným nákladem složeným ze dřeva a plastu v hmotnostním poměru 80/20. Rychlost podélného proudění v tunelu byla $u = 3 \text{ m/s}$. Zprávu lze očekávat také na Světovém kongresu v roce 2011.

Funkční zkoušky horkým kouřem

Některé státy vyžadují před uvedením do provozu v rámci provozních zkoušek také zkoušku studeným nebo horkým kouřem. V případě horkého kouře bývá většinou jeho zdrojem nádoba hořícího benzínu, nafty nebo malý osobní automobil. Jedná se většinou o zkoušky do 5–8 MW. Asociace PIARC doslova uvádí: zkoušky horkým kouřem jsou jediným způsobem, jak zjistit chování celého systému v požárním režimu. V případě příčného odvodu také kouř průkazně ukazuje sací účinnost otvoru pro odvod kouře. Hlavní význam těchto zkoušek je ve vizualizaci prostředí pro záchranné složky, případně v rámci popularizace správného chování osob v tunelu při požáru. Rozhodně se nejedná o zkoušky teplotní odolnosti stavby, materiálů či technologických prvků, rychlosti detekce nebo výkonu systému požárního větrání.

V České republice, kromě zkoušek horkým kouřem v tunelu Mrázovka, proběhly v květnu 2006 na základě požadavku HZS Plzeňského kraje zkoušky horkým kouřem v podélně větraném, 380 m dlou-

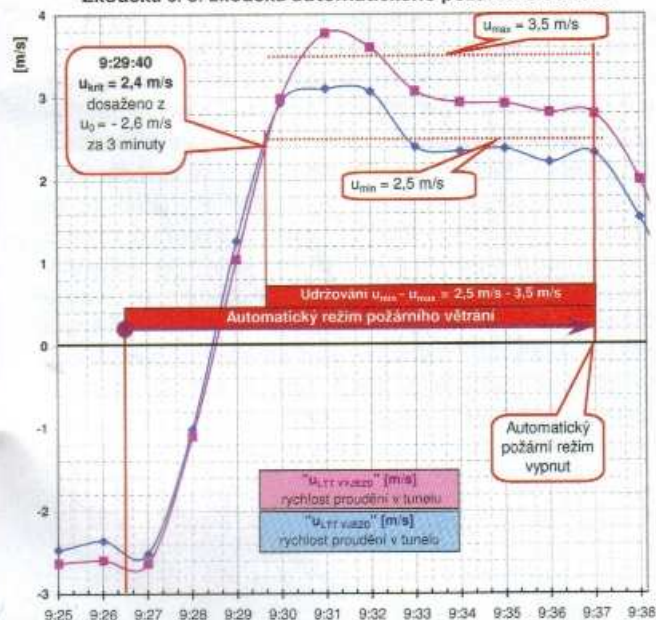
Komplexní zkoušky požárního větrání v tunelu Klimkovice – požár v LTT LTT – levý tunel Ostrava – Brno: větrání v tunelu zasaženém požárem



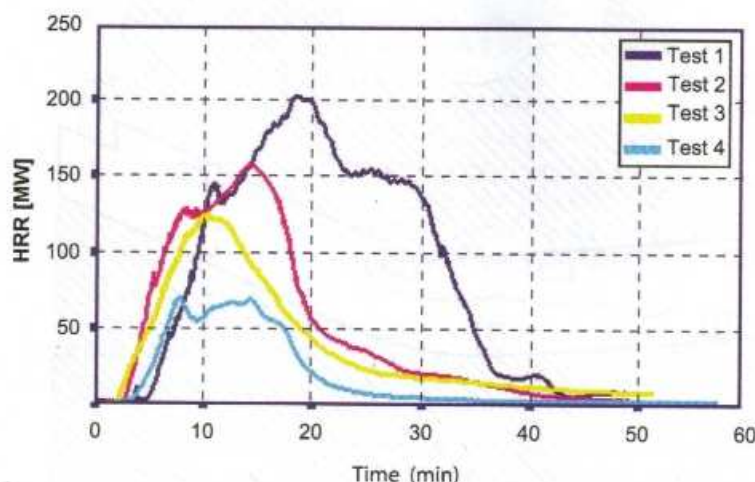
▲ Obr. 6. Průběh rychlosti podélného proudění v tunelu a rychlosti větru při zkouškách požárního větrání v tunelu Klimkovice

▼ Obr. 7. Záznam části měření rychlosti podélného proudění – přechodová charakteristika

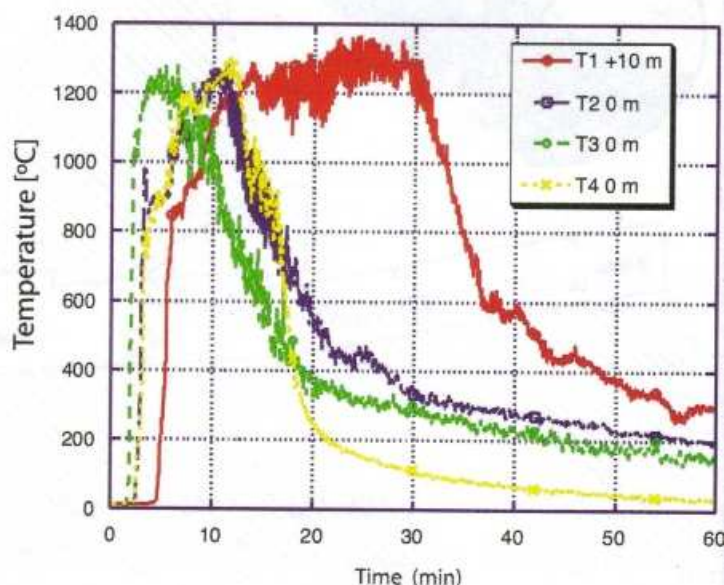
Komplexní zkoušky vzduchotechniky – požární větrání Zkouška č. 5: zkouška automatického požárního větrání



Heat Release Rate



Gas Temperature



▲ Obr. 8. Tepelný výdej a teplota naměřená při požárních zkouškách v tunelu Runehamar. Zdroj: UPTUN, TNO, Promat; Summary of Large Scale Fire Tests in the RUNEHAMAR Tunnel in Norway, conducted in association with the UPTUN Research Program; September 2003.

hém dálničním tunelu Valík. Zpráva z této zkoušky byla publikována v časopisu Tunel a je dostupná na internetu. Ve zprávě se můžeme dočíst, že cílem zkoušky bylo sledování stratifikace kouře a měření teplot při 5 MW požáru. Bez udání souvislostí s uváděním do provozu je požadován zkušební požár o větším výkonu. Ve světě se tyto hodnoty zkoumají při zkouškách v experimentálních tunelech, kde nehrozí významné poškození zařízení nebo stavebních konstrukcí. Většinou se jedná o vyřazené tunely s instalovaným technologickým zařízením pouze pro účely experimentu. Cena takového projektu je 10–30 milionů USD, délka projektu je několik let a projekt zkoumá problematiku metodicky v celé šíři. Příkladem mohou být projekty Eureka, Memorial, Runehamar a další.

Snahu o duplikování obdobného výzkumu, byť v omezeném rozsahu v ČR v tunelech uváděných do provozu, nelze považovat za racionální z hlediska použitelných výstupů, a už vůbec ne za ekonomicky úsporný počín. Navíc poznatky z experimentálních zkoušek a interpretace výsledků, včetně doporučení projektantům, jsou přitom veřejně k dispozici. V případě zmíněných zkoušek v tunelu Runehamar jsou na obr. 9. zobrazeny průběhy teplot a tepelného toku na straně před požárem, chráněném přetlakem pomocí proudových ventilátorů pod stropem tunelu, v různých vzdálenostech od ohniska požáru. Tepelný tok nad 5 kW/m² charakterizuje s největší pravděpodobností prostředí neslučitelné se životem. U dříve zmíněného tunelu Klimkovic v únoru 2008 již nebylo zkoušky horkým kouřem v rámci komplexních zkoušek před uvedením do provozu třeba. Následující den při koordinacích zkoušek Hasičského záchranného sboru (HZS) Moravskoslezského kraje k vizuální kontrole směru proudění dostatečně posloužil studený kouř dýmovnice.

Odpověď na otázku po dalším vývoji v tomto směru přinese rok 2010 a zprovoznění tunelů Komořany a Lochkov na Silničním okruhu kolem Prahy. V současnosti je pro zkoušku horkým kouřem v tunelu Komořany zvažován požár v rozsahu mezi 7 až 15 MW. Bude zajímavé diskutovat reálné výstupy z takovýchto zkoušek a porovnat z pohledu bezpečnosti hodnotu zjištěných informací s vloženými náklady.

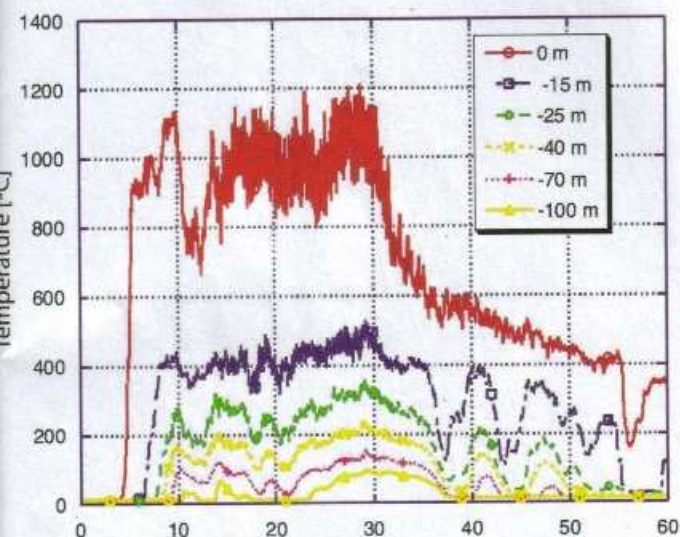
Rok 2010 by se tak mohl stát příležitostí pro sjednocení oponentních názorů odborné veřejnosti v ČR ohledně požadavků na systém požárního větrání a způsob jeho prověření. Zvláště bude zkoumána otázka požárních zkoušek energetickým zdrojem u tunelů s podélným a příčným odvodem v rámci funkční zkoušky před jejich zprovozněním.

Využití mobilního ventilátoru při zkouškách větracího systému

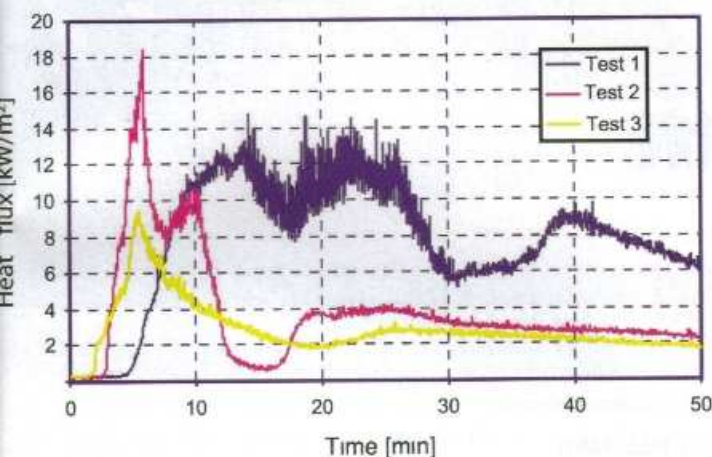
Během koordinacích zkoušek tunelu Klimkovic HZS Moravskoslezského kraje byly prověřovány schopnosti reverzace směru proudění pro potřeby zásahu. V rámci těchto zkoušek proběhlo i několik zkoušek s mobilním ventilátorem, pomocí kterého byl simulován protivětr na portál tunelu (obr. 11).

Výchozí stav při této zkoušce s mobilním ventilátorem byl extrémní: $u = -4,3$ m/s. Vitr působící na portál se v době zkoušky pohyboval mezi 6–7 m/s a v poryvech přesahoval 10 m/s. K tomu byl přidán tlak mobilního ventilátoru několik metrů před výjezdovým portálem. Takto byl ověřen požadovaný výkon proudových ventilátorů, který musel při požárním režimu vyvinout kritickou rychlost $u = 2,4$ m/s proti větru, při rychlosti $w = 8$ m/s. Zpráva z těchto zkoušek byla zveřejněna v příloze časopisu 112 (číslo 12/2008) v článku Zkoušky koordinace požárně bezpečnostních zařízení a systému ventilace v tunelu Klimkovic, autorů doc. Dr. Ing. Aleše Dudáčka, Ing. Petra Kučery, Ing. Jiřího Pokorného, Ph.D., Ing. Vladimíra Vlčka, Ph.D.

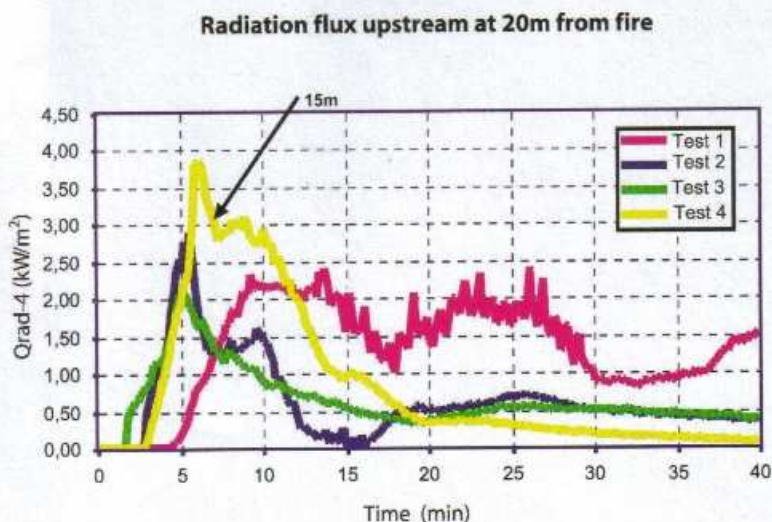
Pro čtenáře zajímající se o tuto problematiku blíže, je třeba k závěru toho článku ohledně „perspektivnosti využití mobilního ventilátoru, jak samostatně, tak s instalovaným větráním“ poznamenat, že informace uvedené v závěru vzbuzují dojem, že mobilní ventilátor je součástí požárně bezpečnostního řešení tunelu Klimkovic, což není. Nelze reálně uvažovat o efektivním využití mobilního ventilátoru při zásahu. Mobilní ventilátor by mohl teoreticky být na Ostravském portále k dispozici v 15. minutě od vzniku požáru. Tato varianta je na obrázku Ověření účinnosti mobilního ventilátoru, ze kterého je zřejmé, že se pouze s pomocí mobilního ventilátoru nepodařilo proti protivětru na výjezdový portál dosáhnout kritické rychlosti. Nesvědčí tedy o jeho využitelnosti, ale o opaku. Výkon mobilního ventilátoru odpovídá asi třem proudovým ventilátorům. Pro požární větrání je v každém tunelu nainstalováno osm proudových ventilátorů (obr. 10), jejichž výhodou je, že jsou k dispozici v tunelu již v okamžiku detekce požáru. Při výpadku zdroje elektrické energie se tunel zavírá. Pro zásah HZS je mobilní ventilátor spíše perspektivní



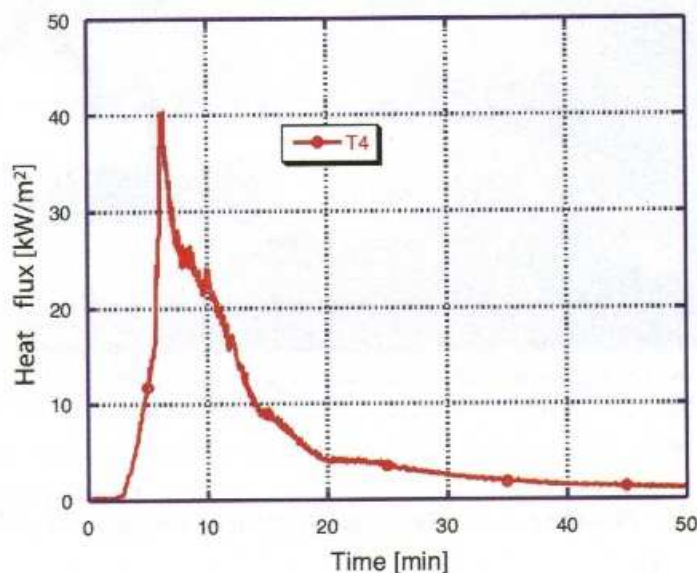
Teplota před požárem – TEST 1
měřena ve směru proti rychlosti proudění



Tepelný tok – TEST 1-3
měřeno 10 m ve směru proti proudění před požárem



Tepelný tok – TEST 1-4
měřeno 20 m ve směru proti rychlosti proudění před požárem



Tepelný tok – TEST 4
měřeno 5 m ve směru proti rychlosti proudění před požárem

▲ Obr. 9. Tepelný tok a teplota naměřená při požárech zkoušek v tunelu Runehamar. Zdroj: UPTUN, TNO, Promat; Summary of Large Scale Fire Tests in the RUNEHAMAR Tunnel in Norway, conducted in association with the UPTUN Research Program; September 2003.

u krátkých tunelů jako Valik (380 m). Při požárních zkouškách lze pomocí mobilního ventilátoru za vhodných povětrnostních podmínek simulovat dozrávající vliv pístového efektu vozidel. Scénář zkoušky je tak reálnější a časy náběhu větracího systému realističtější. Účinně lze také při zkouškách simulovat vítr působící na portál.

Velké požáry

Specifika požárů v tunelu jsou zřejmá z následujících událostí z historie. První velký zdokumentovaný požár v silničním tunelu je ze Spojených států amerických z roku 1949, kdy v newyorském tunelu (2,6 km) čtyři hodiny hořelo deset nákladních a třináct osobních vozidel a následkem tohoto požáru bylo 66 osob postižených vdechnutím

kouře. V Japonsku v roce 1979 po nehodě nárazem zezadu hořelo v tunelu Nihonzaka-Shitkouka přes šest dní. Shořelo 127 nákladních a 46 osobních vozidel. Přes 1100 m dvoukilometrového tunelu bylo vážně poškozeno. Přes obrovský rozsah požáru zahynulo sedm osob. V roce 1982 při průjezdu sovětské vojenské kolony (s minimálně jednou cisternou benzínu) tunelem Salang (2,7 km) v Afghánistánu došlo k nárazu zezadu. Následkem této nehody a následného požáru zahynulo více než čtyři sta vojáků.

V Evropě požáry v tunelech neměly tak katastrofické následky a doposud se neobjevily s tak vysokou četností, jako v letech 1999–2001:

■ V březnu 1999 se v tunelu Mt. Blanc (11,6 km) vznítil motor nákladního vozidla s margarínem a moukou a zahynulo třicet devět osob. Během



▲ Obr. 10. Dvojice proudových ventilátorů v tunelu Klimkovice

▼ Obr. 11. Záznam a rozbor rychlosti podélného proudění a rychlosti větru za použití mobilního ventilátoru

Koordinační zkoušky HZS-MSK

Zkouška č. 3: zkouška výkonu požárního větrání tunelu Klimkovice při zvýšeném protitlaku pomocí mobilního ventilátoru

