

Ing. Jan POŘÍZEK
SATRA, spol. s r.o.

Požární zkouška v tunelu Mrázovka a dopady do systému větrání

Fire Test in Mrazovka Tunnel and Its Impacts on the Ventilation System

Recenzent
prof. Ing. Karel Hemzal, CSc.

V příspěvku je popsána požární zkouška v automobilovém tunelu Mrázovka, jež byla uskutečněna v srpnu 2004 v rámci ukončení řešeného projektu COST. Dále jsou uvedeny výsledky zkoušky a dopady na systém větrání tunelu. Součástí jsou také informace o návrhu větrání v komplikovaných tunelových stavbách MO v Praze a rozbor směrnice, požadavků a metodiky návrhu koncepce větracích systémů s dopadem na bezpečnost v tunelech.

Klíčová slova: automobilové tunely, požár, větrání

In the contribution, the fire test in the automobile tunnel Mrazovka, carried out in August 2004 as part of completing the COST Project is described. In addition to test results, their impacts on the tunnel ventilation system are outlined. A part of this contribution is also a set of information on the design of ventilation systems for complicated tunnel structures, such as those of the Prague City beltway system. Analyzed are also the directives, requirements, and the methodology of a conceptual design of ventilation systems, in view of their impact on safety in tunnels.

Key words: automobile tunnels, fire, ventilation

ÚVOD

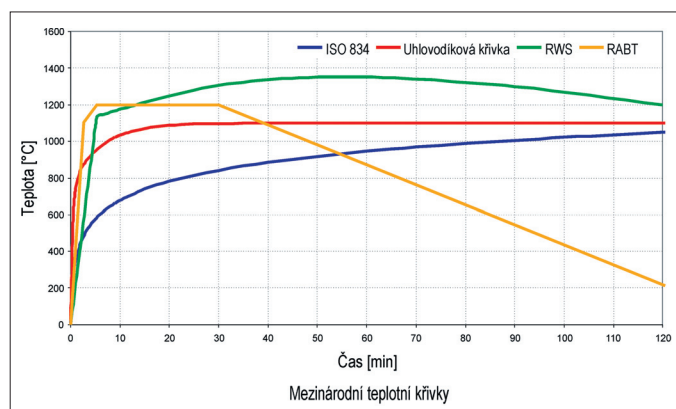
Zařízení pro odvod kouře v případě požáru jsou nutná především u dlouhých tunelů. V městských tunelech může být počet uživatelů v tunelu během požáru zvýšený a je tedy nutné zajistit odvod kouře i u krátkých tunelů. Potenciálními zdroji požáru v tunelu jsou uvnitř přítomná vozidla a materiál a vybavení umístěné v dopravním prostoru nebo přilehlém technickém zázemí tunelu. Pro uživatele tunelu jsou nejvíce nebezpečné velké požáry vozidel.

K požáru může dojít u všech typů aut s různým nákladem a v jakémkoli místě tunelu. Charakteristiky požáru jsou velmi odlišné, případ od případu. Tepelný výkon požáru se pohybuje od 2 do 200 (a někdy i více) MW.

Hlavním cílem systému větrání je, aby v případě požáru byl zajištěn odvod kouře a tepla po dobu nutnou pro únik osob z tunelu. Naproti tomu jsou pro teplotní odolnost stavebních částí tunelu uvažovány požáry mnohem závažnější, než ty, pro které je navržen systém větrání [7]. Pro stanovení teplotní odolnosti konstrukce lze vycházet ze základních normových teplotních křivek zobrazených na obr. 1.

Normová teplotní křivka ISO 834 byla odvozena pro požár v podzemních stavbách a lze ji použít také pro posouzení požární odolnosti v tunelech.

Uhlovodíková teplotní křivka se používá tam, kde může hořet nádrž s benzinem, ropou nebo chemikáliemi.



Obr. 1 Teplotní křivky používané při hodnocení teplotních odolností konstrukcí.

RABT teplotní křivka byla odvozena v Německu v rámci několika výzkumných záměrů. Tato křivka odpovídá požáru jednoho kamiónu.

RWS teplotní křivka je založena na předpokladu vzniku nejhoršího požáru o tepelném výkonu 300 MW. Křivka je výsledkem zkoušek v Holandsku na konci 70. let minulého století. Křivka RWS popisuje průběh hoření v uzavřeném prostoru, kde je omezena možnost „rozptýlu“ tepla do okolního prostředí.

Pro dimenzování větracích systémů tunelů jsou nejčastěji definované charakteristiky požáru uvedeny v tab. 1. Tyto požáry byly vybrány záměrně, neboť charakterizují obvyklé případy.

Pro stanovení velikosti potřeby odsávaného množství kouře z automobilového tunelu je asi nejzávažnější požár těžkého nákladního vozidla, který nemůže být uhašen uživateli tunelu a jehož výkon překračuje 20 MW [7].

Pokud byl určen návrhový požár, zbývá stanovit průtok odsávaného vzduchu (kouře) z tunelu během hoření. Jelikož se tento článek věnuje požární zkoušce v tunelu Mrázovka, jsou zde pro srovnání uvedeny požadavky pro stanovení velikosti průtoku nuceně odváděného vzduchu, z vybraných národních směrnic některých členských států EU.

Jedná se o stanovení velikosti průtoku odsávaného vzduchu (kouř + vzduch) z tunelu při vzniku požáru o tepelném výkonu 20 až 30 MW. Podklady vydávané asociací PIARC vycházejí z těchto národních směrnic, přičemž se ukazuje, že optimálně řízený, nuceně koncentrovaný sací výkon v m³/s lze určit jako třináásobek příčného profilu tunelu. U požáru s tepelným výkonem vyšším než 100 MW to může být až pětinásobek.

Tab. 1 Nejčastěji používané návrhové parametry požáru

Druh vozidla	Tepelný výkon [MW]	Produkce kouře [m ³ .s ⁻¹]
1 osobní vůz	5	≤ 20
2 až 3 osobní vozidla	8	≤ 30
Těžký nákladní vůz (autobus) bez nebezpečného nákladu	20 až 30	60 až 80
Nákladní vozidlo s pohonnými hmotami (cisterna)	≥ 200	> 300

Je nutné ještě upozornit na skutečnost, že se musí při návrhu větrání automobilového tunelu postupovat s rozvahou a zbytečně nepředimenzovat systém. Základními ukazateli pro stanovení výkonnosti větracího systému a následné strategie řízení jsou: typ a délka tunelu, jeho situování do krajiny, hustota provozu a především navržená koncepce větracího systému v kombinaci s technickými možnostmi přidružených technologických systémů.

PŘÍKLADY DIMENZOVÁNÍ VĚTRÁNÍ TUNELŮ V ZAHRANIČÍ

Francie [7]

Pro návrh příčného sacího výkonu větrání při požáru v tunelu s vyloučením vozidel s nebezpečným nákladem se uvažuje tepelný výkon požáru 20 až 30 MW u tunelů a s výškou průjezdného profilu nad 3,5 m s produkcí kouře $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V případě koncentrovaného odsávání kouře lze minimální odsávaný průtok z tunelu stanovit jako produkci kouře $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ navýšenou o průtok odpovídající 1,5 násobku rychlosti podélného proudění vzduchu v daném průřezu tunelu.

Německo [8]

Velikost minimálního průtoku odsávaného vzduchu se zjednodušeně stanoví jako 1,5 násobek produkce kouře $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ při rychlosti podélného proudění udržované ve směru jízdy vozidel, která musí být alespoň rovna rychlosti kritické, při které se kouř nevrací proti směru proudění vzduchu.

Rakousko [9]

Tato směrnice udává, že v délce 150 m musí být minimálně odsáváno při požáru alespoň $120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Švýcarsko [9]

V aktualizované směrnici z roku 2004 se minimální průtok odsávaného vzduchu z tunelu určí v základu jako 3 násobek příčného (průtočného) profilu tunelu, ke kterému se v případě nuceného přívodu přičte ještě průtok tohoto vzduchu.

Česká Republika [6]

Při příčném odvodu kouře (vzduchu) z tunelu po délce, která není definována, stanovuje tato směrnice „množství odsávaného vzduchu z třípruhového tunelu (příčný průřez 65 m^2) na $195 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.“ Tato hodnota vychází ze starší švýcarské směrnice [8].

Pro návrh technologického vybavení automobilových tunelů a jejich provozování při běžném nebo mimořádném provozu jsou v České republice ve většině případů závazné následující podklady:

- TP98 – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací: rok vydání 2004,
- TP154 – Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací,
- ČSN 73 7507 – Navrhování tunelů pozemních komunikací,
- Evropská směrnice 2004/54/EC – minimum safety requirements for tunnels in the trans-european road network.

V žádném z těchto dokumentů není uveden požadavek na požární zkoušky po dokončení stavby před uvedením do provozu. Např. v sousedním Rakousku je nedílnou součástí stavby před jejím uvedením do provozu reálná požární zkouška. Domníváme se, že v konkrétních případech je žádoucí reálná požární zkouška, neboť se jednoznačně prokáže funkčnost a spolehlivost navrženého systému větrání, řídicího systému a technologického vybavení.

Krátce o systému větrání v tunelu Mrázovka

Při návrhu požárního větrání v tunelu Mrázovka se počítalo s vyloučením vozidel s nebezpečným nákladem a pro návrh sacího výkonu byl předpokládán požár jednoho nákladního vozidla. Dle tehdy použitých materiálů byla tepelná energie uvolněná hořícím nákladním automobilem s nákladem stanovena na 20 až 30 MW s vývinem kouře $60 \text{ m}^3/\text{s}$ [3]. V té době se již respektovaný požadovaný sací výkon $80 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{km})$ pro dvoupruh [4] ukazoval jako nedostatečný. Názory na to o kolik se tento výkon má navýšit se pohybovaly podle různých teorií od 110 do $190 \text{ m}^3/\text{s}$.

Požární systém příčného odvodu kouře otvory v klenbě tunelu byl navržen dodatečně pro případ vzniku požáru během kongesce. Při malých rychlostech podélného proudění se vrstva kouře drží pod stropem (viz. obr.2) až do chvíle, kdy dochází k ochlazení a poklesu kouře do únikové zóny. Princip šterbinového systému příčného odsávání spočívá v prodloužení doby, po kterou se kouř drží pod stropem a osobám v tunelu je tak umožněn bezpečný únik. Dalšími prvky systému větrání tunelu Mrázovka, které zvyšují bezpečnost osob při požáru, jsou lokální nucené nebo přirozené příčné odvody kouře z hloubených úseků.

Sací výkon příčného větrání byl navržen na **$150 \text{ m}^3/\text{s}$ v délce 400 m**. Tato hodnota byla ověřena pro specifické podmínky tunelu Mrázovka na 3D počítačovém modelu, kde byly simulovány matematickým modelováním CFD různé intenzity a místa požáru při různých provozních stavech [2].

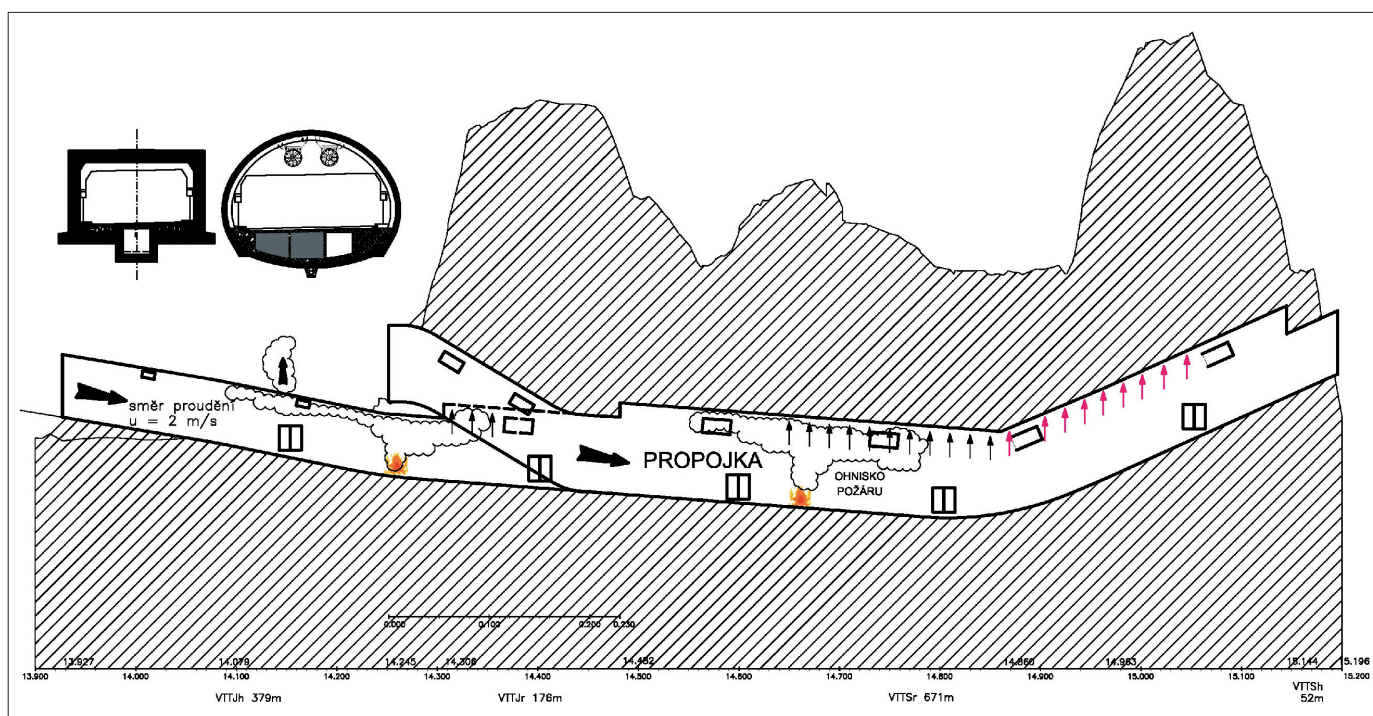
Požární zkouška v tunelu Mrázovka

Účelem požární zkoušky bylo ověření navrženého systému větrání, rychlosti detekce EPS atd.. Zkoušky byly dvě ve dvou místech východního tunelu (VTT) s ohledem na místo výfuku kouře a technologické vybavení vzduchotechnické cesty sloužící k odvodu kouře z tunelu.

Na základě požadavku HZS hlavního města Prahy vyplývajícího z jejich stanoviska k návrhu Provozní dokumentace tunelu Mrázovka musela být v tunelu Mrázovka, před jeho zprovozněním, prověřena funkceschopnost požárního větrání kouřovou zkouškou za účasti zástupců HZS hl.m. Prahy. Názory na způsob a rozsah reálné zkoušky se postupně v zemích EU sjednocují o čemž svědčí realizace požárních zkoušek v nově budovaných nebo rekonstruovaných automobilových tunelech v posledních několika letech.



Obr.2 Stratifikovaná vrstva kouře (backlayering) při požární zkoušce v tunelu Klimkovice



Obr. 3 Schéma požárních zkoušek (ohnisko vlevo – hloubený dvoupruh – velikost profilu 56 m², ohnisko vpravo – ražený třípruh – velikost profilu 93 m²)

Jako příklad můžeme uvést požární zkoušky v tunelu Mont Blanc (Francie – Itálie), tunelu Platsbush (Rakousko) a v tunelu Rennsteig (Německo). Ve všech těchto případech byly požární zkoušky „reálného požáru“ o výkonu 5 MW. Tohoto výkonu bylo dosahováno zapálením cca 20 l benzínu v nádobách o ploše 2 až 4 m².

Návrh způsobu reálné požární zkoušky v tunelu Mrázovka vychází ze závěrů projektu EU COST č. OC G3.40 „ŠÍŘENÍ KOUŘE PŘI POŽÁRU V SILNIČNÍM TUNELU“, který v letech 1999 až 2003 zpracovala společnost SATRA s. r. o. ve spolupráci s VUT v Brně.

Tento projekt byl zaměřen na problematiku šíření kouře bezprostředně při požáru v tunelovém tělese. Problematika byla zkoumána Eulerovým – Lagrangeovým modelem počítačové dynamiky tekutin (CFD).

Návrh který vycházel z výsledků a doporučení získaných z požárních zkoušek v tunelech Mont – Blanc, Platsbush a Rennsteig [12] byl upraven a doplněn po konzultaci s firmou KRASO a Technickým ústavem požární ochrany, které se na našich zkouškách podílely.

Příprava zkoušek

Ve dnech 13. až 15. srpna proběhly v tunelu Mrázovka požární zkoušky chladným a zejména horkým kouřem. U všech zkoušek byl simulován požár osobního vozidla, což zhruba odpovídá tepelnému výkonu 2,5 až 5 MW. Pro vývin tepla bylo použito 40 l benzínu a pro zviditelnění (kouřem) teplotního pole a jeho šíření bylo použito 10 l nafty. Tato směs byla zapálena v plechové vaně, jejíž plocha byla zvolena 2 m². Vana byla umístěna v ose profilu ve výšce cca 1,5 m nad vozovkou.

Ochranná opatření

Povrch komunikace v okolí nádrže do vzdálenosti cca 2 m na každou stranu (tj. cca 30 m²) byl chráněn izolačním materiálem ROCKWOOL z minerální vlny ve formě desek

Rozvody na stropě (osvětlení, EPS, anténa, kabelové rozvody) byly chráněny v délce 25 m na každou stranu od nádrže lamelovou skružovatelnou rohůží firmy ROCKWOOL s ALS fólií typu LAROCK 65 ALS v tloušťce 120 mm.

PRŮBĚH POŽÁRNÍ ZKOUŠKY

Počáteční podmínky

Před zapálením ohně byl proudovými ventilátory uvnitř tunelu vytvořen stav podobný podmínkám za běžného provozu, kdy rychlost proudění dosahuje v průměru 2 a více m/s. Rychlost byla snímána čidlem kontinuálního měření rychlosti proudění typ FLOWSIC 200 (v třípruhové části – u_{VTS} , v paralelně navazující vjezdové rampě – u_B).

Požární zkouška v třípruhovém úseku

Místo ohniska první zkoušky bylo zvoleno v klesající části třípruhového raženého tunelu (viz. obr. 3 – požár v pravé části) ještě před úsekem s podélným sklonem vozovky 4,5 % ve směru stoupání. Tato zkouška měla ověřit účinnost nasávacích šterbin v klenbě raženého tunelu při zajištění stratifikace kouře pod klenbou.

Šterbiny jsou koncovými prvky svodného kanálu vytvořeného v obezdívce tunelu, který je zaústěn do požárního vzduchovodu situovaného pod vozovkou (viz. obr. 7). Každý svodný vzduchovod lze dálkově uzavřít/otevřít klapkou umístěnou v napojení na společný vzduchovod. Šterbiny jsou od sebe vzdáleny po 20 metrech. Při detekci požáru, v místě tunelu s příčným odvodem, dojde k otevření 20 klapek po délce 400 m a šterbinami v klenbě tunelu se odvádí 150 m³/s horkého kouře.

Zkoušek horkým kouřem (viz. obr. 4) bylo několik po sobě. Před vlastním zapálením ohně byla sací schopnost šterbin ještě několikrát testována chladným kouřem (viz. obr. 5). Chování chladného kouře bylo, je a vždy bude, od chování horkého kouře rozdílné.

Chladný kouř ihned po „zapálení“ začíná zaplňovat tunelový profil a klesá k vozovce, kdežto horký kouř ihned po zapálení stoupá vzhůru a vytváří stratifikovanou zónu kouřového „polštáře“ pod stropem tunelu.

Chladný kouř se rozptýlí po celém profilu tunelu. Sací dosah šterbin je výrazný pouze v jejich blízkém okolí a tedy téměř nedocházelo k nasávání chladného kouře. Při takovéto zavádějící zkoušce se může takto navržený systém jevit jako neúčinný. Narozdíl od chladného kouře se horký kouř drží pod stropem a šterbiny koncentrovaně odsávají kouř.



Obr. 4 Zkouška horkým kouřem (ražený třípruh)

Matematický výpočet je založen na řešení soustavy pohybových rovnic jednorozměrného nestacionárního proudění nestlačitelné tekutiny doplněných o rovnice kontinuity.

Při simulování požáru v tunelu je nutné také do výpočtu zahrnout tlakovou ztrátu (účinek) vyvolanou modelovaným požárem. Tato ztráta závisí na tepelném výkonu, tvaru příčného průřezu tunelu a mnoha dalších faktorech. Tuto ztrátu lze neobjektivněji stanovit pouze numerickým výpočtem trojrozměrných modelů za pomoci CFD. Analýzou výsledků mnoha studií prováděných v CETU (instituce ve Francii zabývající se větráním tunelů), při kterých se rychlost pohybovala mezi 1,5 a 3,5 m/s, byl zjištěn následující přibližný vztah [7]

$$\Delta p_F = c \cdot \frac{Q \cdot 10^6}{u \cdot D_H^2} \quad [\text{Pa}]$$

kde $c \approx 9 \cdot 10^{-5}$

Požární zkouška ve dvoupruhovém úseku

Druhá požární zkouška měla ověřit schopnost potlačit zpětné šíření kouře (backlayering) v klesajícím úseku tunelu při dodržení stratifikace kouře. Dále byla ověřena funkčnost přirozeného odvodu kouře komínkem na rozhraní hloubené a ražené části a ověřena účinnost řízeného nuceného příčného odvodu kouře štěrbinovými svody v součinnosti s řízením podélného proudění. Ohnisko požáru bylo zvoleno ve dvoupruhové hloubené části VTT (viz. obr 3 – požár v levé části) s klesající vozovkou se sklonem -2 %.

Proudění vzduchu v tunelu

Na obr. 6 a 7 je zobrazen průběh rychlostí podélného proudění při požární zkoušce v třípruhové části. Směr a velikost podélné rychlosti proudění v jednosměrných tunelech je rozhodující pro zajištění podmínek bezpečného úniku osob ze zasaženého tunelu během první kritické fáze hoření.

Je zde zobrazena rychlost (u_{VTS}) v páteřním úseku, ve kterém hoří a rychlost v paralelně napojené vjezdové rampě (u_B). Naměřené průběhy rychlostí jsou doplněny závislostmi numericky vypočítaných rychlostí proudění při simulování požáru s tepelným výkonem 5 a 30 MW. Trend a velikost rychlosti proudění 5MW požáru s uspokojivou přesností odpovídá skutečně naměřeným rychlostem. Pokud dojde ve stoupajícím úseku ke vznícení nákladního vozidla (reprezentováno výpočtem 30-ti MW požáru), dojde k přibližně dvojnásobnému nárůstu rychlosti proudění. V případě tunelů s klesajícím podélným sklonem hrozí u jednosměrných tunelů nebezpečí zpětného šíření kouře nad stojící vozidla a unikající osoby.

Pro výpočet byl použit naměřený průběh skutečného požáru osobního vozidla v tunelu o tepelném výkonu cca 6 MW (dle výsledků požárních testů výzkumného projektu Eureka [3]) a nákladního vozidla s hořlavým materiálem o tepelném výkonu 30 MW např. dle [9] nebo modifikací výsledků požárních testů uskutečněných v tunelu Runehamar [14].

ZHODNOCENÍ ZKOUŠKY

Ve všech případech došlo mezi 55 a 60 sekundou k automatické detekci požáru liniovým teplotním kabelem Cerberus® FibroLaser II. Tímto byl ověřen požadavek projektu požadující rychlost detekce vzniku požáru v tunelu do 1 minuty. Ihned po detekci byla spuštěna příslušná havarijní sekvence jejíž součástí je také požární větrání.

Ihned po detekci požáru dochází k zastavení všech technologických zařízení systému větrání, která jsou v chodu a současně se spouští, v závislosti na místě vzniku ohniska, proudové ventilátory nebo ventilátory příčného odvodu kouře štěrbinovým systémem. Možnost uzavírání nebo otevírání klapky štěrbinových svodů, umožnila koncentrovat sací výkon do míst, kam se šířil kouř, který by mohl potenciálně ohrozit unikající osoby.



Obr. 5 Zkouška chladným kouřem

Nejvyšší detekované teploty kouře teplotním kabelem se při zkoušce v třípruhu pohybovaly v rozmezí 60 až 70 °C a při zkoušce ve dvoupruhu v rozmezí 80 až 90 °C. (v místě ohniska požáru na klenbě raženého třípruhového tunelu se předpokládala nejvyšší teplota kouře cca 150 °C a na stropě hloubeného dvoupruhového tunelu cca 250 °C). Kouř se při těchto podmínkách držel pod stropem tunelu.

V třípruhové ražené části došlo k výraznému vyplnění prostoru tunelu, z důvodu nízkých teplot kouřové vlečky a rychlého chladnutí naředeného kouře v profilu tunelu (93 m²). Ve dvoupruhové hloubené části tunelu (profil cca 56 m²) kouř vytvořil pod stropem ideální stratifikovanou vrstvu, která se po celou dobu hoření nikdy neochladila natolik, že by začala zasahovat do únikové zóny pod ním.

Přehled výsledků těchto požárních zkoušek (viz. obr. 7) je volně dostupný na internetových stránkách firmy www.satra.cz.

Lze konstatovat, že

- Požár může být detekován již během 1 minuty, přičemž od doby vypnutí/spuštění dílčích zařízení dojde k ustálení proudění v tunelu většinou do 3 až 4 min. Během této doby se kouř chová přirozeně a bezpečně se drží pod stropem tunelu.
- Spolehlivost lineárního teplotního kabelu FiroLaser II je velice vysoká, přičemž systém VIDEODETEKCE je co do reakce ještě rychlejší a svými schopnostmi již v současné době systém teplotní detekce zastiňuje.
- Při vyšším tepelném výkonu požáru a obdobných podmínkách bude teplota kouře vyšší a doba po kterou bude docházet k ochlazování kouřových zplodin delší, což zapříčiní delší setrvání kouřové vlečky pod klenbou tunelu a únikové zóny s dostatečně naředeným vzduchem pod touto vlečkou.
- Pro udržení stratifikované vrstvy kouře po co nejdelší dobu je nezbytně nutné regulovat rychlost proudění jedním směrem, přičemž by se její velikost měla v první fázi evakuace pohybovat kolem 1,5 m/s.
- Je velice důležité rozlišovat mezi fází evakuace a časem, ve kterém bude uskutečněn vlastní hasební zásah. Během evakuace je větrání provozováno automaticky a teprve až při hasební fázi může být na pokyn velitele HZS provozováno ručně.

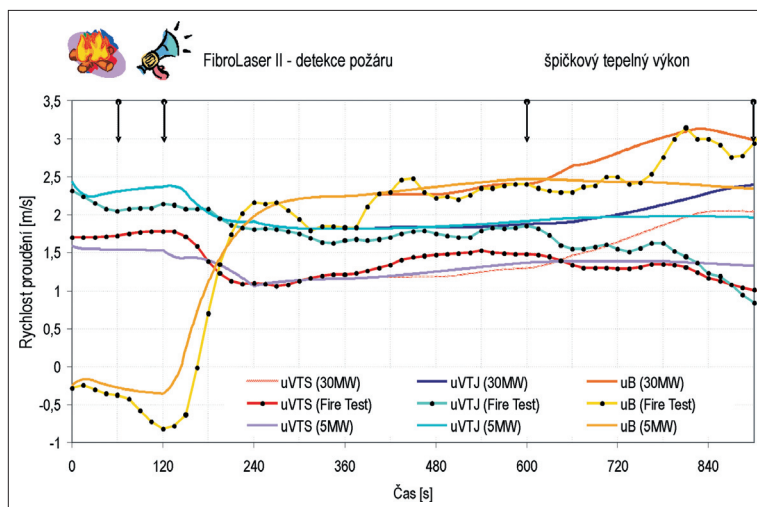
SYSTÉM VĚTRÁNÍ V DALŠÍCH TUNELOVÝCH STAVBÁCH V PRAZE

Městský okruh (MO) v Praze představuje významnou část dopravní infrastruktury hlavního města. Hlavním účelem MO je zajištění plynulého průjezdu vozidel, která se převážně každý den snaží projet městem z jednoho konce na druhý. Za jednu z nejvýznamnějších částí MO je považována tunelová stavba Blanka v délce cca 6 km. Systém odvodu tepla a kouře z tunelu je navržen obdobný jako v případě tunelu Mrázovka. Jedná se o kombinaci nuceného odvodu z hloubených a ražených úseků.

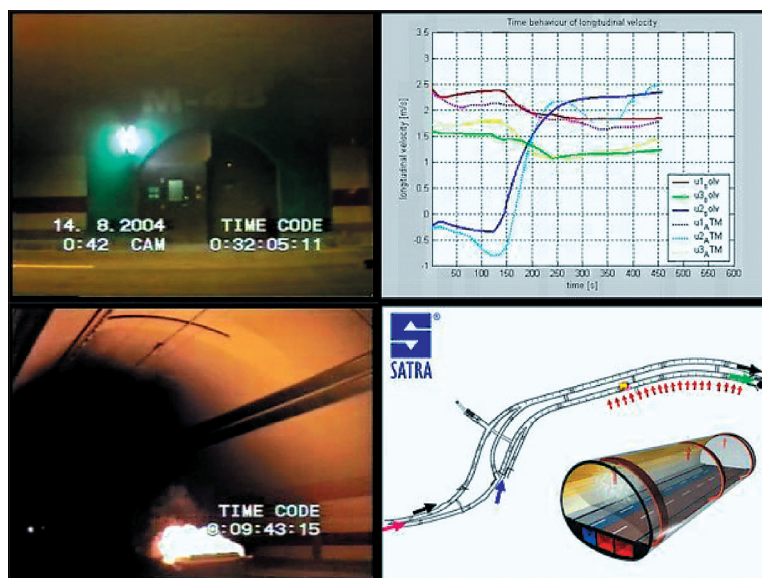
Strategie řízení větrání při požáru

Proces větrání při požáru je nutno vždy rozdělit do dvou fází. První fáze je tzv. evakuační, kdy větrání je spuštěno v automatickém chodu nebo přímo ovládáno dispečerem. V druhé fázi již dochází k hašení požáru a větrání je řízeno na základě pokynů velitele HZS.

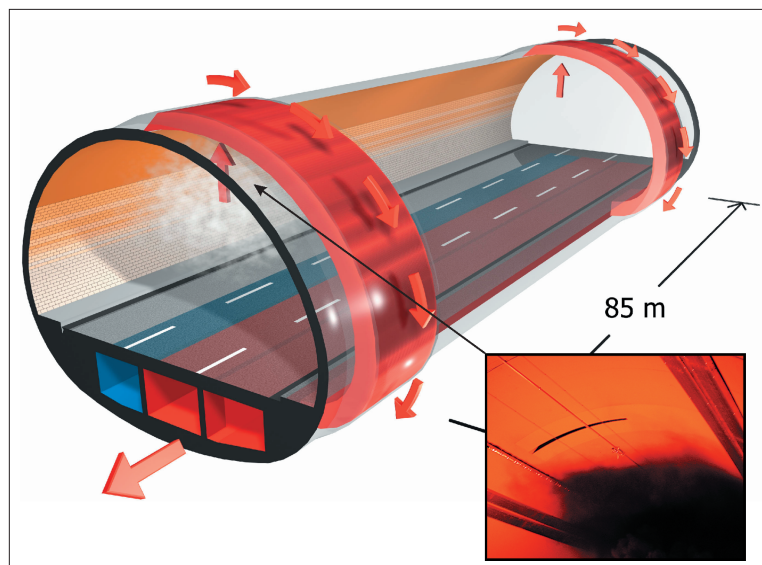
V prvních minutách po vypuknutí požáru je důležité udržet viditelnost co nejdéle. V případě bez odsávání kouře, je i v příznivém případě tunel zapl-



Obr. 6 Průběh rychlosti podélného proudění v první fázi evakuace



Obr. 7 Náznorné zobrazení průběhu požární zkoušky včetně schématu větrání



Obr. 8 Svodný kanál v obezdívce raženého tunelu s detailem koncové štěrbin v klenbě

něn v celém průřezu během 3 až 5 min. **Tuto dobu lze prodloužit regulováním podélné rychlosti a odsáváním kouře.** Včasná detekce moderními detekčními systémy EPS, ověřená výše popsanou požární zkouškou zajistí včasné spuštění a řízení nuceného větrání.

Požární větrání je v ražených úsecích řešeno odvodem kouře z místa požáru otvory ukončenými šterbinou, jejíž tvar minimalizuje nerovnoměrnost odsávání po její délce (viz. obr. 8). Oproti Mrázovce je příčným sáním odváděn průtok vzduchu odpovídající 3 násobku průtočné plochy profilu tunelu a pohybuje se mezi 240 až 300 m³.s⁻¹. Otvory ve stropě odvádějící kouř jsou od sebe vzdáleny v průměru každých 85 metrů a v místě zaústění do vzduchovodu jsou svody vybaveny uzavírací klapkou, což umožňuje dálkové otevření/uzavření určitého úseku a tím potřebné koncentrování sacího výkonu. Při porovnání úrovně bezpečnosti v ražených úsecích (odvod po 85 metrech) a v hloubených úsecích (odvod po 300 až 500 m) vychází v hloubených úsecích větší nebezpečí při požáru za kongesce. V takovémto případě proudové ventilátory musí ve fázi evakuace regulovat podélnou rychlost proudění v rozmezí 1,5 až 2,5 m/s (podle místa vzniku a charakteru požáru) a je nutné odvádět kouř otvory otevřenými v závislosti na proudění v tunelu, aby se případným odvodem na plný výkon nezvýšila podélná rychlost proudění a šíření kouře. Každé zvýšení podélné rychlosti může narušit případnou stratifikaci kouře, která umožňuje viditelnost v přízemní vrstvě i za požárem ve směru proudění.

Kontakt na autora: jan.porizek@satra.cz.

Článek je upraveným příspěvkem autora na Mezinárodní konferenci Klimatizace a větrání 2006.

Použité zdroje:

- [1] Sborník – Ventilation Report from Permanent International Association of Road Congresses (PIARC); Marrakesh 1991
- [2] Jícha, Katolický: Modelování šíření ohně v automobilovém tunelu Mrázovka a návrh odsávacích vyústek; Brno květen 1999
- [3] Fire and smoke control in road tunnels; PIARC Committee on Road Tunnels; August 1998
- [4] Lacroix D.: Revue Générale des Routes et des Aéroports. Le désenfumage des tunnels rotiers en cas d'incendie; CETU listopad 1994
- [5] COST – průmyslové větrání; Modelování šíření kouře v automobilovém tunelu; Brno prosinec 2002
- [6] TP98/2004 Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací – Technické podmínky; Ministerstvo dopravy a spojů; Odbor pozemních komunikací;
- [7] Dossier pilote des tunnels équipements, section 4.1, Ventilation; CETU; Novembre 2003
- [8] ASTRA: Lüftung der Strassentunnel – Richtlinie; 2001
- [9] ASTRA: Lüftung der Strassentunnel – Richtlinie; 2004; Bern[10] Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln (RABT), 2003; Bonn
- [11] Österreichische Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen, Projektierungsrichtlinien Lüftungsanlagen, Grundlagen RVS 9.261
- [12] Andrass S., Mayr R., Rudolf A., Seitz P.: Fire Test and Safety Concepts in the Rennsteig Tunnel. Tunnel Safety and Ventilation – 2nd Symposium edited by Sturm P., Minarik S., Verlag Graz University of Technology; 2004, s.149-156, ISBN 3-901351-95-7
- [13] Presentation compact disk of company Tempest Technology; Mobile ventilation unit ver. 1.0
- [14] 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
- [15] Federal Highway Administration: Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program, November 1995.

Symbolika

- VTT označení Východního tunelu,
 EPS elektronická požární signalizace,
 u rychlost podélného proudění [m/s],
 u_{VTS} rychlost proudění v tří-pruhu VTS [m/s],
 u_B rychlost proudění v paralelním úseku vjezdové rampy B [m/s],
 Δp_F tlak vyvolaný požárem [Pa],
 Q tepelný výkon požáru v tunelu předaný konvekcí [MW],
 D_H hydraulický průměr průtočné plochy tunelu [m].

* Protipožární klapky pro přímou i dodatečnou vestavbu

Požární předpisy vyžadují, aby vzduchotechnické potrubí procházející stěnou mezi dvěma požárními úseky bylo vybaveno protipožární klapkou, která se v případě požáru automaticky, vzduchotěsně a teplovzdorně uzavře.

Firma *Air Fire Tech* přišla s nabídkou protipožárních kruhových i čtyřhranných klapky pro stěny tloušťky od 40 mm. Klapky se montují mimo průchod potrubí požární stěnou, což usnadňuje montáže, zejména při dodatečné instalaci a nepotřebují žádné dodatečné obkládání. Systém sestává ze dvou bezpečnostních zařízení, která se postupně spustí. Mezi 70 a 75 °C se klapka mechanicky uzavře proti pronikání kouře a od teploty 150 °C začne expandovat laminát, čímž se požární úsek zcela uzavře i proti pronikání požáru, s požární odolností 90 minut.

Nově vyvinutým výrobkem firmy je kulová protipožární klapka, bez listu klapky v proudě vzduchu, což znamená nezmenšení průtočného průřezu. V případě požáru se uvnitř uložená koule elektricky otočí o 90° a průřez uzavře s požární odolností 90 minut. K dispozici jsou velikosti o průměru 100–315 mm.

HLK 4/2006

(Ku)

* Čína – pokuty za plýtvání energií

V Pekingu nastartovala akce s 20 „energetickými policisty“ k potlačení plýtvání energií. Energetičtí policisté procházejí metropolí a kontrolují v kancelářských budovách, obchodních domech a obchodech, zda např. v zimě nejsou vnitřní teploty nastaveny příliš vysoko nebo v létě příliš nízko, nebo není-li ve dne zapnuto nadměrně elektrické osvětlení. Při prohrěšku hrozí provozovateli peněžní pokuty. Pekingský starosta Zhang Mao zdůvodnil tuto akci tím, že není respektována vyhláška o úsporách energie, vydaná před několika léty. Zejména v posledním roce došlo v mnoha čínských velkoměstech k výpadkům proudů, když byla v horkých letních dnech nastavena klimatizační zařízení na plný výkon.

CCI 3/2006

(Ku)

* Minimálně 30 minut odkuřovat při požáru

Pracovní skupina VDMA „Odkuřování“ vydala doporučené hodnoty minimální doby pro nucený odvod kouře k udržení ovzduší bez kouře u únikových cest. Byly zveřejněny v novém Informačním listu č. 3 pod (přeloženým) názvem „Odkuřování prostorů v případě požáru – Potřebné doby k úniku, záchraně, hasenímu zásahu“. K úniku z většího prostoru je třeba uvažovat minimálně 8 až 10 minut. Tato doba je relevantní pro velkoplošné prodejny, protože u nich je předpoklad maximálního využití únikových cest. K tomu přistupuje dalších více než 13 minut pro příjezd hasičů, průzkum a nasazení techniky. Z toho pak vychází, podle velikosti prostoru a za předpokladu organizovaného úniku, až k dokončení záchranných prací, minimálně 30 minut. Na základě tohoto je třeba dimenzovat zařízení pro odvod kouře. Podrobnosti na www.fvlr.de.

CCI 3/2006

(Ku)

* Vytapetujte si svůj dům – zvenčí!

Německá firma *Erfurt & Sohn* z Wuppertalu představila světovou novinku – „první tapetu pro venkovní stěny“. Všechny ověřovací zkoušky v praxi dostaly nejlepší známku a i posudek Úřadu pro zkoušení materiálů v Dortmundu byl kladný. Stěnový obklad „FlexoMur“ je extrémně stabilní a přesto vysoce pružné systémové řešení techniky omítání. Za použití speciálního lepidla, vyvinutého k tomuto účelu, se zalepí trhliny ve struktuře a fasáda zůstane nadále necitlivá vůči špíně a přítom si zachová difúzi. Trhliny až do šíře 5 mm překryje pružná tkanina ve FlexoMuru bez poškození. To znamená: Fasáda je opticky perfektní a je chráněna proti povětrnosti vč. deště a mrazu. Přitom je údajně tento nový způsob cenově příznivý, protože prakticky se jedním pracovním úkonem realizuje veškerá sanace, renovace a úprava vzhledu. Bližší informace: www.fassadensystem.com

CCI 4/2006

(Ku)