



"XVIII. Međunarodni znanstveni simpozij "Prometni sustavi 2011."

ANALIZA RAZVOJA POŽARA U CESTOVNIM TUNELIMA

Dr. sc. Vinko Višnjić,
Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Hrvatska


Mr. sc. Marko Pušić, dipl. ing.,
HOLDING d.o.o. podružnica Autobusni kolodvor, Zagreb, Hrvatska

Ivan Grgurević, dipl. ing.,
Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Hrvatska

28./29. travnja 2011., Opatija




... 1




UVOD

- Odgovarajući pristup u prevenciji požara u cestovnim tunelima
- Oslobođena toplinska snaga požara (eng. *Heat Release Rate*, HRR) ovisi o uvjetima provjetravanja, geometriji tunela i gorivog opterećenja
- Podaci se često temelje na određenim ispitivanjima u uvjetima kao što su:
 - brzina strujanja zraka,
 - geometrija tunela ili nagibu tunela koji mogu biti različiti,
 - ovisno o uvjetima dizajna tunela odnosno o tunelskom projektu zraka.
- Analiza se sastoji od dvije faze:
 - Prva faza uključuje korištenje probablističkog pristupa (analiza rizika) s kojom se identificira potencijalni uzrok i tip vozila, što bi moglo povećati požar u tunelu.
 - Druga faza proizlazi iz analize rizika što se koristi za modeliranje utvrđivanja HRR u tunelu s obzirom na faktore kao što su gorivo opterećenje, stanje sustava za provjetravanje, geometrije tunela i lokacije gorenja.


... 2



- Prva istraživanja su provedena na sustavima zaštite od požara s ciljem spašavanja života, sprječavanje požara katastrofalnih razmjera i oštećenja tunelske strukture.
- U principu, sva istraživanja su se svodila na povećanje infrastrukturne sigurnosti, odnosno simulacijom požara u tunelima kako bi se došlo do preciznije procijene parametara i postavljenih kriterija za sigurniji dizajn tunela.
- Provođenje vrlo velikih test požara uz odgovarajuće uvijete (primjer, probna vježba: Tunel Mala Kapela, 12. travnja 2011.).




Prikaz 1



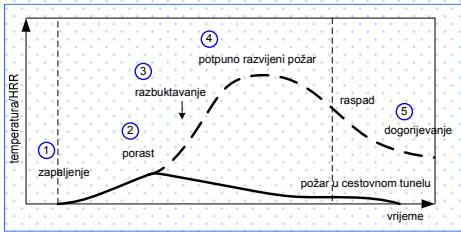
Prikaz 2

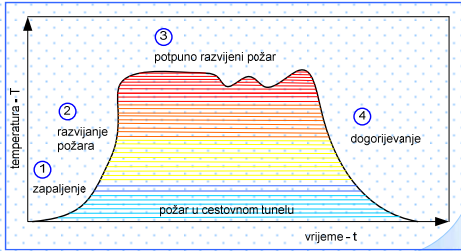
... 3



OSNOVNE ZNAČAJKE POŽARA U CESTOVNIM TUNELIMA

- Tipični požarni razvoj odjeljka požara ima obično pet faza (etapa) - paljenje, porast, razbuktavanje (plameni udar), potpuno razvijeni požar i dogorijevanje.
- Obzirom na polu-zatvorenu funkciju tunela, obilje kisika može biti isporučeno za proces izgaranja, a time i kriteriji za razbuktavanje teško se mogu utvrditi.
- Kao rezultat toga, tipični tunelski požar obično se razvija kroz 4 faze – zapaljenje, rast požara, postupno razvijeni požar i dogorijevanje (prikazano slikama).





... 4



ANALIZA TEMELJNIH AERODINAMIČNIH POJAVA

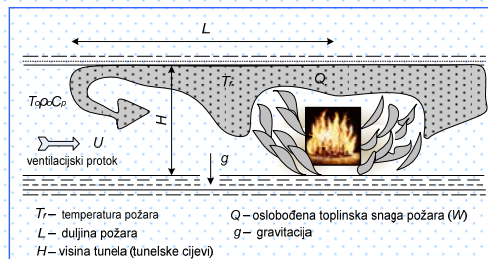
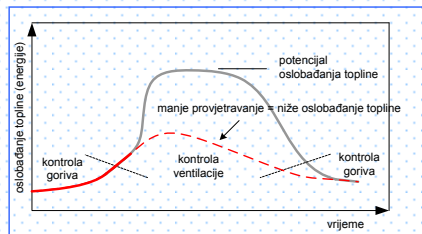
- Kao temeljne aerodinamične pojave, koje karakteriziraju rad sustava provjetravanja u uvjetima požara, mogu se navesti:
 - 1) stratifikacija dima;
 - 2) „kritična brzina“;
 - 3) povratno strujanje dima, tzv. „backlayering“i
 - 4) građevinske konfiguracije i unutarnje strukture tunela.
- **Stratifikacija dima** predstavlja pojavu uzgonskog kretanja dima prema stropu tunela, uvjetovanog razlikom gustoće i topline dima i okolnog hladnijeg zraka, te u idealnim uvjetima, kada je protok (uzdužna brzina) zraka, uzrokuje se ravnomjerno slojevito širenje dima uz strop, simetrično na obje strane od mjesta požara.
- **Kritična brzina** - kod tunelskih požara, dim se s mjesta požara diže do tunelskog stropa, i dalje se širi duž tunelske cijevi sve dok ne izađe iz nje, odnosno iz njenog zatvorenog prostora, u ovakvim situacijama, sustav provjetravanja se u pravilu koristi za kontrolu širenja generiranog dima.

... 5



ANALIZA TEMELJNIH AERODINAMIČNIH POJAVA

- **Backlayering** (također poznat kao "back-flow") je naziv za pojavu kada se dim kreće u suprotnom smjeru od strujanja zraka u tunelu (slika).
- U praktičnom smislu to znači da se treba spriječiti *backlayering* ili dovoljno kontrolirati.
- Brzina provjetravanja potrebna za sprječavanje *backlayeringa* je poznata kao "kritična brzina" i različite metode su predložene za njeno izračunavanje.



... 6



ANALIZA TEMELJNIH AERODINAMIČNIH POJAVA

- Za ponašanje *backlayering* učinaka dva su najvažnija faktora koji reguliraju ponašanje:
 - oslobođena toplinska snaga požara (HRR) i
 - brzine provjetravanja.

Tablica: Prikaz značajki povratnog strujanja dima (*backlayering* učinak)

	V_e	režim	napomena	strujanje (vrijednosti)
(a)	mali	<i>backlayering</i>	napreduje <i>backlayering</i>	$V = 2 \text{ m/s}$; $HRR = 20 \text{ MW}$; $V_e = 2.97 \times 10^{-2}$
(b)			oscilirajući-stabilan <i>backlayering</i>	$V = 7 \text{ m/s}$; $HRR = 100 \text{ MW}$; $V_e = 6.08 \times 10^{-2}$
(c)		prijelaz	blagi <i>backlayering</i>	$V = 6 \text{ m/s}$; $HRR = 10 \text{ MW}$; $V_e = 11.23 \times 10^{-2}$
(d)			okomiti (uspravni) plamen	$V = 10 \text{ m/s}$; $HRR = 20 \text{ MW}$; $V_e = 14.86 \times 10^{-2}$
(e)	veliki	nije <i>backlayering</i>	plamen	$V = 10 \text{ m/s}$; $HRR = 1 \text{ MW}$; $V_e = 40.33 \times 10^{-2}$

... 7



ANALIZA TEMELJNIH AERODINAMIČNIH POJAVA

- Određivanje kritične brzine strujanja zraka

- postoje brojni obrasci za proračun kritične brzine zraka, nazvani po njihovim autorima (Thomas, Danziger, Kennedy i dr.);
- oni su se s vremenom razvijali i postajali sve složeniji, odnosno postajale su sve složenije jer se sve više varijabli uzimalo u obzir i jer se tražila veća preciznost izračuna i pouzdanost;
- vrlo često su izrazi nepodesni za projektantsku praksu jer zahtijevaju ponovljene postupke;
- za projektantske potrebe može se reći da za široko područje požarnih opterećenja, kritična brzina odimljavanja iznosi oko 3,0 m/s;
- u vezi s kritičnom brzinom odimljavanja, potpunije podatke daju njemačke smjernice RABT (Istraživačko društvo za ceste i transportni sektor, Smjernice za opremu i rad cestovnih tunela, njem. *Richtlinien fuer Ausstattung und Betrieb von Strassentunneln*, RABT).

... 8

fl

AUTOCESTE U RH

Prikaz autocesta u RH

... 9


fl

TUNELI NA AUTOCESTAMA RH

Autocesta A1

Naziv	Duljina (m)	Broj cijevi
Sv. Marko	260	dvije
Mala Kapela	5780	dvije
Brinje	1560	dvije
Brezik	618	dvije
Plasina	2300	dvije
Grič	1231	dvije
Krpani	171	dvije
Sv. Rok	5686	dvije
Ledenik	768	dvije
Bristovac	700	dvije
Čelinka	220	dvije
Dubrava	868	dvije
Konjsko	1261	dvije
Zaranač	375	dvije
Bisko	520	dvije
Rošca	150	dvije
Konšćica	150	dvije
Vrankovića Ograda	150	dvije
Crna Brda	422	dvije
Stražina	584	dvije

... 10



TUNELI NA AUTOCESTAMA RH

Autocesta A2

Naziv	Duljina (m)	Broj cijevi
Levačica	374	dvije
Vidovci	261	dvije
Sv. Tri Kralja	1741	jedna
Brezovica	590	jedna
Đurmanec	204	dvije
Frukov Krč	341	dvije

Autocesta A6

Naziv	Duljina (m)	Broj cijevi
Hrasten	278	dvije
Tuhobić	2141	dvije
Vrata	260	dvije
Sopač	740	dvije
Slerne	824	dvije
Lučice	576	dvije
Vršek	868	dvije
Javorova Kosa	1460	dvije
Pod Vugleš	610	dvije
Cardak	601	dvije
Rožman Brdo	523	dvije
Veliki Gložac	1130	dvije

Autocesta A4

Naziv	Duljina (m)	Broj cijevi
Hrastovec	523	dvije
Vrtlinovec	628	dvije


Autocesta A7

Naziv	Duljina (m)	Broj cijevi
Jušići	354	dvije

Autocesta A8

Naziv	Duljina (m)	Broj cijevi
Učka	5062	jedna
Učka 2	150	jedna


• • • 11




TUNELI NA CESTAMA RH

Naziv	Duljina (m)	Broj cijevi
Mravinci	491	jedna
Mačkovac	181	jedna
Klis Kosa	273	jedna
Klis Grlo	173	jedna
Mihovilovići	96	dvije
Orgus	355	dvije
Podsusedski tunel	≈ 150	jedna
Jušići	341	dvije
Škurinje	2 595	jedna
Škurinje	1 424	jedna
Kozala	75	jedna
Katarina	430	jedna
Trsat	830	jedna
Draga	219	dvije
Sv. Kuzam	323	dvije
Pitve	1400	jedna
Selca-Dubovica	1516	jedna

• • • 12

 TUNEL MALA KAPELA – PROBNO PALJENJE



••• 13

 TUNEL MALA KAPELA – PROBNO PALJENJE




••• 14

 TUNEL SVETI ROK – PROBNO PALJENJE




••• 15

 TUNEL SVETI ROK – PROBNO PALJENJE




••• 16



ZAKLJUČAK

- Svaki cestovni tunel je jedinstven, ovisno o zemlji u kojoj se nalazi, njenim regulativnim zahtjevima i očekivanoj eksploataciji tunela, rezultati analize rizika od požara mogu biti različiti.
- Nužno je usporediti dovoljno statističkih podataka o incidentima požara, podatke o prometu i vozilima, te identificirati najgore slučajeve scenarija požara.
- Provjetravanje u tunelu može imati značajan utjecaj na HHR.
- Kao temeljne aerodinamične pojave, koje karakteriziraju rad sustava provjetravanja u uvjetima požara, prepoznate su: stratifikacija dima, kritična brzina, povratno strujanje dima (tzv. „backlayering“) i građevinske konfiguracije odnosno unutarnje strukture tunela.
- Požarna veličina varira ovisno o faktorima kao što su geometrija tunela, sustav i stanje provjetravanja, mjesto paljenja požara, goriva smjesa te način gašenja požara.
- Najvažnije je kod svih požara koji su nastali u tunelu: vrijeme reakcije vatrogasno-spasilačke službe (dolazak do mjesta požara), gašenje požara i transport ugroženih osoba na sigurno područje kako ne bi došlo do teških i tragičnih posljedica.

... 17



Hvala na pažnji!
...
Pitanja?

kontakt e-mail: vinko.visnjic@fpz.hr

... 18