

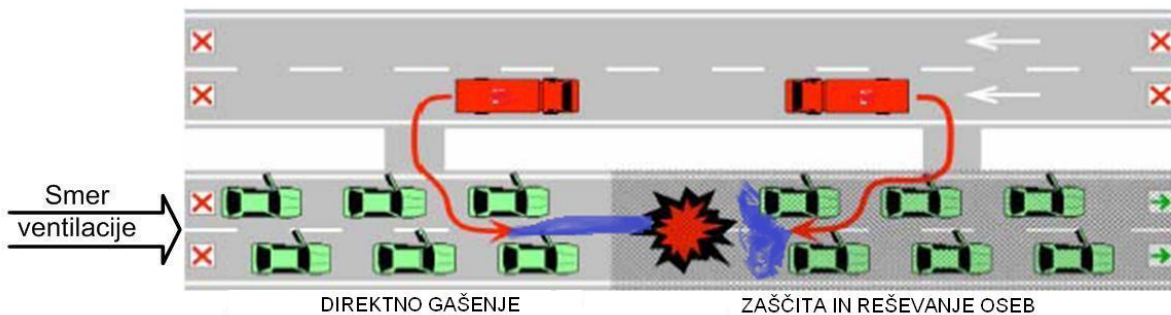
Požar v cestnem predoru – gašenje

1. del

dr. Aleš Suban

Gašenje požara v predoru je obravnavano v dveh člankih. Govora bo o splošni strategiji gašenja požarov ter taktičnih postopkih v dvocevni predorih, pomen in uporaba vgrajenega mehanskega prezračevanja, kot ključnega segmenta požarne varnosti predora ter zmožnosti posredovanja gasilcev glede na jakost požara.

Strategija se lahko definira kot splošni načrt poteka dejavnosti za doseg zastavljenega cilja. Cilj gasilske enote ob požaru v predoru je njegova pogasitev, zaščita življenj uporabnikov predora ter zaščita predora in ostalega premoženja. Taktika pa je lahko definirana kot dejavnost ali postopek za izvedbo strategije. Strategija posredovanja je lahko ofenzivna ali defenzivna, velikokrat pa se izvaja kombinacija obeh strategij sočasno. Vodja intervencije izbere ustrezno strategijo posredovanja glede na situacijo v predoru. Pri ofenzivni strategiji se izvede direkten napad na požar (gašenje). Izbere se jo, ko gasilska enota predvidi, da je sposobna pogasiti požar s sredstvi, ki jih ima na voljo in ji je omogočen dostop do mesta gašenja. Defenzivna strategija pa se uporablja, kadar direktnega napada ne moremo izvesti zaradi različnih dejavnikov (nedostopen požar, prevelika jakost požara, nevarnost za gasilce, pomanjkanje gasilnega sredstva, pomanjkanje moštva idr.) oziroma, kadar želimo zaščititi določeno področje ali osebe in preprečiti nadaljnji razvoj ali širitev požara. Pri kombinaciji, pa lahko del moštva gasi požar, medtem, ko ostali gasilci izvajajo reševanje ali zaščito pred širitvijo požara (slika 1). Med strategijami se v času požara pogosto tudi prehaja.



Slika 1 (vir Vernehmlassung SFIK)

Problematika gašenja požarov v predorih

Zaradi že omenjenih lastnosti predorskih požarov je posredovanje gasilskih in reševalnih služb oteženo in nevarno. Gasilske enote morajo poznati nevarnosti in problematiko požara, da lahko ustrezno in varno posredujejo. Večje težave pri posredovanju v predoru lahko povzročijo dim, saj otežuje ali onemogoča vidljivost, vsebuje strupene produkte zgorevanja ter ima visoko temperaturo. Ob dimu vplivata na posredovalce še visoka temperatura in sevanje, ki sta odvisni od jakosti požara (HRR) in sta ključna dejavnika, ki vplivata na zmožnost posredovanja. V vseh katastrofalnih požarih v predorih je bil dostop gasilcev h gašenju požara onemogočen prav zaradi sevanja in visoke temperature. Dodatna težava v

predoru je dolžina plamenov in širitev požara. Plameni dosegajo velike razdalje od izvora požara ter tako ogrožajo posredovalce (slika 2).

Problematičen je tudi dostop do lokacije požara. Dostop je možen iz obeh portalov predora ter pri dvocevni predorih tudi preko prečnikov, s katerimi sta predorski cevi medsebojno povezani. Tako je dostop precej omejen. Predori so razmeroma dolgi, razdalja med prečniki pa je od 350 do 400 metrov. Količina vode za gašenje je večinoma zadostna, saj so vsi predori opremljeni s hidrantno mrežo z



Slika 3 (vigilfuoco.it)

zagotovljenim ustreznim pretokom in tlakom iz namenskih rezervoarjev požarne vode. Problem pa predstavlja omejena višina predora, ki omejuje kot, pod katerim lahko usmerimo curek vode, kar omejuje domet curka. Za pridobitev podatkov o dometu curka oz. o razdalji za gašenje v predoru, sem pred leti v sklopu študijskega raziskovanja izvedel praktični preizkus (slika 3). Preizkus smo izvedli na poligonu PGD Sečovlje z opremo, ki se uporablja za gašenje v predorih. Pri preizkusu je bila uporabljena 6,5 m višinska letev, kolikor je konstrukcijska višina AC predorov. Dometi so bili merjeni pri gašenju z



Slika 2 (avtor)

vodo in peno. Delni rezultati so predstavljeni v tabeli 1. Podrobneje je izvedba preizkusa in vsi njegovi rezultati opisani v viru [1.], kjer so upoštevane tudi stropne ovire, katere znižujejo kot gašenja ter razni nastavki za ročnike. Na gasilskih vozilih za posredovanje v predorih, katerim v žargonu rečemo »tunelci«, je nameščen tudi monitor za gašenje, kateri ima po karakteristikah 67 m dometa. Ta domet za gašenje v predoru ni uporaben, saj je monitor nameščen na strehi vozila dobre 3 m od tal in je uporaben kot gašenja do stropa

predora zelo majhen. Monitor tako služi, kadar je za gašenje potrebna izdatna količina vode.

Tabela 1

| Vrsta ročnika | Pretok na ročniku | Tlak na ročniku | Višina predora | Domet curka |
|---|-------------------|-----------------|----------------|-------------|
| Ročnik za gašenje z vodo Rosenbauer | 230 l/min | 6 bar | 6,50 m | 26–30 m |
| Ročnik za gašenje z vodo Rosenbauer | 400 l/min | 6 bar | 6,50 m | 29–33 m |
| Ročnik za gašenje s težko peno Rosenbauer | 400 l/min | 5 bar | 6,50 m | 18–21 m |

Vpliv požara na gasilce

Temperatura v predoru in toplotno sevanje sta ključna dejavnika za zmožnost posredovanja gasilcev in najbolj vplivata na dostop do lokacije požara. S strani različnih ustanov so bile opravljene raziskave o vzdržljivosti gasilca v zaščitni gasilski obleki. Podatki o mejah, ki jih lahko vzdrži gasilec pri gašenju, preden začuti bolečino oz. se mu telo pregreje, so zbrani iz več raziskovalnih virov in jih lahko v grobem razdelimo sledeče:

- Temperatura zraka okolice pod 120 °C in sevalni tok pod 3 kW/m²: možna daljša izpostavljenost od 10 do 20 min;
- Temperatura zraka okolice do 160 °C in sevalni tok do 5 kW/m²: možna krajša izpostavljenost od 3 do 5 min;
- Temperatura zraka okolice med 200 °C in 300 °C ter sevalni tok 10-12 kW/m²: zelo nevarno že pri izpostavljenosti manj kot 1 min.

Kako velik požar v predoru lahko gasilska enota obvladuje?

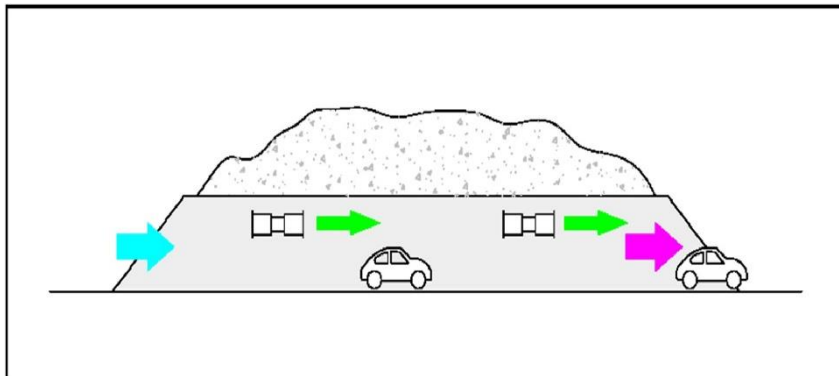
Iz analiz preteklih požarov v predorih lahko dobimo občutek, s katerimi požari so se gasilci lahko uspešno spopadli in pri katerih je bil dostop zaradi vpliva požara nemogoč. Dodatno pa lahko z izračuni o širjenju toplotnega sevanja v prostoru ter iz meritev realnih požarnih testov opredelimo območja in razdalje, s katere lahko gasilske enote še posredujejo pri določeni jakosti požara. Podlaga so nam podatki o vzdržljivosti gasilcev in dometu gasilnega sredstva. Glede na jakost požara se lahko izračuna, kakšno toplotno sevanje oddaja požar. Seveda pa je treba upoštevati tudi gibanje vročega dima, ki oddaja dodatno sevanje. Če prezračevanje v enosmernem predoru deluje pravilno, odnaša ves dim v smeri vožnje in zato lahko njegov vpliv delno zanemarimo. Pri požarnem testu v predoru Runehamar (2003) je bil merjen sevalni tok in temperatura na določenih razdaljah od požara. Požar je bil jakosti 66 MW, kar bi ustrezalo tovornjaku priklopniku z gorljivim tovorom. Uporabljeno je bilo vzdolžno prezračevanje, ki je ves dim odnašalo v smeri vožnje. Na strani brez dima je bilo na razdalji 15 do 20 m od požara izmerjeno sevanje med 3 in 4 kW/m² s temperaturo okolice pod 120 °C na višini 2 m od vozišča. Takšne razmere še omogočajo posredovanje gasilcev, saj je domet gasilnega sredstva večji od te razdalje.

Požar s 60 do 70 MW je že zelo velike jakosti. Pri takih jakostih požara je zelo pomembno, da prezračevanje enosmernega predora ustrezno odvaja dim in toploto, saj je razdalja za gašenje (20 m) skoraj na meji učinkovitega dometa curka. V primeru neustreznega odvoda dima in toplote postane tak požar neobvladljiv. Pri dvosmernih predorih, kjer je zasnova prezračevanja drugačna, pa se jakosti še obvladljivih požarov gibljejo med 30 in 40 MW (avtobus, tovorno vozilo).

Vzdolžno prezračevanje AC predorov

Mehansko prezračevanje služi za zagotavljanje varnosti uporabnikov ter kot pripomoček intervencijskim službam za ustrezen in varen pristop h gašenju. Cestni predori imajo lahko izvedeno prezračevanje na različne načine. V kratkih predorih je prezračevanje naravno, daljši predori pa imajo izvedeno mehansko prezračevanje, ki je lahko vzdolžno, vzdolžno z odvodnimi jaški, reverzibilno polprečno, reverzibilno polprečno-prečno in prečno prezračevanje. Na slovenski AC mreži imajo vsi predori vzdolžno prezračevanje, razen zelo kratki, ki so naravno prezračevani in predor Karavanke, ki

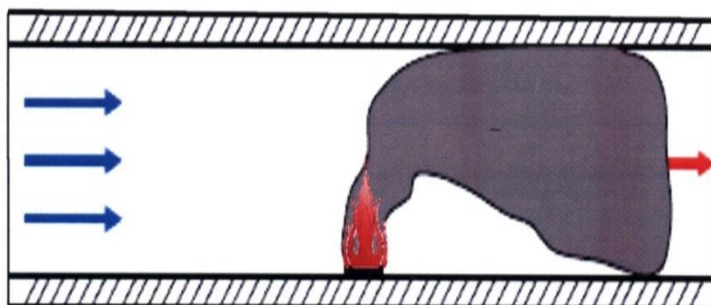
ima kombinacijo prečnega in vzdolžnega prezračevanja. Ker je tematika člankov osredotočena na AC predore, bo v nadaljevanju predstavljeno vzdolžno prezračevanje s svojimi karakteristikami.



Slika 4 (vir PIARC)

Vzdolžno prezračevanje ima ime zaradi usmerjanja zraka v vzdolžni smeri predora. Gibanje zraka ustvarjajo impulzni ventilatorji, ki so nameščeni na stropu predora (slika 4). Glede na dolžino predora, zahteve po količini prezračevanja ter glede na pričakovane vremenske razmere v okolici predora, se

vgradi potrebno število ventilatorjev, ki so nameščeni v parih. Ventilatorji za odvod dima in toplote iz predora morajo biti sposobni delovati vsaj 120 minut pri temperaturi dimnih plinov 300 °C. Prisilno prezračevanje je eden glavnih dejavnikov za izboljšanje varnosti ob požaru v predoru. Ker je v začetni fazi požara za uporabnike predora najnevarnejši dim, ga mora prezračevanje ustrezno odvajati, da se omogoči varna evakuacija. Večina uporabnikov AC predora (v večini primerov vsi) se bo nahajala pred požarom, saj uporabniki za mestom požara lahko nemoteno odpeljejo iz predora. Izjeme so zastoji v predoru, ki pa so v AC predorih velika redkost. Tako lahko s primernim prezračevanjem, to je s primerno hitrostjo gibanja zraka v smeri vožnje, preprečimo povratni tok dima proti uporabnikom.



Slika 5 (vir M. Drakulič)

Dodaten namen prezračevanja je uporaba ventilatorjev v času intervencije. Takrat se lahko zviša hitrost zraka na raven, da se ves dim glede na jakost požara, odvaja na izhodni portal predora (slika 5). S tem se omogoči dostop gasilcem za gašenje požara. Prezračevanje ima pomembno vlogo tudi v sosednji, neprizadeti predorski cevi.

Obe predorski cevi sta povezani s prečnimi prehodi, ki so namenjeni evakuaciji in intervencijskim dostopom. Ob odprtju vrat bi lahko prišlo do gibanja dima iz cevi s požarom v neprizadeto cev. Ker so impulzni ventilatorji reverzibilni, jih avtomatski algoritem vklopi tako, da ventilatorji na koncu cevi delujejo v nasprotni smeri. S tem se ustvari nadtlak, ki mora biti višji od tlaka v cevi s požarom, s čimer se prepreči prehod dimnih plinov iz ene v drugo cev. To, da do prehoda dima v neprizadeto cev ne bo prišlo, ne smemo vzeti za absolutno. Lahko se dogodi, da se točno na območju prečnikov zaustavijo večja tovorna vozila, posledica česar je lokalni porast tlaka. V tem primeru lahko pride pri odprtju prečnika do prehoda dima v sosednjo cev. Tak primer se je zgodil ob požaru v predoru Trojane (2010). Gasilci, ki posredujejo, se morajo te možnosti zavedati.

Mehansko prezračevanje pa lahko ima tudi svojo slabo plat. Občutno lahko poveča dotok svežega zraka na lokacijo požara. S tem pospeši razvoj požara in sproščanje toplote (HRR). Tak vpliv ima prezračevanje predvsem na požare velikih jakosti. Požar manjše jakosti ima v vseh primerih zadostno količino zraka za svoj razvoj. Večji požari pa zaradi polzaprte geometrije predora ne dobijo zadostno količino zraka z naravnim vlekom. Požarni testi v predoru Benelux so pokazali, da se razvoj požara pospeši za od 3,5 do 5,5-krat pri hitrostih zraka v predoru med 4 in 6 m/s, v nasprotju z razvojem požara, kjer je gibanje zraka minimalno oz. skoraj 0 m/s. V požarnem testu Eureka, kjer je bilo uporabljeno večje tovorno vozilo, je bilo ugotovljeno, da se je pri hitrosti zraka 6 m/s sproščala toplota 120 MW, pri zmanjšanju hitrosti na približno 0 m/s, pa je HRR upadel na 42 MW (slika 6). Če je hitrost v predoru prenizka, odvod dima in toplote ni zadosten in posledično je onemogočen dostop gasilcev. Tako je primerno iskati kompromis med hitrostjo, ki zagotavlja odvod dima, istočasno pa ne povzroča prevelikega razvoja požara.

Da se ves dim in toplota pri določeni jakosti požara odvaja v smeri vožnje, mora biti dosežena tako imenovana »kritična hitrost prezračevanja«, ki preprečuje povratni tok dima. Ta je pri požarih 1 do 2 osebnih vozil (10 MW) med 1,5 in 2 m/s, pri požaru avtobusa ali tovornjaka (30 MW) okoli 3 m/s in ne presega 4 m/s pri požarih večjih tovornjakov ali razlitega goriva iz cisterne (100 MW). Tako mora vodja intervencije pri posredovanju spremljati razmere v predoru in ustrezno upravljati mehansko prezračevanje. V predorski cevi so merilci hitrosti gibanja zraka, katerih podatki se v realnem času prenašajo v nadzorni center predora. Vodja intervencije lahko v komunikaciji z operaterjem predora pridobi informacije o stanju požara, hitrostih zraka v predoru in gibanju dima. Operaterju predora nato lahko poda navodilo o vključitvi ali izključitvi določenih ventilatorjev za zagotavljanje ustrezne hitrosti prezračevanja, za kar pa mora dobro poznati specifične predorskih požarov.



Slika 6 (vir SP TRI of Sweden)

Viri:

1. Suban, A. (2012). Analize za podporo intervenciji ob požaru v cestnem predoru. Portorož: UL FPP.
2. Kim, H. K., et. al. (2010). Effective Firefighting Operations in Road Tunnels. Borås: SP TRI of Sweden.
3. Vidmar, P. (2007). Deterministični model požara v predoru. Portorož: UL FPP.