

# Požar v cestnem predoru

dr. Aleš Suban

Požar v predoru je izredni dogodek, ki glede na druge izredne dogodke v predoru (prometna nesreča, okvara vozila, vožnja v nasprotno smer, iztekanje nevarne snovi idr.), ogroža večje število navzočih oseb. Požara je za uporabnike predora zelo nevaren in lahko zahteva večje število smrtnih žrtev ter poškodovanih oseb. Glede nevarnosti je požaru lahko primerljiv izpust le nekaterih nevarnih snovi. Dodatno pa lahko poškoduje infrastrukturo predora do te mere, da je predor zaradi obnove lahko zaprt tudi več mesecev. Tako so ekonomske posledice požara izredno velike, če predor leži na pomembni prometni mreži. To se je pokazalo pri velikih požarih v preteklosti: Mt. Blanc l. 1999 (slika 1), Tauern l. 1999, St. Gotthard l. 2001 idr..



Slika 1 (vir [tunneltalk.com](http://tunneltalk.com))

Zaradi geometrije predora je posredovanje ob teh požarih drugačno kot sicer ter zelo zahtevno. Glede na lokacijo gorenja delimo požare na takšne v zaprtih prostorih ter požare na odprtem. Oba tipa se razlikujeta glede značilnosti razvoja požara ter različnih pristopov h gašenju. Požara v predoru, zaradi prostorske geometrije, ne moremo opredeliti kot požar na prostem ali v zaprtem. Predor ni popolnoma odprt in niti popolnoma zaprt prostor, zato ima značilnosti obeh tipov. Pomembno je, da posredovalci dobro poznajo geometrijo, dostope in lastnosti predora, dodatno pa morajo imeti veliko znanja o samem razvoju tovrstnega požara, nevarnostih, prezračevanju, nastajanju in širitvi dima.

## *Vzroki za nastanek požara v predoru*

Vzroki za nastanek požara močno vplivajo na hitrost nadaljnjega razvoja le-tega. Potencialni vzroki so:

- Tehnične okvare na infrastrukturi in opremi predora. Tak požar se razvija počasi in ne postane velik ter velike jakosti. Sproščena toplotna energija ni velika in požar je lahko obvladljiv, v nekaterih primerih tudi sam ugasne. Uporabniki predora so manj ogroženi.
- Tehnična okvara vozila je najpogostejši vzrok za nastanek požara v predoru. Analize kažejo, da se med 70 in 95 % kot vzrok nastanka pojavlja tehnična okvara na vozilu. V večini primerov je bil požar omejen le na vozilo, kjer je nastal, in se ni širil na okolico. Analize prikazujejo, da se tak požar razvija počasi, kadar ni prisotnih dejavnikov, ki bi pospeševali njegov razvoj (puščanje goriva, eksplozija tovora, močno prezračevanje). V začetni fazi je požar majhen, nastaja predvsem dim. Uporabniki predora v okolici požara lahko pravočasno

zaznajo izredni dogodek in se mirno pripravijo na ukrepanje ter umik. Seveda pa ne smemo zanemariti dejstva, da se lahko tudi omenjeni tip požara razvije v katastrofalen požar, če ukrepanje interventnih služb ni dovolj hitro ali pa so prisotni faktorji, kot npr. izredno gorljiv tovor na tovornem vozilu. Večina okvar, ki nastanejo na tovornih vozilih z veliko požarno obremenitvijo tovora, lahko povzročijo velik požar. Takšen primer je bil požar tovornega vozila v predoru Frejus (2005), ki je prevažal gume, požar tovornega vozila v predoru Mont Blanc (1999) s tovorom margarine ter moke ter požar v predoru Salang (1982) na tovornjaku, ki je prevažal nevarne snovi. V večini primerih pa se požar, ki nastane s tem vzrokom hitro omeji. Osnovne ukrepe gašenja lahko izvedejo že vozniki sami z uporabo gasilnih aparatov.

- Požar kot posledica prometne nesreče. Njegov razvoj je pogosto hitrejši kot pri drugih vzrokih. Prometna nesreča lahko nastane ob trčenju vozil med seboj ali v steno predora. Do hitrejšega razvoja požara pride zaradi razlitja pogonskih goriv, izpusta vnetljivega tovora oziroma nevarne snovi ali razsutja gorljivega materiala. V nesrečah, kjer je udeleženih več vozil, prihaja tudi do hitrejšega širjenja požara na sosednja vozila zaradi bližine. S tem se zaradi večje količine gorljive snovi poveča jakost požara. Čas vžiga je različen, saj lahko nastopi takoj ob nesreči ali pa kasneje. Nevarnost za ljudi je v tem primeru velika, saj tak dogodek nastane hitro in nepredvidljivo. Zaradi hitrejšega razvoja požara pride do povečanega sproščanja dima in toplote, zato so navzoči udeleženci v večji nevarnosti, saj se čas za umik skrajša. Upoštevati je treba tudi verjetnost, da so v vozilih, zajetih v trčenje, ujete osebe, ki ne morejo ubežati nevarnosti požara. Tako morajo biti prvi posredovalci pozorni še na to dejstvo. Jakost samega požara je odvisna predvsem od vrste gorljive snovi oziroma vozil, udeleženih v nesreči. Nesreče osebnih avtomobilov ne povzročijo velike jakosti. Ob nesrečah tovornih vozil pa je zadeva lahko zelo drugačna. Jakosti požara so lahko manjše do srednje, kar je lažje obvladljivo, če tovorno vozilo ne prevažata gorljivega tovora ter zelo velike, neobvladljive, če je tovor lahko gorljiv. Zelo gorljiv tovor ne pomeni samo npr. naftnih derivatov, že tovornjak s pohištvom je zelo kritičen. Poleg tujih primerov (predor Tauern, 1999), imamo primer takega nastanka požara tudi na slovenskih avtocestah, in sicer v predoru Trojane I. 2010 (slika 2). Vzrok požara je bilo trčenje tovornih vozil. Kor se vidi iz slike 2, je bil začetek požara majhen. Ob pravilnem ukrepanju voznikov, bi lahko bil požar pogašen zelo hitro z gasilnim aparatom. Ker pa ni



Slika 2 (vir DARS)

Članek št. 2

bil nobenega začetnega ukrepanja, se je požar razvil naprej na kabino tovornega vozila in postal z gasilnikom neobvladljiv, v nadaljevanju pa še na tovorni del sosednjega vozila (slika 3).

- Izpust gorljive nevarne snovi brez trčenja: pri izpustu in vžigu nevarne gorljive snovi je razvoj požara zelo hiter. Vžig lahko povzročijo mimo vozeča vozila. Širitev plamena po nevarni gorljivi snovi je hitra, zato je tudi ogroženost oseb v predoru velika. Kljub veliki nevarnosti pa je verjetnost nastanka takega dogodka izredno majhna. V



Slika 3 (vir DARS)

večini primerov pride do izpustov nevarne gorljive snovi v prometnih nesrečah. Zaradi trčenja lahko pride do poškodb rezervoarja ali embalaže, v kateri se prevažata nevarna snov. Tak vzrok požara opredelimo pod prometne nesreče.

### ***Gorljiva snov, požarna obremenitev in kurilna vrednost***

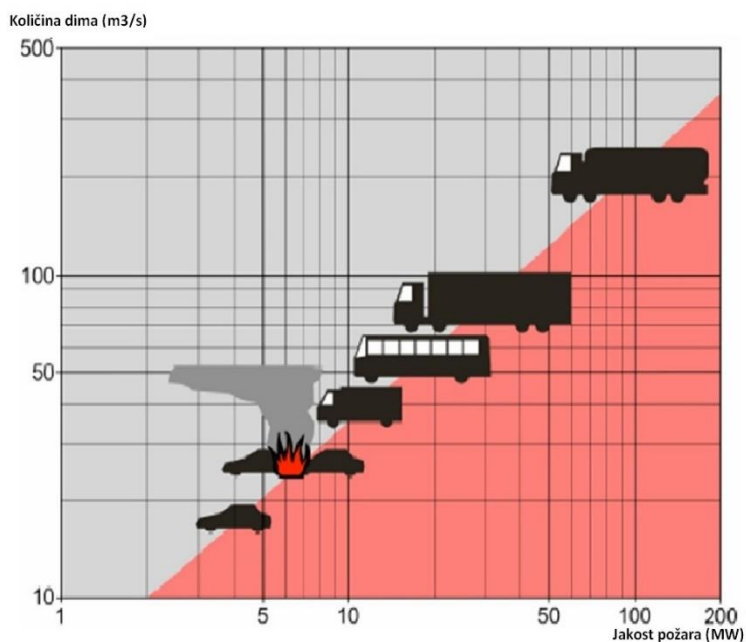
V začetni fazi požara ima največji vpliv na njegov razvoj gorljiva snov, ki ji pravimo tudi »gorivo«. Vsi vemo, da npr. vnetljive tekočine veliko hitreje zagorijo ter da se tovrstni požar hitro razvija, medtem, ko razvoj požara na trdnih materialih poteka počasneje. Na silovitost požara pomembno vplivata dve lastnosti goriva: koliko toplote se bo sprostilo pri gorenju in kako hitro bo potekalo to sproščanje. Količina toplote, ki se bo sprostila, je poleg količine goriva odvisna predvsem od lastnosti goriva.

Gorivo pri požarih v cestnih predorih predstavljajo vozila ter tovari, ki jih prevažajo. Pri vseh vrstah vozil je treba upoštevati tudi pogonsko gorivo vozila, katerega je lahko že pri osebnem avtomobilu več kot 50 litrov. Lastnost goriva, ki je pri preučevanju požarov pomembna, je kurilna vrednost. Ta skupaj s količino goriva predstavlja požarno obremenitev. Požarna obremenitev predstavlja celotno količino toplote, ki se sprosti, ko zgore ves material oz. gorivo. Vrednosti se izražajo v J oziroma v GJ, in so odvisne od velikosti vozila. Požarne obremenitve so najbolj odvisne od vrste in količine tovora, predvsem pri tovornjakih. Treba je tudi vedeti, da nekateri tovari, ki ne predstavljajo velike požarne nevarnosti v prometu, lahko med zgorevanjem sprostijo podobne količine energije kot vnetljive tekočine, ki so same po sebi definirane kot nevarne snovi. Takšna primera sta požar v predoru St. Gotthard (2001), kjer je tovor vseboval avtomobilske gume ter filmske role, in požar v predoru Mont Blanc (1999), kjer je tovornjak prevažal margarino in moko.

## Jakost požara – toplotni tok ob požaru

Za opredelitev jakosti požara v predoru se najpogosteje uporablja izraz toplotni tok in ne toliko požarna obremenitev. Angleški izraz, ki se za to uporablja je *Heat Release Rate* (skrajšano HRR), kateri bo zaradi enostavnosti zapisa in pogostosti uporabe v literaturah uporabljen tudi v nadaljevanju. HRR se meri v količini sproščene toplote v časovni enoti, in sicer v kW ali MW. HRR o požaru pove naslednje:

- HRR je gonilna sila požara. Večja količina toplote kot se sprošča, hitreje se bo požar razvijal, večja je tudi možna širitev požara.
- Večina drugih spremenljivk pri požaru je odvisna od HRR, kar pomeni, da se bo pri požarih večjih moči sproščala večja količina dima in strupenih produktov (slika 4) ter porabljale se bodo večje količine zraka. Drugače povedano, masna sprememba goriva v produkte zgorevanja bo pri večjih HRR hitrejša in večja.
- HRR prikazuje nevarnost požara za življenje. Velik toplotni tok povzroča visoke temperature ter velik sevalni tok. Oboje je zelo obremenilno in nevarno za ljudi, kar velja tudi za gasilce.



Slika 4 (vir Vernehmlassung SFIK)

Za ovrednotenje HRR pri požarih vozil v predorih so bili izvedeni preizkusi v realni velikosti (EUREKA testi, Runehamar testi, Benelux testi, Memorial tunnel testi idr.). Pridobljene so bile vrednosti za različne vrste požarov, kot je požar enega ali dveh avtomobilov, avtobusa, tovornega vozila idr. Na sliki 4 so v grobem opredeljene vrednosti HRR (jakost požara v MW) in količina nastajanja dima pri določeni jakosti požara. Zanimivo je tudi dejstvo, da hitrost razvoja požara ni pogojena

z njegovo jakostjo. Iz analiz preizkusov ter realnih dogodkov je ugotovljeno, da se požari manjših in velikih jakosti, pri enakih pogojih (dotok zraka, lokacija, vzrok za nastanek idr.) razvijejo približno v enakem obdobju, v večini primerov v 8 do 10 minutah. Za razvoj je pomemben predvsem vzrok za nastanek požara ter dotok zraka.

## Širitev požara v predoru

Do širitve požara lahko pride na sledeče načine:

- Konvekcija: toplota se lahko prenaša s konvekcijo. Plameni in vroči plini se dvigajo navzgor in se pod vplivom zračnega toka v predoru usmerijo v smeri njegovega gibanja. Iz površine gorljive snovi, izpostavljene konvekcijskemu segrevanju, začnejo izhajati gorljivi plini (piroliza). V vozilih so velikokrat prisotni različni polimeri, ki začnejo razpadati pri razmeroma nizkih temperaturah, tj. 200–300 °C. Ti plini se pomešajo z okoliškim zrakom in, ko sta koncentracija gorljivih plinov in temperatura zmesi dovolj visoki, se vnamejo. Ali bo prišlo do vžiga ali ne, je odvisno od gostote toplotnega toka, vnetljivosti in časa izpostavljenosti. Prenos požara z gibanjem vročih plinastih mas je v predoru mogoč tudi na zelo velike razdalje, večje od 500 m, kar se je zgodilo v primeru požara Mont Blanc (1999).
- Toplotno sevanje: močno toplotno sevanje gorečega vozila v predoru je resna nevarnost za prenos požara. Ko plameni začetnega požara dosežejo strop, se ti odklonijo pod stropom in se močno podaljšajo. Sevajo plameni, vroče površine ter tudi dimni sloj. Sevalni tok, ki mora delovati na površino lesa krajše časovno obdobje, da povzroči vžig, je med 20 in 25 kW/m<sup>2</sup>. Za razne plastične materiale se giblje tudi v nižjih vrednostih (12 kW/m<sup>2</sup>). Sicer pa vpliv sevalnega toka deluje le na materiale v bližini požara oz. dimnega sloja in vročih površin, njegova jakost pa upada s kvadratom oddaljenosti.
- Leteči goreči delci: zaradi prezračevanja in toplotnega vzgona lahko tok zraka nosi žareče ali goreče delce materiala tudi na veliko razdaljo. Ti leteči ogorki sami ne pomenijo velike nevarnosti za prenos požara. Da jih tok plina lahko dvigne, morajo imeti majhno maso, to pa pomeni, da vsebujejo malo toplote, ki je le redko tolikšna, da bi sama lahko povzročila vžig. Vendar nevarnosti letečih ogorkov ne smemo povsem zanemariti, saj kadar padejo na lahko gorljiv material, pregret s sevanjem, ali na lahko vnetljivo snov, povzročijo vžig.
- Goreče tekočine: požar se lahko prenaša tudi z gorečimi tekočinami, ki iztekajo iz gorečih vozil, se razlivajo po tleh ter odtekajo po cestišču in v odtočne kanale. Take goreče tekočine so lahko različna goriva, polietilen ter, kot se je pokazalo v primeru Mont Blanca, tudi nepričakovane snovi, in sicer raztopljena margarina.

## Viri:

1. Suban, A. (2012). Analize za podporo intervenciji ob požaru v cestnem predoru. Portorož: UL FPP.
2. Petelin, S., et. al. (2005). Raziskovalna razvojna naloga s področja požarne varnosti: Uspešnost intervencije v predorih. Ljubljana: MO RS, URSZR.
3. Kim, H. K., et. al. (2010). Effective Firefighting Operations in Road Tunnels. Borås: SP TRI of Sweden.