

SUSTAVI VATRODOJAVE U TUNELIMA

A FIRE ALARM SYSTEMS IN TUNNELS

STRUČNI ČLANAK

Mr. sc. Igor Marković, dipl.ing.
CEPS – Centar za poslovne studije, Kiseljak
E-mail: igor_markovic1916@hotmail.com

Zdravko Todorović, BA cest. prom.
CEPS – Centar za poslovne studije, Kiseljak
zdravko.todorovic.daki@gmail.com

Sažetak:

Prometne nezgode koje se dešavaju na otvorenim dijelovima prometnica, bilo da se radi o autocesti, kategoriziranoj prometnici, pješaćkom prijelazu ili čak i na parkiralištu, ni blizu nemaju taj osjećaj katastrofalnosti kao što to znaju biti nezgode koje se dogode u tunelu. Samim tim kada se zna da su se prometna nezgoda sa požarom koji se zna tada inicirati, ili bilo koji drugi događaj sa pojavom vatre koji remeti normalni tok prometa dogodili u tunelu, to poprima elemente tragedije čak i ako incidenti budu praćeni i bez ljudskih žrtava sa samo manjom ili većom materijalnom štetom. Taj prostor unutar tunela, njegova fizička zatvorenost i činjenica da se nešto zbilo duboko pod zemljom daleko od tzv. normalnog prirodnog okruženja, nameće razradu i pronalaženje efikasnog rješenja vatrodajave i to dojavu u svom početnom stadiju netom nakon pojave. Prvenstveno se misli i na osiguranje pružanja neophodne pomoći, akcije spašavanja aktivnih i pasivnih sudionika, kao i proces izvlačenja i spašavanja ljudstva uz neophodno očuvanje tunnelske infrastrukture i samog građevinskog objekta za nastavak buduće uobičajene putne komunikacije kroz isti tunel. O jednom dijelu toga, objašnjava jedna od podkategorija informacijskog sustava u prometu (ITS) koja je navedena naslovom ovoga članka.

Ključne riječi: tunel, vatrodajava, požar, prometna nezgoda, materijalna šteta, ljudske žrtve.

Abstract:

Traffic accidents that occur on the open part of the road, whether it's on the highway, categorize road, pedestrian crossing or even in the parking lot, they do not have anywhere near that feeling so catastrophic as they tend to be accidents occur in the tunnel. Therefore when it is known that the accident with a fire that is known then initiate, or any other event with a the appearance of fire that disrupts the normal flow of traffic occurred in the tunnel, it takes elements of tragedy, even if accidents are followed and no human casualties with only more or less material damage. The space inside the tunnel, his physical closeness and the fact that something happened deep underground away from the so-called normal natural environment, imposes the elaboration and find an effective solution to fire detection and alarm in its initial stage just after emergence. Primarily the assurance of providing the necessary assistance, rescue of active and passive participants, as well as the process of extracting and saving people with the necessary preservation of the tunnel infrastructure and the construction of the building for the continuation of the future common road leading

through the same tunnel. About one part of it, explains one of the subcategories of information system traffic (ITS) which is listed the title of this article.

Key words: *tunnel, fire safety, fire, traffic accidents, property damage, human casualties.*

1. UVOD

Nedvojbeno najveća cestovna tragedija u novijoj europskoj povijesti dogodila se 1999. godine u tunelu Mont Blanc između Francuske i Italije, kada je tegljač sa prehrambenim atriklima (brašno i margarin) zahvaćen vatrom, izazvao ogromne posljedice sa 39 poginulih osoba. Prevožena roba je bila lako zapaljiva i to je izazvalo dodatnu pogoršanost situacije, a sa time u 11 kilometara dugačkom tunelu, razmjere tragičnosti su dodatno pospješene. Veliki i gusti dim, neorganiziranost zatečenih putnika u vozilima i loš sustav službi za nadzor tunela, doprinosi nastaloj katastrofi.

Razlog nastanka ovog požara zvanično nije utvrđen, je li to bio nemarno izbačen opušak cigarete kroz prozor nekog od vozila ili neka mehanička greška, ali sigurnosni standardi su kasnije bitno poboljšani i njenim upravljanjem brine jedna ozbiljna organizacija. Iste te 1999. godine požarom izazvana nesreća u tunelu Tauern u kojoj dolazi do stradanja 12 osoba, uzrok je nalet kamiona na zaustavljenu kolonu vozila koja su u tunelu čekala na prolaz. Oko 40 vozila uništava se u vatrenoj stihiji odnoseći u smrt njihove putnike. Nedugo poslije nesreće, tunel Tauern dug oko 6,5 kilometara na tri mjeseca se zatvara zbog konstrukcijskih popravki i postavljanju novog znatno sigurnijeg sustava dojava požara i ostalih stavki ITS kategorizacije. Taj tunel je bitan sastavni element prometnog koridora jer se nalazi na najprometnijoj austrijskoj autocesti koja povezuje sjever s jugom zemlje. Tunel Gotthard u Švicarskoj, 2001. godine, nakon prometne nesreće dolazi do rasplamsavanja požara u kojem život gubi 11 osoba, gdje se čak i urušava betonski svod tunela što je prouzročeno utjecajem visokih temperatura izazvanih jakom vatrom.

Ova tri pomenuta nesretna događaja u različitim tunelima širom Europe pored svih sa daleko blažim materijalnim štetama i ljudskim stradanjima, upućuju na primjenjivanje posebno strogih mjera zaštite, a u temi ovoga članka su postupci dojavljivanja požara. Novonastali sustav za upravljanje zamišljen je tako da osigurava optimalne prometne uvjete u srazmjeri sa uvjetima na dijelovima prometnice gdje se ciljani tunel nalazi. Osmislili su se moderniji sustavi vatrodjave čiji se princip rada zasniva na primjeni:

- linijskih (linearnih) javljača detekcije požara,
- optičkog senzorskog kabela kao javljača požara kod pojave dima i vatre,
- optičkog senzorskog kabela sa deformitetom vodiča dejstvom voska.

Pored ovih nezamjenjiv način kao vrste dojava požara u tunelu, je od strane zatečene osobe u njemu iz bilo kojih razloga.

2. POŽARI U TUNELIMA

Karakteristika požara u tunelu je enormni porast temperature u blizini mjesta požara i dostizanje visoke vrijednosti zbog egzotermnosti procesa gorenja, a sve uz zanemarive efekte hlađenja. Požari su u pravilu praćeni s velikom količinom dima koji dodatno otežava gašenje, a materijal koji gori najčešće je sastavni dio vozila (sjedala, naslonjači, presvlake, plastični dijelovi, gorivo), ili u slučaju kamiona (slučaj u tunelu Mont Blanc 1999. godine) raznorazni tereti koji mogu veoma varirati u pogledu kalorične vrijednosti.

Komitet za cestovne tunele PIARC-a (Permanent International Association of Road Congresses) predložio je normiranje tipičnih požara prema oslobođenoj kaloričnoj snazi kao jedno od polazišta za projektiranje mjera zaštite. Požari određene količine benzina zamjenjuju požar tipičnog vozila, (Tabela br. 1).

Uzrok požara	Ekvivalentna lokva benzina (m ²)	Kalorijska snaga (MW)	Produkcija dime (m ³ /s)	Maksimalna temp. sa srednjim strujanjem zraka (°C)
Putničko vozilo	2	5	20	400
Autobus/kamion	8	20	60	700
Cisterna za gorivo	30 – 100	100	100 – 200	1000

Tabela 1. Požari tipični za vozila
(PIARC - Izvještaj sa Svjetskog cestovnog kongresa, 1987., Brussels)



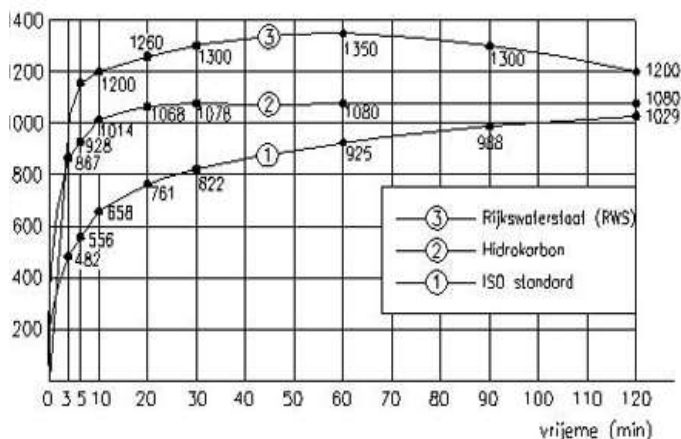
Slika 1. Posljedice požara u tunelu Mont Blanc 1999.¹

Ovaj pristup se pokazao kao nesigurno polazište za izbor i projektiranje mjera zaštite od požara, obzirom da su recentni požari pokazali izrazito velike varijacije u kalorijskoj moći tereta kod teških vozila, koja znatno premašuje standardizirane vrijednosti iz tabele br. 1.

U napuštenom rudničkom tunelu Repparfjord u Norveškoj dužine 2,3 km i presjeka oko 35 m², obavljano je testiranje 1992. godine kada su upotrebljena osobna vozila, autobus i tegljač. Svi požari pokazali su vrlo brzi porast temperature u prvih nekoliko minuta, te znatno veće kalorijske snage oslobođene procesom gorenja teških vozila (100-120 MW) od prethodno standardiziranih (20 MW).

Kretanje temperature u ovisnosti o vremenu može se prikazati s različitim standardiziranim temperaturno-vremenskim krivuljama požara, s time da Rijkswaterstaat-ova (RWS) krivulja (br.3) na Slici 2. najvjernije prikazuju stvarni razvoj požara u tunelu. Radi se o najrigoroznijoj temperaturnoj krivulji koju karakterizira izrazito veliki gradijent °C unutar 10 minuta), s najvećim iznosom ° temperature (porast od 1200 °C maksimalne temperature od svih prezentiranih krivulja 1 do 3).

¹ <http://www.autoportal.hr>



Slika 2. Krivulje razvoja požara u tunelima²

Svi požari se dijele na dvije osnovne faze:

- prva nastaje pri inicijalnom paljenju i predstavlja period dok plamen ne obuhvati cijeli promatrani prostor, tj. tunel u ovisnosti od područja gdje se zbija događaj (tzv. tačka flashovera),
- druga faza traje do prestanka požara ali obuhvaća i fazu hlađenja.

Dužina pojedinih faza, kao i ukupno vrijeme požara opet su vrlo različiti za svaku konkretnu situaciju, jer ponekad prva faza uglavnom predstavlja duži period, a druga kraći, ali to u pojedinim situacijama može biti i obrnuto.

3. SUSTAV VATRODOJAVE U TUNELIMA

Rukovođenje sustavima vatrodjave u tunelu izvedeno je iz nadzornog centra, odkuda se obavlja upravljanje prometom i stalni nadzor nad svim tunnelskim uređajima. U optimalnim uvjetima se to praćenje kao i upravljanje uređajima i prometom, omogućava automatskim, djelomično ručnim ili uglavnom automatskim vođenjem. Sa nastankom izvanrednih dešavanja, kao što je i požar u tunelu jedan od njih, dolazi do izvođenja načina automatskog upravljanja, djelomično automatskog ili samo ručnog upravljanja.

Pojavljivanjem situacije koja onemogućava nesmetano odvijanje prometa, upravljanje i usmjeravanje prometa izvodi se uz pomoć adekvatnih i provjerenih informacija o dešavanjima na prometnom pravcu u tunelu, na način da korisnicima tih informacija te promjene osjete u što manjem mogućem obujmu³.

Tuneli i različiti podzemni prometni sustavi uvijek su bili kritični segmenti prometnih tokova. Uz ogromni protok ljudi i robe kroz tunele, sa pojavom nesagledivih tragičnih situacija, iz predhodnih izlaganja se vidi da može doći do rezultiranja sa teškim posljedicama. Bitne su slijedeće stavke za ublažavanje ugroženosti ljudi u tunelu i svođenje težine mogućih pomenutih ishoda na najmanju moguću mjeru:

- evakuacijski tuneli, skloništa, koncepti evakuacije,
- pouzdana, pravovremena i precizna detekcija požara,
- automatski odziv sustava za regulaciju prometa (upravljanje rampama na ulazu u tunel, uključivanje privremene svjetlosne signalizacije i rasvjete),

² Projekt EUREKA EU 499 "FIRETUN"

³ <http://www.mstes.rs>

- procjena stupnja ugroženosti, kontrola sustava ventilacije i alarmiranje interventnih ekipa,
- aktivacija sustava za gašenje požara.

Sustavi za gašenje u tunelima su od iznimne važnosti i potreba je za posebnim sklopom instalacija sa specijalnim ventilima za raspršivanje tekućine za gašenje. Postavljaju se i veliki spremnici i održava optimalna temperatura sadržine u spremnicima, posebno u zimskim uvjetima. Pouzdana i pravovremena detekcija je od značaja i zbog osiguranja blagovremene intervencije vatrogasnih ekipa⁴.

3.1. Pojam sustava vatrodjave

Osnovni elementi vatrodjavnog sustava tunela ne razlikuju se bitno od sustava u nekom drugom objektu. Bitni elementi sustava su:

- vatrodjavna centrala,
- ručni javljači požara,
- automatski javljači požara,
- elementi sustava za prosljeđivanje signala požara,
- elementi sustava za upravljanje sustavom za gašenje požara,
- napajanje sustava.

Automatskim javljačima požara i njihovom izboru, kod projektiranja vatrodjave posvećuje se posebna pažnja, bilo da su to točkasti javljači, ili u novije vrijeme sve zastupljeniji senzorski kabeli (linijski javljači). Po pravilu ti javljači reagiraju na maksimalnu postavljenu temperaturu, ili temperaturni gradijent, a iako dimni javljači mogu brže detektirati požar, zbog velike zagađenosti zraka u tunelima ispušnim plinovima vozila i prašinom iz razloga lošijeg ventiliranja tunela, podložniji su lažnim alarmima⁵.

Pod pojmom točkastog javljača temperature podrazumjeva se uređaj za registriranje vatre i dima u tunelima koji je u cijelosti izložen djelovanju povećane toplote, a to ga u mnogome razlikuje od linijskog detektora koji se aktivira u slučajevima kada samo jedan dio ovog uređaja dođe pod utjecaj povećanja temperature. Linijski javljači kao dosta robusniji od točkastih javljača, što se dugoročno gledano odražava na puno manje troškove korištenja i održavanja i povećanje pouzdanosti rada sustava, a dalje je to bitno zbog postojanja uvijek agresivne atmosfere tunela. Koaksijalni temperaturno osjetljivi kabel je vrsta linijskog javljača sa izvedbom dvožilnog kabela i razlikom potencijala između njih, sa osjetljivom izolacijom na termičke promjene gdje porastom temperature dolazi do promjene otpornosti, koja je u vezi sa električnom provodljivošću duž kabela. Provjera učestalosti obavljena je neprekidnošću protoka struje kroz kabele i sa tim je osigurana veća pouzdanost detekcije.

3.2. Linijski (linerani) detektori požara

Kod svih pojava dima, vatre i požara u tunelima najbitnije je oslanjanje na pouzdanost detekcije koja je presudna u osiguranju zatečenih korisnika u tunelu. Nastupanjem pravovremene dojava požara dolazi do aktivacije propisane mjere u zadano vrijeme i do ranog upozoravanja, aktivacije privremene prometne signalizacije, startovanja propelera ventilacionog sustava i u krajnjem stadiju do obustavljanja prometa u objektu tunela.

⁴ <http://www.tehnomobil.ba>

⁵ Brodarski institut d.o.o. - Sektor za specijalne projekte, Av. V. Holjevca, 10020 Zagreb

Linijski detektori u tunelima vrijede kao izuzetno mjerodavni jer dokazano se tvrdi da ne davaju lažne detekcije i alarme, te ne podliježu promjeni uvjeta prostora u kojima se nalaze. Obično se konstrukcijski sastoje od temperaturno adresabilnog senzorskog kabela sa detekcijom početka požara u izuzetno brzom vremenskom razdoblju.

Unutrašnjost senzorskog kabela ispunjena je veoma osjetljivim sensorima koji sa vrhunskom točnošću signaliziraju svaki porast temperature i infracrvenog zračenja, sa mogućnošću podešavanja maksimalne i diferencijalne vrijednosti temperature na kojoj će reagirati svaki pojedinačni senzor duž tunela ili skupina senzora. Izdržljivost kabela detektora je otporna na svaku agresivnost sredine, a pouzdanost sustava je zagarantirana u velikom temperaturnom rasponu sa gornjom granicom i do + 125 °C, a i sa dodatno otežavajućom vlažnošću zraka koja može ići i do 100 %. Svi sustavi se usaglašavaju sa EN standardima za linijske detektore temperature, klase - A1, A2, B, C.

Od novijih linijskih detektora požara, u zvaničnom testiranju za jedanog od njih (MHD 535) je potvrđeno da u tunelima reagira u 50 % kraćem vremenu nego slični linijski dojavljivači, čak i pri uvjetima brzog protoka zraka. Zbog infracrvene osjetljivosti senzora na zračenje toplote, kabl ovog linijskog detektora će izvršiti alarmiranje i prije nego što dođe do povećanja ambijentalne temperature do postavljenog praga alarma. Tako će, recimo u slučaju prolaska kroz tunel vozila sa zapaljenom prikolicom ili postojanja stalnog požara pri velikom propuhu, MHD 535 izvršiti alarmiranje i prije povećanja temperature okruženja do alarmnog praga, tj. prije nego što dođe do većeg razvoja požara⁶.

U sustavu vatrodojava u tunelima postoje izvedbe linijskih detektora topline sa fiksnom proramnom temperaturom slično kao kod termomaksimalnih točkastih detektora, ali i izvedbe linijskih detektora osjetljivih na gradijent temperature kao kod termodiferencijalnih detektora. Podjela linijskih detektora topline se može svesti i na integralne i neintegralne detektore.



Slika 3. Linijski detektor požara MHD 535⁷

Integralni linijski detektori topline reagiraju na porast srednje temperature cijelom dužinom detektora iznad podešene vrijednosti. Neintegralni tipovi linijskih detektora temperature, reagiraju na porast temperature u bilo kojoj točki dužinom detekcione linije. Detektor ide u stanje alarma kod proboja izolacije pod djelovanjem toplote na definiranoj razini ili temperaturi, koji se može dogoditi bilo gdje na detekcionoj liniji u tunelu. Koji će od dva opisana tipa će brže reagirati, odnosno koji će tip detektora biti odabran, ovisi od vrste požara koji se očekuje. Kod požara sa brzim razvojem praćenim značajnim porastom temperature reagiraće prije detektor neintegralnog tipa, jer je požar u samom začetku ograničen na malu površinu. Kod požara koji se sporo razvijaju povećanje temperature je

⁶ <http://www.securiton.com>

⁷ <http://www.buildmagazin.com>

sporije, manjeg maksimalnog iznosa, ali se požar može proširiti na mnogo veći dio detekcione linije i u takvoj situaciji integralni tip linijskog detektora toplote davaće znatno brži odziv.



Slika 4. Prikaz linijskog javljača požara u tunelu

Pri montaži detektora mora se voditi računa da toplina koja dolazi do njega ne bude odvedena provođenjem prema nekom tijelu veće mase, odnosno većeg toplotnog kapaciteta koje je u kontaktu sa njim. Zato kada se linijski detektor postavlja na zid ili tavanicu tunela, mora biti odvojen od zida držačima i to na razmak od nekoliko centimetara da bi se izbjeglo odvođenje toplote na tijelo znatno veće mase. Skupinu temperaturnih linijskih javljača sačinjavaju četiri različite vrste kablova. Svaka pojedina vrsta sadrži specifičan materijal, posebno prilagođen vanjski plašt s izabranim svojstvima koja odgovaraju različitim zahtjevima za instalacije. Područje djelovanja linijskih javljača požara u tunelima je između 30 i 100 metara. Izdržljivi EPC vinilni vanjski plašt, otporan je na vatru i na većinu kemikalija, ne navlači vlagu i ima izvrsnu gibljivost i pri niskim temperaturama. Ta je vrsta kabla svestrana i odgovara širokom spektru komercijalnih i industrijskih aplikacija. XCR fluor-polimerni plašt visokih mogućnosti, namijenjen je aplikacijama gdje moraju biti ispunjeni ekstremni okolišni i produktni zahtjevi. XLT s vinil-polimernim plaštom poseban je javljač, namijenjen uporabi u hladnjačama i drugim aplikacijama gdje se eventualni alarm aktivira pri vrlo niskim temperaturama. Linijski javljač je UL i FM certificiran sve do -51 °C. TRI-WIRE dvozonski javljač koji zasebno detektira predalarm i potom alarm kad se dosegne pojedina od obiju nazivnih temperatura. Vanjski plašt javljača je od vinila⁸.

3.3. Linijski detektori sa svjetlosnim snopom

Pod detektorom sa svjetlosnim snopom podrazumjeva se uređaj sastavljen od predajnika svjetlosti i prijemnika koji se postavljaju na različitim stranama štice prostora tunela. Usmjereni snop svjetlosti koju emitira predajnik - izvor dolazi do prijemnika i on ga registrira kao konstantni signal:

$$S_n = S_o - S_z$$

- S_n - svjetlosni signal na prijemniku
- S_o - početni signal kod potpuno čiste optike predajnika i prijemnika
- S_z - umanjeње signala zbog zaprljanosti optike predajnika i/ili prijemnika i/ili gubitka dobrog usmjerenja detektora

⁸ <http://www.zarja.com>

Detektor ovog tipa javljača požara uključuje sofisticiran sustav za pravilno usmjerenje svjetlosnog snopa i za održavanje položaja detektora u toku eksploatacije. Ukoliko se u okolini svjetlosnog snopa pojavi dim koji dopjeva do stropa tunela, dolazi do njegove stratifikacije, te apsorpcije i refleksije dijela svjetlosnog snopa, zatim i slabljenja svjetlosnog signal koji dopjeva do prijemnika:

$$S_d = S_o - S_z - S_a - S_r \leq S_n$$

- S_a - dio svjetlosti apsorbiran na česticama dima
- S_r - dio svjetlosti reflektiran o čestice dima

Signal alarma jednak je razlici signala normalnog stanja S_n i stanja alarma koju definira proizvođač ΔS , odnosno $S_{al} = S_n - \Delta S$ na početku eksploatacije kad je optika detektora u potpunosti čista. Trajanjem eksploatacije signal S_d detektora smanjuje se radi zaprljanosti ali se istovremeno snižava i prag alarma i zadržava se približna konstantna razlika signala normalnog stanja S_d i stanja alarma S_{al} do trenutka kada je zaprljanje toliko da je ugrožena osjetljivost detektora, gdje dolazi do davanja informacije, odnosno upozorenje centralnom uređaju da je neophodno čišćenje optike. Ova informacija se prenosi korisniku i pristupa se čišćenju optike detektora, time zadržavajući dobru osjetljivost a da se bitno ne povećava broj lažnih alarma.

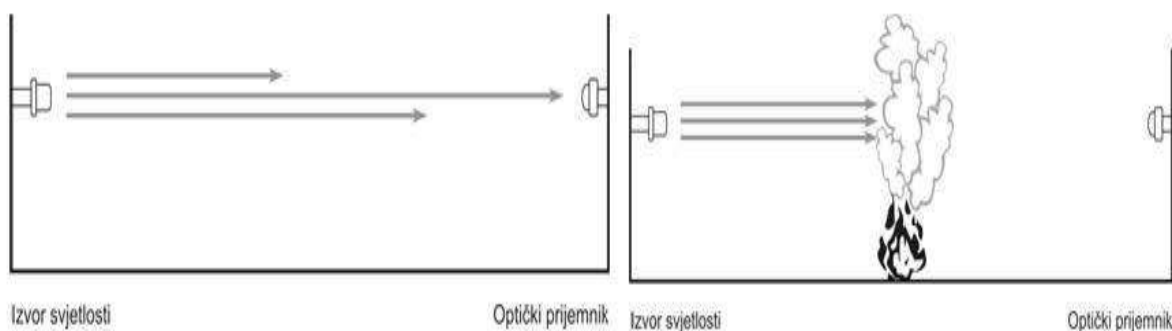
Elektronsku kompenzaciju kratkotrajnog zaklanjanja svjetlosnog snopa posjeduju ovi detektori, zbog prouzrokovanja lažnih alarma uslijed npr. prolijetanja ptice ili krupnijih insekata, koji se mogu zadesiti i u tunelu na liniji prijemnik - predajnik ili neko drugo bežično kratkotrajno zaklanjanje snopa svjetlosti. Ograničenja u primjeni linijskih detektora sa svjetlosnim snopom, o kojima se mora voditi računa u uvjetima koji vladaju u tunelu, su takva da se komponente detektora predajnik i prijemnik, postavljaju na relativno malom rastojanju od stropa tunela. Istovremeno na pravcu prijemnik - predajnik ne smije biti stalnih ni pokretnih i povremenih prepreka, kao što su kretanje ljudi ili prijevoznih sredstava. Ovi detektori sa svjetlosnim snopom mogu biti osjetljivi i na turbulentno kretanje zraka pod dejstvom temperature požara kada dolazi do rasipanja svjetlosnog snopa i mogu reagirati i na požare sa značajnim razvojem toplote i malom količinom dima, kao što bi bio požar cisterne za prijevoz alkohola, na koje bi ostali detektori dima bili neosjetljivi.

U novijim vremenima, jedan od sustava zasnovanih na senzorskim kabelima predstavlja onaj koji koristi laserki protjecan optički vodič, gdje se princip rada zasniva se na promjeni parametara laserskog snopa u optičkom vodiču uzrokovanoj deformacijom vodiča širenjem cijevi napunjene voskom uslijed porasta temperature. Cijev s voskom i optički vodič čvrsto su zajedno obavijeni tankom trakom od aramida, tako da se deformacija cijevi s voskom prenosi na optički vodič. Proces je reverzibilan - kada dođe do hlađenja, cijev s voskom i optički vodič vraćaju se u prethodni oblik i dimenzije. Cijev s voskom i optički vodič oklopljeni su metalnom cijevi što cijeli kabel čini izrazito robustnim. U karakteristike sustava sa optičkim senzorskim kabelom je potpuna neosjetljivost na:

- elektromagnetske utjecaje,
- tlačne udare,
- brzinu strujanja zraka,
- vlažnost,
- vibracije,
- promjene temperature uzrokovanih meteo uvjetima.

Visoku otpornost ima prema agresivnim kemikalijama, mehaničkim utjecajima, nakupljanju prašine i nečistoća, izlaganju vodom uslijed redovnog čišćenje tunela.

Izvođenjem logičke sektorizacije kabela uz pomoć pripadnog software-a, omogućava se lokacija mjesta požara s točnošću unutar 4 m, zatim definiranje površine zahvaćene zone, dominantni smjer napredovanja i brzinu napredovanja požara. Navedene informacije, prvenstveno one o gradijentu temperature na temelju koje se zaključuje o smjeru kretanja dima u tunelu, su neophodne i dragocjene informacije vatrogasnim i spasilačkim službama. Vatrodojavne centrale su spojene sa Centarom održavanja i kontrole prometa, preko modula za daljinsku vezu. Moduli pojedine centrale spojeni su optičkim kabelima s centralnim modulom za daljinsku u Centru, na koji se spaja računalo sa software-om za vizualizaciju dojavnih zona i pojedinih javljača, te štampač koji bilježi sve promjene statusa vatrodojavne centrale.



Slika 5. Princip detekcije svjetlosnim snopom⁹

4. VATRODOJAVA OD STRANE ČOVJEKA

Kako tunelom prometuju vozila za čijim upravljačem sjede ljudi, a pored toga čovjek sudjeluje u prometu tunelom kao suvozač ili putnik, tako je evidentno da eventualni požar može biti detektiran od strane tih osoba i to u najranijoj fazi. Također tu spadaju i ostale druge osobe koje se mogu zateći u tom trenutku u tuneli kao pješaci (npr. radnici u službi održavanja tunela, vozači iz zaustavljenih vozila zbog kvara ili prometne nezgode). Kod ljudi koji su pretrpili svojevrsan šok u tunelu, svjedočenjem nekog konflikta vozila ili su sami bili sudionici tog događaja, dešava se da opcija upućivanja informacije do Centra za održavanje i kontrolu prometa, zna kasniti. Taj razlog određuje reakciju na prijavljeno stanje, koja bude otežana i potražuje dodatno vrijeme.

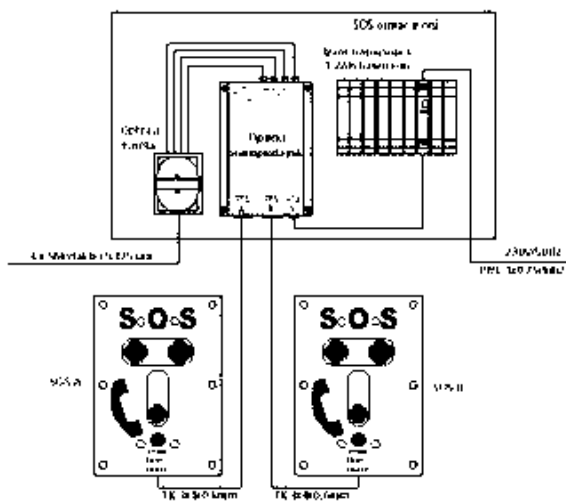
4.1. Telefonski pozivni stupići – TPS

Za slučaj dojavljivanja od strane zatečenih ljudi izvanrednom situacijom u tunelu izazvane nezgodom, požarom ili bilo kojim drugim ekscesom, postavljaju se telefonski pozivni stupići sa obje strane kolnika u tunelu. U tunelima duljine preko 500 m ugrađuju se TPS sustavi sa razmakom između pozivnih stupića od 250 m. Tuneli izgrađeni tako da u konačnoj izvedbi budu za jednosmjerni promet, telefoni se ugrađuju na strani koja će u konačnici biti desna. I neposredno ispred portal tunela je zgodno za smjestiti ove telefone, kao i u svakom ugibalištu namjenjenom za parkiranje i okretanje tj. uređaje za hitne pozive. TPS sustavi postavljaju se samo na jednoj strani kolnika, osim u slučaju dvostranih ugibališta za parkiranje i okretanje. Ugrađuje se u ormare smještene u tunelskim nišama¹⁰.

⁹ <http://www.veleri.hr>

¹⁰ <http://www.prometna-signalizacija.com>

Komunikacija s TPS centralom ostvaruje se putem jednomodnog svjetlovodnog kabela. Po dva SOS telefona spojena su na jedan optički primopredajnik. Primopredajnici su spojeni serijski tako da s centralom tvore dva nevisna duplex komunikacijska prstena, s max. 16 primopredajnika (32 SOS-a) po komunikacijskoj liniji. Svaki primopredajnik ima duplex vezu s dva najbliža primopredajnika, dajući sustavu imunost na prvi kvar na bilo kojoj komunikacijskoj liniji.



Slika 6. Blok dijagram sustava TPS

4.2. Postupci u slučaju požara u tunelu

Koliko je čovjek kao sudionik u prometu ugrožen teško je relevantno iskazati nekim pokazateljem, ne postoji način spoznaje ugroženosti te vrste i svih varijanti koje nas mogu na izravan i neizravan način ugroziti u nekoj situaciji. Iako se disciplinirana osoba odgovorno ponaša u prometu, stupanj ugroženosti mu ovisi i od ponašanja drugih sudionika ili nekog drugog nepredviđenog događaja (npr. vremenski uvjeti, kvar na vozilu, rasipanje tereta sa teretnih vozila, ulje na kolniku, životinje na cesti). Moderne prometnice širokih kolnika koje su uz to i vrlo pregledne, vozačima pružaju dozu prividne sigurnosti sa osjećajem izbjegavanja nezgode ovisno o našoj tehnici i načinu vožnja. I u slučajevima nastupanja požara u tunelu oko zatečenih osoba uvijek obitava određeni prostor gdje se može osjećati sigurnim, sa mogućnošću izbjegavanja nasupljene vrlo opasne situacije.

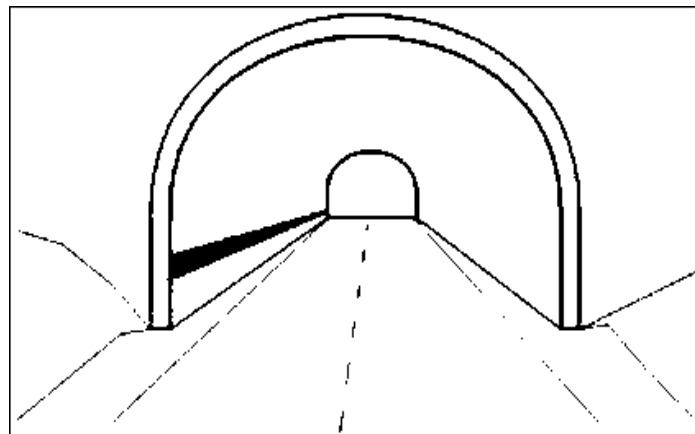
Ako dođe da zapaljenja osobnog automobila kojim se upravlja, ukoliko je moguće vozilo bi trebalo izvesti iz tunela a prije svega uključiti sva četiri pokazivača smjera (tu radnju treba učiniti i ako se automobil ne može pomjeriti sa mjesta). Kod požara u tunelu iz nekih drugih razloga, tada vozilom treba stati što više u desno na kolničkom traku, u ugibalište ili desno na prometnu traku za zaustavljanje u nuždi. Time omogućavamo pristup i prolazak vatrogasnih i vozila za pružanje pomoći. Ako u vozilu ne postoji aparat za gašenje požara, potrebno je uputiti se do naznačenog mjesta u tunelu gdje se nalazi ručni aparat za gašenje i po pravilu je mjesto gdje je SOS telefon (TPS). U ovisnosti kada je zgodno zbog hitnosti akcije ili ako požar izmiče kontroli, što prije preko telefona za pomoć obratiti sa Centru za održavanje i kontrolu prometa. Od uvjeta u tunelu za prostiranje signala sa mobilnog telefona, moguće je i ovim sredstvom komunikacije alarmirati potrebne službe, kao i aktivirati alarm ručnim javljačima požara koji se nalaze duž tunela.



Slika 7. Ručni alarmni javljač požara¹¹

Pomoć unesrećenim ako ih ima, od velike je važnosti u prvim trenucima do dolaska ekipe za pružanje prve pomoći i evakuaciju. Pojavom dima i vatre u tunelu, za neposredno zatečene u blizini znači što hitrije sklanjanje od njihovog utjecaja, odlazeći prema izlazu za nuždu ili prema sigurnom izlasku iz tunela na suprotnom kraju. Hodati uzduž zida tunela prateći evakuacijsku crtu i svjetleću signalizaciju za hitne slučajeve, pazeći na dolazeća intervencijska vozila.

Evakuacijska crta tunela se nalazi se oblozi tunela i označava se cijelom dužinom tunela sa strane na kojoj se nalaze ulazi u pješačke prolaze i prolaze za vozila i to crtom širine 50 cm u crvenoj boji (RAL 2002), slika br. 8. (oznake H67 i VI-65), a izvodi se na oblozi tunela tako da je donji rub crte na visini od 90 cm od razine pješačkog hodnika.



Slika 8. Evakuacijska crta u tunelu¹²

¹¹ <http://www.nicomi.hr>

¹² <http://www.futura-trade.hr>

5. ZAKLJUČAK

Učestalost protoka ljudi, tereta i materijalno-tehničkih dobara, prometnicama i tunelima koji predstavljaju sastavni dio nekoga dijela dionice puta kada je njeno pružanje uvjetovano izgradnjom ovakvog objekta, iz godine u godinu se povećava. Prostori se moraju savladivati i priroda se na ovom polju normalnih civilizacijskih putnih komunikacija treba krotiti, tako da se očekuje povećanje izgradnje tunela u sferi cestovnog povezivanja između dvaju destinacija. Povećanje teoretske opasnosti je mnogo veće u ovakvom fizički ograničenom prostoru, nego je to slučaj kod cesta na otvorenom dijelu svakodnevnog ljudskog kopnenog obitavališta. Kao što je svaka pojedinačna prometnica kuriozitet za sebe, sa svim svojim lakše i teže savladavim iskušenjima za vozača, sa zavojima, uzbrdicama i nizbrdicama po pravcu, području kroz koji prolazi i dr., tako se slično mišljenje i za tunel može iskazati. Svojom izgradnjom i stavljanjem za promet kroz njega, taj tunel postaje unikatan i samo sebi svojstven. Daljnja uvjetovanja podliježu geografskoj oblasti gdje se nalazi tunel, kojoj državi i regiji pripada sa svim njenim regulacijskim pravilima i planovima za uobičajenu eksploataciju tunela, pa analitička situacija za predviđanje mogućih požara se zna razlikovati od ostalih tunela na drugim lokacijama.

Neophodnošću prikupljanja podataka o nastancima incidenata sa vatrom od sličnih objekata i uspoređivanjem sa evidentiranim podacima iz novosagrađenog tunela, stvara se statistički okvir za uobličavanje načina pristupa rješenju scenarija mogućih požara. The worst case scenario ili najgori mogući scenarij u požarima, je potrebno spoznati za promatrani tunel i njegovom identifikacijom ići u pronalaženje mogućeg izbjegavanja započinjanja, ili načina detekcije i suzbijanja pojave plamena i požara. U mnogome će ti podaci ovisiti o potrebnom tipu dojavljivača u tunelu, jer veličina opožarenosti je u varijabili sa nizom faktora kao što su: geometrija i presjek tunela, zakrivljenost tunelske cijevi i koliko se krivudavost i kojeg oblika ponavlja, način i performanse provjetravanja, lokacija pojave požara (na početku/kraju tunela, u dubini, na velikoj razdaljini od ulaza/izlaza), pravac prostiranja produktovanog dima i otrovnih čestica, gorivne smješe koja je zapaljena i ostalog lakozapaljivog materijala, postupak i proces gašenja požara te kojim sredstvom, kao i što laganiji pristup spasilačkih službi.

Moderni dojavljivači požara, linijski i optičko senzorni kabeli, zajedno sa pouzdanim tipovima točkastih javljača promjene temperature koji su se dokazali na već postavljenim ranijim lokacijama u tunelima, drastično su smanjili pojavu lažnih alarma uz istovremeno povećanje osjetljivosti na evidentiranje najmanje indicije za nastankom požarne stihije u tunelu. Sve je zaokruženo i podržano uz svestranu i neophodnu ljudsku prisutnost, uz čovjekovu sposobnost razlučivanja u smislu raspoznavanja pravih požara od lažnih podražaja, koju ne može ni u zanemarljivom obliku posjedovati niti jedan od relativno ili visoko sofisticiranih sustava detekcije požara i pratujućih poremećaja u prostoru tunela. Kao i svemu gdje postoje ugrožene situacije, treba se skrbiti o činjenici da pojava čak i malih požara izaziva takav osećaj stresa i panike kod ljudi, tako da odlična reakcija dobro odabranog dojavljivača zajedno sa pribranom čovjekovom reakcijom, povećava šanse za minimalizacijom gospodarskih šteta i uklanjanjem nastanka ljudskih gubitaka u tunelu.

LITERATURA:

1. PIARC - Izvještaj sa Svjetskog cestovnog kongresa, 1987., Brussels
2. <http://www.autoportal.hr>
3. Projekt EUREKA EU 499 “FIRETUN”
4. <http://www.mstes.rs>
5. <http://www.tehnomobil.ba>
6. Brodarski institut d.o.o. - Sektor za specijalne projekte, Av. V. Holjevca, 10020 Zagreb
7. <http://www.securiton.com>
8. <http://www.buildmagazin.com>
9. <http://www.zarja.com>
10. <http://www.veleri.hr>
11. <http://www.prometna-signalizacija.com>
12. <http://www.nicomi.hr>
13. <http://www.futura-trade.hr>