

# Algoritam upravljanja sistemom za ventilaciju u slučaju požara u tunelu Železnik

Svetlana Despotović, Dragan Mićević, Veljko Vučurević  
Institut "Mihajlo Pupin" - Automatika  
Beograd, Srbija  
svetlana.despotovic@pupin.rs

*Sadržaj*—U radu je prikazan implementirani sistem za nadzor i upravljanje u tunelu Železnik, realizovan pomoću SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistema VIEW4, razvijenog u odeljenju IMP Automatika. Tunel se sastoji iz jedne tunelske cevi sa dvosmernim saobraćajem i ukupno dve kolovozne trake. U radu je detaljno opisan algoritam upravljanja sistemom za ventilaciju u slučaju pojave incidentne situacije požara u tunelu.

*Gljučne reči*—požar u tunelu; incidentna situacija; sistem za ventilaciju; RABT standard

## I. UVOD

U radu je prikazano realizovano rešenje za nadzor i upravljanje u tunelu Železnik na obilaznici oko Beograda, koje se obavlja iz pogonske centrale, pomoću SCADA sistema VIEW4, vlasništva IMP Automatika.

Tunel Železnik se sastoji iz dve tunelske cevi. Saobraćaj se odvija dvosmerno, kroz desnu tunelsku cev. Upravljanje tunelom, trenutno se vrši iz pogonske centrale. U narednoj fazi projekta, kada i leva tunelska cev postane prohodna za saobraćaj, upravljanje će se obavljati iz nadređenog i udaljenog kontrolnog centra.

Za vreme odvijanja saobraćaja kroz tunel može doći do pojave različitih incidentnih situacija: požara, povećane koncentracije ugljen monoksida, provale u neku od SOS stanica ili niša, ispada mrežnog napajanja itd. Zbog toga je potrebno napraviti detaljan plan rada tunela u svim predvidivim incidentnim situacijama, radi održavanja visokog nivoa bezbednosti u tunelu [1], a prema PIARC [2] i RABT preporukama [3].

U radu je opisan scenario ponašanja operatera u slučaju požara, kao i međusobne interakcije podsistema u tunelu. U podsisteme u tunelu spadaju sistemi za: dojavu požara, rasvetu, ventilaciju, dojavu provale, video nadzor, interfonsku komunikaciju, kontrolu vazduha, detekciju saobraćaja, kontrolu saobraćajne signalizacije, audio ozvučenja, radio vezu, niskonaponske instalacije u tunelu, hidrantsku mrežu.

Akcentat je stavljen na algoritam upravljanja sistemom za ventilaciju u slučaju požara u tunelu.

## II. NORMALAN (REDOVAN) POGON

Tunel se sastoji iz tunelske cevi i pogonske centrale, na ulazu u tunel iz smera Šida sa desne strane. Iz pogonske centrale se vrši nadzor i upravljanje tunelom uz pomoć SCADA sistema.

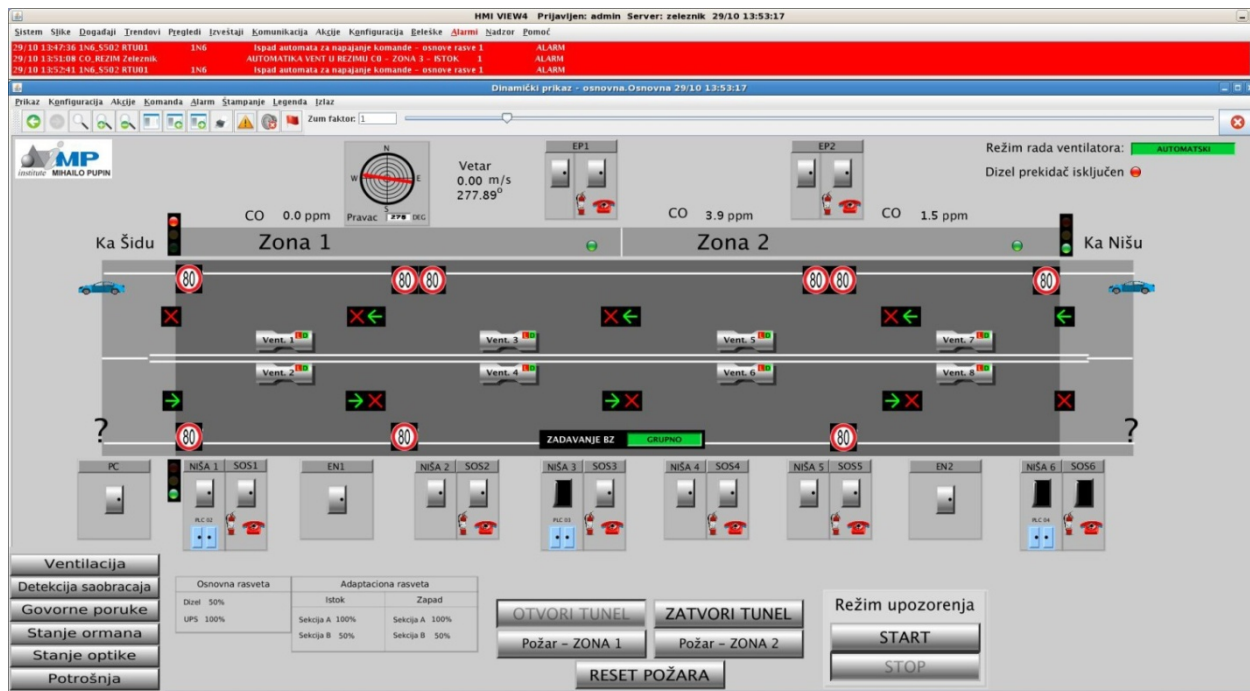
Na Slici 1 prikazana je 'živa' slika tunela u normalnom pogonu. Redovan pogon definisan je odsustvom alarma, što znači da nema incidentnih situacija, kao i da saobraćajna signalizacija odgovara redovnom pogonu: odgovarajuća svetla na lanternama na ulazima u tunel, svetlosni znaci za smer kretanja adekvatno postavljeni, ograničenje brzine postavljeno na 80km/h. Tunel je podeljen u dve zone posmatranja: zonu 1 i zonu 2.

U tunelskoj cevi je raspoređeno šest SOS stanica (SOS 1 do SOS 6), dve energetske niše (EN1, EN2), kao i šest niša u kojima se nalaze uređaji i oprema (PLC-ovi Atlas Max-RTL, mrežni uređaji, optika, osigurači, napajanje za rasvetu itd.). Postoje i dva evakuaciona prolaza (EP1, EP2), koja spajaju levu i desnu tunelsku cev i služe za izlaz učesnika u saobraćaju u slučaju opasnosti. Na ekranskom prikazu je omogućena vizuelizacija otvorenih/zatvorenih vrata neke od SOS stanica, niša, evakuacionih prolaza i pogonske centrale.

U svim tunelima dužim od 500m i obimom saobraćaja većim od 5000 vozila/24h, potreban je mehanički sistem ventilacije [3]. Ventilacioni sistem je longitudinalni i sastoji se od osam ventilatora (V1 do V8), podeljenih u četiri grupe (GR1 do GR4) od po dva ventilatora: u GR1 nalaze se V1 i V2, u GR2 V3 i V4 itd.

Sistem za kontrolu saobraćajne signalizacije sastoji se od semafora (tri lanterne, kao što se vidi sa Slike 1), svetlosnih znakova (smer kretanja: >>krst<< ili >>strela<<) i brzinskih znakova (ograničenje brzine, zabranjen saobraćaj, opasnost na putu). Lanternama i svetlosnim znacima upravlja se isključivo automatski, dok je brzinske znake moguće menjati zadavanjem ručnih komandi sa SCADA-e.

Sistem za detekciju saobraćaja služi za praćenje broja i frekvencije vozila koja prolaze kroz tunel. Na ekranskom prikazu je moguće praćenje tipova vozila koja ulaze u tunel iz oba smera, klasifikovana u 4+1 grupu: motocikli, automobili, kamioni, kamioni sa prikolicama, nepoznata vozila.



Slika 1. Ekranski (SCADA) prikaz tunela u redovnom pogonu.

Sistem za kontrolu vazduha čine tri senzora za merenje nivoa ugljen monoksida (CO) u tunelu, kao i senzora za merenje smera i brzine strujanja vazduha.

Sistem za rasvetu omogućava siguran i pouzdan ulazak, prolaz i izlazak iz tunela. Postoje prilazna, osnovna i adaptaciona rasveta, kao i požarno nužno osvetljenje u slučaju požara u tunelu.

Operater prati stanje u tunelu na osnovu ekranskog prikaza i sistema za video nadzor. Ukoliko dođe do neke incidentne situacije, sistem će odreagovati ili automatski, ili će operater ručno sa SCADA-e zadati odgovarajuću komandu.

### III. INCIDENTNA SITUACIJA POŽARA

Zahvaljujući sistemu za dojavu požara moguće je blagovremeno otkrivanje i lociranje požara u tunelu. Sistem za dojavu požara nadzire aktiviranje ručnih, automatskih i linijskih javljača, kao i detekciju podizanja protivpožarnih aparata.

U pogonskoj centrali se nalazi dvostepena protivpožarna centrala koja je povezana sa SCADA-om. U zavisnosti od pozicije aktiviranja protivpožarnog alarma, centralni sistem za nadzor i upravljanje izdaje izvršne komande ostalim podsystemima u tunelu. Operateru se javlja zvučni alarm i vizuelni prikaz mesta alarma u vidu plamčica, kao što je to pokazano na Slici 2, u slučaju pojave požara u zoni 1.

Operater može i ručno, sa SCADA-e, klikom na dugmiće Požar – zona 1 ili zona 2 da uđe u PLC-ov algoritam u slučaju požara, za slučaj da mu je dojavljeno o požaru i da se u to uverio, napr. putem video nadzora. Između ostalog, zadatak operatera u slučaju požara je i obaveštavanje dežurnih vatrogasnih službi, policije, hitne pomoći, a po potrebi i ostalih dežurnih službi.

### IV. ULOGA SISTEMA ZA VENTILACIJU

Najbitniju ulogu u slučaju požara od svih podsystema ima sistem za ventilaciju.

Ako do pojave požara dođe u zoni 1, najpre će se automatski isključiti svi ventilatori iz zone 1, dok ventilatori iz zone 2 treba da izvrše odimljavanje, i to primarno u zoni 2 i u delu tunela iz zone 1 koja se nadovezuje na zonu 2, u kojoj nema požara. Sistem za ventilaciju u slučaju požara radi u dva režima:

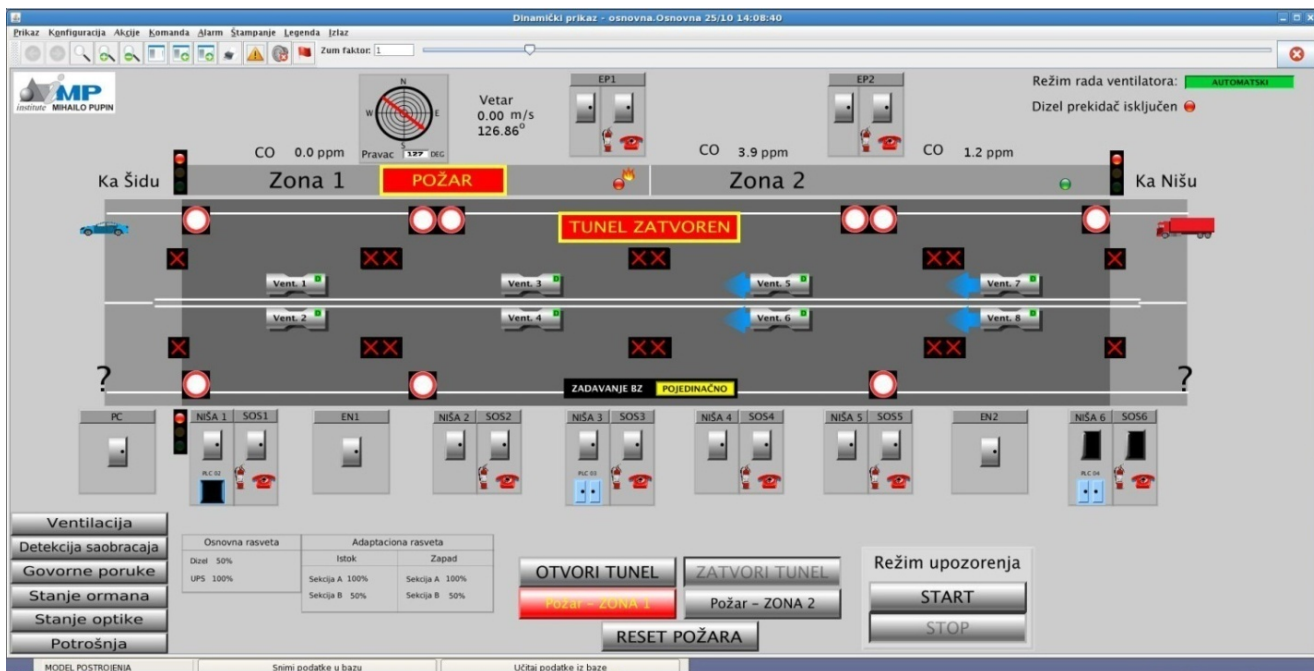
#### A. I režim – vreme evakuacije putnika

Za vreme evakuacije ljudi, sistem za ventilaciju treba da obezbedi malu brzinu strujanja vazduha, radi sprečavanja kretanja dima u smeru evakuacije. Period evakuacije traje 15min. Uključuje se samo po jedan ventilator iz dve grupe ventilatora u zoni 2 da duva u smeru ka požaru.

#### B. II režim – vreme sprečavanja dima i požara

Nakon isteka vremena od 15min, koliko je predviđeno za evakuaciju, uključuju se i preostala dva ventilatora iz zone 2 da duvaju ka zoni 1.

Na rad ventilacije ima uticaja i brzina strujanja vazduha u tunelu. Ako je brzina veća od 7m/s i suprotnog smera od duvanja ventilatora, ventilatori se automatski isključuju i nakon pauze od 2.5min uključuju se da duvaju u suprotnom smeru, tj. u smeru strujanja vazduha. Kada jačina strujanja vazduha opadne na vrednost manju od 5m/s u trajanju dužem od 30s, ventilatori se ponovo automatski isključuju, da bi nakon pauze od 2.5min nastavili da rade u inicijalnom smeru. Ako je brzina strujanja vazduha veća od 7m/s, ali u istom smeru kao duvanje ventilatora, ventilatori nastavljaju sa normalnim radom.



Slika 2. Ekran prikaz na SCADA-u u slučaju pojave požara u zoni 1.

## V. PONAŠANJE OSTALIH PODSISTEMA U TUNELU ZA VREME POŽARA

Pojava požara u tunelu utiče ne samo na sistem za ventilaciju, već i na ponašanje ostalih podsistema:

a) *Sistem za kontrolu saobraćajne signalizacije:* automatski se vrši zatvaranje tunela promenom saobraćajne signalizacije (LANT 1, 2, 3 – crveno svetlo, svetlosni znaci >>krst/strela<< prelaze u položaj krst, brzinski znaci u znak za zabranu saobraćaja).

b) *Sistem za audio ozvučenje:* automatski se pušta dvojezična poruka <<Požar u tunelu (2s pauza) Fire in tunnel>>, koju operater može da prekine sa SCADA-e.



Slika 3. Dijalog za izbor govornih poruka.

Takođe, operater može lično da se obrati učesnicima u saobraćaju putem mikrofona u pogonskoj centrali, ili da pusti neku od ostalih predefinisanih poruka sa SCADA-e (pritiskom na dugme Govorne poruke sa Slike 2, čemu se otvara prikaz kao na Slici 3):

<< Napustite vozilo i pratite oznake za evakuaciju (2s pauza) Leave your vehicle and follow evacuation signs>>, ili

<<Tunel je zatvoren, napustite vaše vozilo i krenite ka najbližem izlazu za evakuaciju (2s pauza) Tunnel is closed, leave your vehicle and go to the nearest evacuation exit>>

c) *Sistem za rasvetu:* automatski se uključuje požarno nužno osvetljenje radi bolje preglednosti puta ka evakuacionim izlazima usled smanjene vidljivosti zbog dima.

d) *Sistem za interfonsku komunikaciju:* služi za obaveštavanje operatera u pogonskoj centrali o dešavanjima u tunelu.

e) *Sistemi za dojavu provale, video nadzor, kontrolu vazduha, detekciju saobraćaja, radio vezu, ispad mrežnog napajanja, hidrantsku mrežu:* ponašaju se kao u redovnom pogonu.

## VI. POVRATAK U REDOVAN POGON

Povratak u redovan pogon može da uradi isključivo operater ručno, kada se uveri da je požar potpuno ugašen i nakon izjava dežurnih službi.

Operater najpre treba ručno da resetuje protivpožarnu centralu, a zatim pritiskom na dugme REŠET POŽARA sa Slike 2 vrati sistem u redovan pogon. Pritiskom na REŠET POŽARA, saobraćajna signalizacija se automatski vraća na onu u redovnom pogonu, dok se ventilacija isključuje.

## VII. ZAKLJUČAK

Opisani algoritam upravljanja sistemom za ventilaciju u tunelu u slučaju požara ima za cilj povećanje bezbednosti učesnika u saobraćaju. Analiziran je scenario ponašanja u slučaju požara, kao i akcije i odluke operatera.

Prilikom razmatranja scenarija u slučaju požara u tunelu postoje dva pristupa: ventilacijski i vatrogasni pristup [4]. Kod ventilacijskog pristupa akcenat je na bezbednoj evakuaciji ljudi, precizno projektovanoj ventilaciji radi pravilnog odvođenja dima, a ne na brznoj reakciji gašenja požara. Nasuprot tome, u vatrogasnom pristupu je najvažnija brza reakcija. Sa gašenjem požara je potrebno započeti već par minuta nakon njegovog izbijanja, radi što manjeg razvoja dima i svođenja materijalne štete od požara na minimum.

Algoritmi i scenarija ponašanja realizovanog sistema bazirani su na ventilacijskom pristupu.

Sistem za ventilaciju je longitudinalan, a saobraćaj u tunelskoj cevi se odvija dvosmerno, tako da nije moguće ispuniti sve standardne zahteve u slučaju požara, a u skladu sa smerom kretanja vozila, o čemu se vodilo računa da bi se došlo do optimalnog rešenja.

Nakon opremanja leve tunelske cevi, tj. kada saobraćaj počne da se odvija jednosmerno kroz svaku tunelsku cev, moći će da se ispune svi traženi zahtevi u skladu sa smerom kretanja vozila i strujanjem vazduha u tunelskoj cevi.

## LITERATURA

- [1] Javno preduzeće Putevi Srbije, "Priručnik za projektovanje puteva u republici Srbiji," , str. 1-2, Prvo izdanje, April 2012.
- [2] PIARC (1999), "Fire and Smoke Control in Road Tunnels", The World Association (PIARC), Committee on Road Tunnels (C3.3), 990, report 05-05-B.
- [3] RABT (2006), "Richtlinien fuer die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln (RABT)", Forschungsgesellschaft fuer Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsfuehrung und Verkehrssicherheit, Bundesministerium fuer Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- [4] A.Regent, "Analiza mjera za prevenciju katastrofalnog požara u cestovnim tunelima", Doktorska disertacija, str. 31-34, Rijeka 2011.

## ABSTRACT

In this document is presented the system for surveillance and control in Železnik tunnel with SCADA system VIEW4, realized in Automation department of „Mihajlo Pupin“ Institute. Tunnel consists of one tube with two-way traffic and a total of two lanes. Detailed control algorithm for ventilation system in case of fire in tunnel is given in this document.

### **CONTROL ALGORITHM FOR VENTILATION SYSTEM IN CASE OF FIRE IN TUNNEL ŽELEZNIK**

Svetlana Despotović, Dragan Mićević, Veljko Vučurević