

# ZAŠTITA OD POŽARA U TUNELU MALA KAPELA

---

**Kolić, Marin**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:536833>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-18**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ  
SIGURNOST I ZAŠTITA

**Marin Kolić**

**ZAŠTITA OD POŽARA U TUNELU MALA KAPELA**

**Završni rad**

Karlovac, 2023.

THE UNIVERSITY OF KARLOVAC  
PROFESSIONAL UNDERGRADUATE STUDY  
SECURITY AND PROTECTION

**Marin Kolić**

**FIRE PROTECTION IN THE MALA KAPELA TUNNEL**

**Final paper**

Karlovac, 2023.

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ**  
**SIGURNOST I ZAŠTITA**

**Marin Kolić**

**ZAŠTITA OD POŽARA U TUNELU MALA KAPELA**

**Završni rad**

**Mentor: Robert Hranilović dipl. ing,**

**Karlovac, 2023 godine**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni / specijalistički studij: Sigurnost o zaštita  
(označiti)

Usmjerenje: Zaštita od požara,  
Karlovac, 2023.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Marin Kolić

Matični broj: 0416610747

Naslov: Zaštita od požara u tunelu Mala Kapela

Opis zadatka:

Sigurnost prometa kroz tunel Mala Kapela I oprema koja je u isti ugrađena glede sigurnosti za slučaj nastanka požara ili drugih incidentnih situacija

Zadatak zadan:  
1/2023

Rok predaje rada:  
5/2023

Predviđeni datum obrane:  
5/2023

Mentor:

Robert Hranilović dipl. ing,

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr.sc. Zvonimir Matusinović, v. pred.

# I. SADRŽAJ

I. Sadržaj.....	II
II. Predgovor .....	IV
III. Sažetak .....	V
IV. Abstract .....	V
1. Uvod.....	1
1.1. Tunel Mala Kapela .....	2
2. Organizacija zaštite od požara tunela na autocesti .....	4
2.1. Područje djelovanja Vatrogasne postaje Mala Kapela .....	6
2.2. Popis i organizacija ispomoći lokalnih vatrogasnih snaga na dionicama autoceste ....	10
3. Požarni sektori u tunelu i vatrogasni pristup .....	13
4. Strojarske i druge instalacije u tunelu .....	14
4.1. Ventilacija .....	14
4.2. Hidrantska mreža.....	16
4.2.1. Opskrba vodom za gašenje požara.....	16
4.2.2. Priključci na hidrantsku mrežu .....	17
4.3. Sustav za odvodnju.....	19
5. Sustavi zaštite od požara i spašavanja.....	21
5.1. Sustav za dojavu požara.....	21
5.1.1. Plan uzbunjivanja.....	23
5.2. Telefonsko pozivni sustav (SOS) tunela.....	24
5.3. Radio sustav tunela Mala Kapela .....	25
5.4. Sustav ozvučenja tunela Mala Kapela .....	27
5.5. Video nadzor tunela Mala Kapela .....	28
5.6. Mjerenje vidljivosti i CO .....	30
5.7. Raspored i smještaj opreme i sredstava za gašenje i dojavu požara .....	31
5.8. Pružanje prve pomoći.....	32

6. Evakuacija i spašavanje.....	33
6.1. Brojnost osoba po građevini .....	33
6.2. Način evakuacije i spašavanja.....	34
7. Zaključak.....	38
8. Literatura .....	39
9. Popis slika.....	40
10. Popis tablica.....	41

## **II. PREDGOVOR**

Najprije bih se htio zahvaliti svom mentoru Robertu Hraniloviću, dipl. ing. koji mi je pomogao pri izradi ovog rada.

Potom bi se htio zahvaliti Veleučilištu u Karlovcu na čelu sa dekanom Ivanom Štedulom v. pred. što su mi omogućili završetak ovog studija.

Hvala Manueli Žakuli mag. ing. sec. i Marku Ožuri v. pred. za pomoć pri radu.

Posebno bi se zahvalio svojoj obitelji koja mi je bila velika podrška pri postizanju, za mene velikog uspjeha.



### **III. SAŽETAK**

Tuneli su uređeni prokopi cjevastog oblika kroz tlo ili stijenu. Njime se savladava prirodna prepreka ili skraćuje duljina puta, a služi kao prolaza ceste, željezničke pruge, plovnog puta ili pješačke staze. U Republici Hrvatskoj najduži cestovni tuneli su Mala Kapela i Sveti Rok koji se nalaze na autocesti A1. U ovom radu bavit ću se sigurnošću prometa kroz tunel Mala Kapela i opremom koja je u isti ugrađena glede sigurnosti za slučaj nastanka požara ili drugih incidentnih situacija. Pokušat ću detaljno opisati instalacije koje su ugrađene u tunel od strojarskih ( ventilacija, hidrantska mreža, i odvodnja) do sustava zaštite od požara i spašavanja (sustav za dojavu požara, telefonsko pozivni sustav, radio sustav, sustav ozvučenja, sustav video nadzora, mjerenje vidljivosti i CO). Djelom je prikazan rad Vatrogasne postaje Mala Kapela pod čijom je nadležnošću tunel Mala Kapela.

### **IV. ABSTRACT**

Tunnels are organized tube-shaped excavations through the ground or rock. It overcomes a natural obstacle or shortens the length of the road, and serves as a road, railway, waterway, or footpath. In the Republic of Croatia, the longest roads are mala Kapela and Sveti Rok, which are located on the A1 highway. In this paper, I will deal with the safety of traffic through the Mala Kapela tunnel and the equipment that is installed in it regarding safety in the event of a fire or other incident situations. I will try to describe in detail the installations installed in the tunnel, from mechanical (ventilation, hydrant network, and drainage) to fire protection and rescue systems (fire alarm system, telephone call system, radio system, sound system, video surveillance system, visibility measurement and CO). Partially there is shown the work of the fire station Mala Kapela in whose jurisdiction is the Mala Kapela tunnel.

## 1. UVOD

Hrvatske autoceste d.o.o. najveći su upravitelj mreže autocesta u Republici Hrvatskoj. Društvo upravlja mrežom od 1140,1 km autocesta.

Autoceste u nadležnosti Hrvatskih autocesta d.o.o. su:

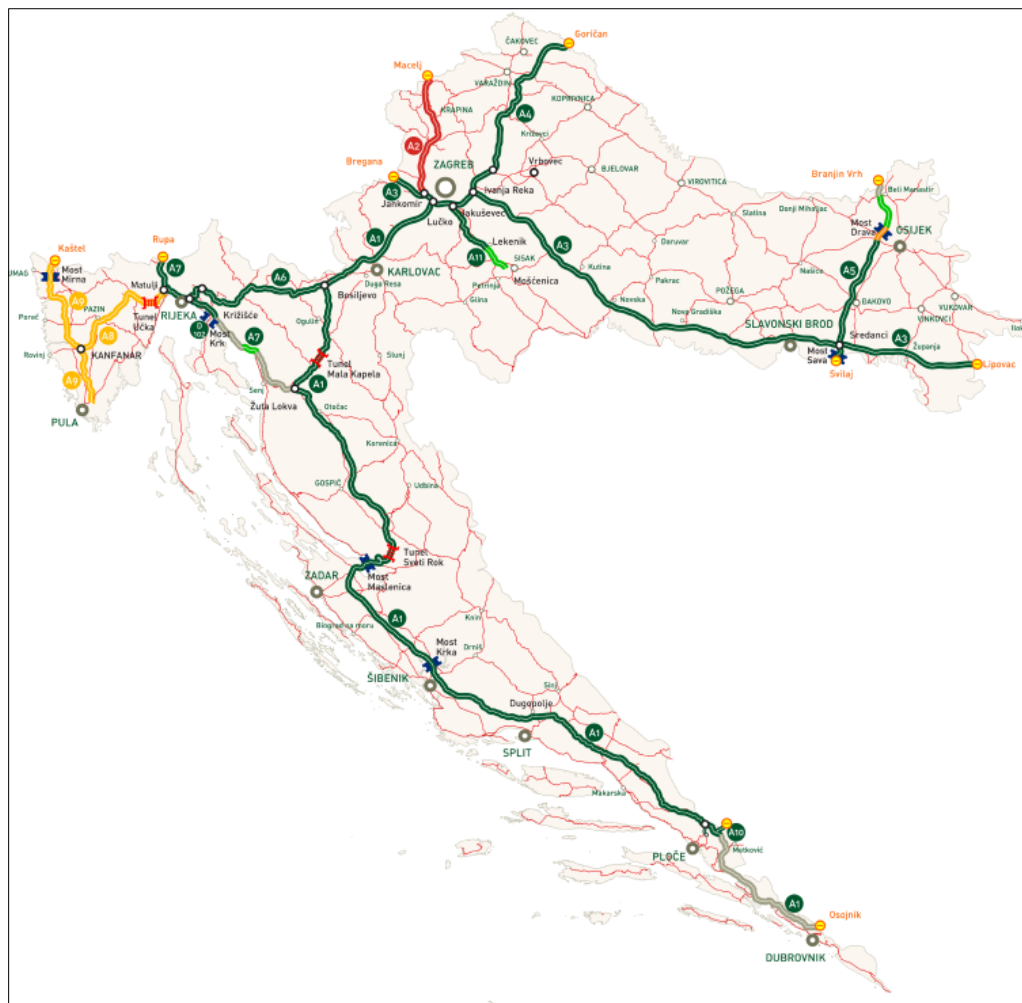
- autocesta A1 Zagreb – Split – Dubrovnik 484,1 km
- autocesta A2 Macelj – Zagreb 1,3 km (područje čvorišta Zagreb zapad)
- autocesta A3 Bregana – Zagreb – Lipovac 304,8 km
- autocesta A4 Goričan – Zagreb 97,7 km
- autocesta A5 Beli manastir – Osijek – Svilaj 83,2 km
- autocesta A6 Bosiljevo Rijeka 81,5 km
- autocesta A7 Rupa – Rijeka – Žuta Lokva 48,8 km
- autocesta A10 Nova Sela – Ploče 8,6 km
- autocesta A11 Zagreb – Sisak 30,1 km
- cestovni objekt most Krk na D 102

Osnovna uloga koju Hrvatske autoceste d.o.o. pružaju društvenoj zajednici odnosno korisnicima autocesta je korištenje modernih i protočnih autocesta. Osim osnovnog cilja, a to je sigurnost korisnika autocesta, jedan od temeljnih ciljeva je u svakom trenutku biti na usluzi korisnicima, razumijevati korisnikove potrebe, omogućiti nesmetano korištenje autocesta i ostalih infrastrukturnih objekata kojima upravljaju te stalno poboljšanje i modernizacija sustava autocesta.

Izgradnja i puštanje u promet preko 600 km novih dionica autocesta u proteklih 14 godina znatno je povećana ukupna sigurnost prometa na cestama u Republici Hrvatskoj te doprinijela trendu smanjenja broja nezgoda i nesreća na razini cijele države.

Autocesta A1 Zagreb – Split – Dubrovnik u inter regionalnom čvoru Bosiljevo skreće prema jugu, dok od istog započinje autocesta A6 (slika 1.). Jedan i drugi autocestovni pravac povezuje grad Zagreb kao glavno središte Republike Hrvatske s regionalnim središtima Gorskog Kotara,

Like, Primorja, Istre i Dalmacije. Trasa autoceste prolazi između Gorskog Kotara i Korduna preko Male Kapela, Gackog i Ličkog polja, gdje se preko Velebita i Ravnih kotara spušta prema moru u zaleđe Šibenika, a odatle dalmatinskom Zagorom stiže do Dugopolja odnosno Splita, da bi u zaleđu planinskog masiva Biokova nastavila put P1



Slika 1. Mreža hrvatskih autocesta (<http://www.huka.hr/mreza-autocesta>)

### 1.1. Tunel Mala Kapela

Tunel Mala kapela je najduži cestovni tunel u Republici Hrvatskoj, na autocesti A1 te se nalazi na granici dviju županija Karlovačke i Ličko Senjske. Nalazi se u predjelu između sela Modruš (Karlovačka županija) i Jezerane (Ličko Senjska županija) tj. između izlaza Ogulin i Brinje na autocesti A1. Tunel ima dvije tunelske cijevi međusobno razmaknute 25 metara. Cijevi ovog

tunela su razlitate dužine, jedna je duga 5780 metara i ide u smjeru Dubrovnika (desna cijev) a druga 5821 metar i ide u smjeru Zagreba (lijeva cijev). Prolazi kroz planinu Mala Kapela po kojoj je dobio i ime. Desna cijev je puštena u promet 15.lipnja 2005. godine. Do 30. svibnja 2009. godine kada je otvorena lijeva cijev ovog tunela promet se odvijao uglavnom dvosmjerno, osim u vrhuncima turističke sezone kada se povremeno regulirao jednosmjerno. Lijeva cijev u promet je puštena 30.svibnja 2009. godine. Time su se smanjile gužve koje nastaju u ljetnim vikendima prilikom smjene turista a tunel više nije uzrok prometnih čepova pri većem protoku vozila. Obije tunelske cijevi su opremljene ventilacijom, potpunom svjetlosnom i znakovnom signalizacijom, izlazima u slučaju nužde, proširenjima za slučaj nužde a same cijevi su na više mjesta povezane manjim prolazima u slučaju da jedna od cijevi bude blokirana, od tih prolaza 6 je za vozila a 14 je pješačkih. Tunel je opremljen uređajima koji distribuiraju radijski signal Hrvatskog radija, programe HR1 92,1 MHz i HR2 98,5 MHz.

## **2. ORGANIZACIJA ZAŠTITE OD POŽARA TUNELA NA AUTOCESTI**

Uprava društva Hrvatskih autocesta d.o.o. organizirala je sustav zaštite od požara za cijelu autocestu kojemu je temeljni cilj zaštita od požara tj. sprečavanje nastanka požara, brzo i pravovremeno otkrivanje te učinkovito gašenje kako bi sveli rizike od katastrofe na najmanju moguću mjeru. Uprava društva osnovala je Vatrogasnu postrojbu i imenovala zapovjednika koji je dužan organizirati sustav koji je primjenjiv i održiv. Vatrogasna postrojba ima svoje ustrojstvo, organizaciju, odgovornosti, planiranje, prakse, postupke, resurse i procese za razvoj, primjenu i postizanje te održavanje samog sustava. Za postizanje cilja i izvršavanje zadaća ovoga sustava koriste se najnovije tehnologije ali se i dalje prati stanje na svjetskom tržištu radi dobivanja informacija o novim tehnologijama kako bi mogli pravovremeno usavršavati postojeći sustav.

Vatrogasna postrojba ključni je segment sigurnosti i spašavanja za sve korisnike, odnosno sudionike u prometu na dionicama Hrvatskih autocesta.

Zapovjednik vatrogasne postrojbe Hrvatskih autocesta d.o.o. ujedno je i glavni vatrogasni zapovjednik u Hrvatskim autocestama d.o.o.

Vatrogasne postaje u sastavu vatrogasne postrojbe Hrvatskih autocesta d.o.o. smještene pri tehničkim jedinicama održavanja ili na sljedećim tunelima:

- Veliki Gložac (Vatrogasna postaja Veliki Gložac)
- Javorova Kosa (Vatrogasna postaja Javorova Kosa)
- Tuhobić (Vatrogasna postaja Tuhobić)
- Mala Kapela (Vatrogasna postaja Mala Kapela)
- Plasina (Vatrogasna postaja Plasina)
- Sveti Rok (Vatrogasna postaja Sveti Rok)
- Zagvozd (Vatrogasna postaja Zagvozd)
- Pelješac (Vatrogasna postaja Pelješac)

Vatrogasne ispostave u sastavu vatrogasne postrojbe Hrvatskih autocesta d.o.o. smještene pri tehničkim jedinicama održavanja na sljedećim lokacijama:

- Varaždin (Vatrogasna Ispostava Varaždin)
- Split (Vatrogasna Ispostava Split)
- Šubir (Vatrogasna Ispostava Šubir)

Sjedište vatrogasne postrojbe Hrvatskih autocesta d.o.o. smješteno je u Vatrogasnoj postaji Sveti Rok.

Zapovjedništvo postrojbe čine i njom zapovijedaju:

- Zapovjednik vatrogasne postrojbe;
- Zamjenik zapovjednika vatrogasne postrojbe;

Prošireno zapovjedništvo vatrogasne postrojbe čine zapovjednici vatrogasnih postaja i ispostava (kojima izravno i zapovijedaju)

Vatrogasna postrojba obavlja, stručno administrativne poslove. U njenom sjedištu nalazi se logističko vatrogasno spremište u kojem se nalazi neophodna pričuvna vatrogasna oprema i sredstva.

Vatrogasna postrojba operativno djeluje i štiti grupe tunela i pripadajuće dionice, na pojedinim dijelovima autocesta A1, A4 i A6, a sukladno usvojenim Procjenama ugroženosti i Planovima zaštite od požara, Studijama ugroženosti od požara, i Zamjenskim mjerama, za svaki tunel, dionicu ili grupu tunela.

Područje djelovanja i organizacija vatrogasne službe (postaje ili ispostave), njeno brojno stanje, razmještaj, opremljenost vatrogasnim vozilima, tehnikom i opremom, za svaku od ustrojstvenih jedinica određeno je Procjenom ugroženosti i Planom zaštite od požara, a ustrojstveni oblik je određen Pravilnikom o Unutarnjem ustrojstvu i sistematizaciji radnih mjesta Hrvatskih autocesta održavanje i naplata cestarine d.o.o.

Pravilnikom o unutarnjem ustrojstvu, Vatrogasnu postrojbu Hrvatskih autocesta d.o.o. u ustrojstvenom i operativnom obliku kao intervencijske snage čine:

1. Vatrogasna Ispostava Varaždin,
2. Vatrogasna Postaja Veliki Gložac,

3. Vatrogasna Postaja Javorova Kosa,
4. Vatrogasna Postaja Tuhobić,
5. Vatrogasna Postaja Mala Kapela,
6. Vatrogasna Postaja Plasina,
7. Vatrogasna Postaja Sveti Rok,
8. Vatrogasna Ispostava Split,
9. Vatrogasna Postaja Zagvozd,
10. Vatrogasna Ispostava Šubir
11. Vatrogasna postaja Pelješac

### **2.1. Područje djelovanja Vatrogasne postaje Mala Kapela**

Dionicu autoceste A1 od čvora Bosiljevo (stacionaža - 66 kilometar) do čvora Žuta Lokva (stacionaža 125 kilometar), ukupne dužine 59 kilometara, na kojoj se nalaze tuneli Mala Kapela i Brinje, operativno štiti Vatrogasna postaja Mala Kapela koja je smještena u zgradi na sjevernoj strani tunela Mala Kapela, a jedna vatrogasna grupa nalazi se u vatrogasnom objektu na južnoj strani tunela. Vatrogasna postaja Mala Kapela također operativno štiti i pravac od čvora Žuta Lokva (stacionaža 125 kilometar) do čvora Otočac (stacionaža 138 kilometar) u smjeru Splita, ukupne dužine 13 kilometara. Tunel Brinje operativno štite zajedničkim snagama Vatrogasna postaja Mala Kapela i Vatrogasna postaja Plasina.

Vatrogasna postaja tunela Mala Kapela, smještena na sjevernom i južnom portalu tog tunela, ima ukupno 26 profesionalnih vatrogasaca (6 u smjeni). Pored obavljanja vatrogasne intervencije u tunelu Mala Kapela, ova vatrogasna postaja, vatrogasnim intervencijama pokriva i tunel Brinje i pripadajuću trasu autoceste A1 od inter regionalnog čvora Bosiljevo do čvora Žuta Lokva. Vatrogasna postaja Mala Kapela također operativno štiti i pravac Žuta Lokva - čvor Otočac u smjeru Splita, a tunel Brinje operativno štite zajedničkim snagama Vatrogasna postaja Mala Kapela i Vatrogasna postaja Plasina.

U pasivnom dežurstvu, 12 sati prije službujuće smjene je najmanje 50 posto službujuće smjene.

Svi radnici ove postrojbe postaje su stručno osposobljeni za provedbu zadaća gašenja požara i spašavanja osoba iz tunela.

Vatrogasna postaja Mala Kapela raspolaže s četiri vatrogasna vozila i jednim motorkotačem:

- zapovjedno vatrogasno vozilo
- veliko kombinirano tunelsko vatrogasno vozilo s 3.000 litara vode i 300 litara pjenila
- dva mala kombinirana vatrogasna vozila s 300 litara vode i 30 litara pjenila
- vatrogasnim motorkotačem



Slika 2. Malo kombinirano vatrogasno vozilo (vlastiti izvor)





Slika 3. Veliko kombinirano tunelsko vozilo (vlastiti izvor)



Slika 4. Spremnik za sistem za dodavanja zraka motoru velikog tunelskog vozila (vlastiti izvor)



Slika 5. Vatrogasni motorkotač (vlastiti izvor)

Razmještaj ljudstva i opreme u ljetnom razdoblju i izvan njega, je slijedeći:

- Vatrogasnu postaju je razmještena na sjeverni i južni portal tunela Mala Kapela. Na sjevernom portalu u COKP razmještena su tri vatrogasca s velikim kombiniranim tunelskim vozilom, malim kombiniranim tunelskim vozilom, vatrogasnim motorkotačem i zapovjednim vozilom, a na južnom portalu tunela Mala Kapela u zasebnom objektu razmještena su tri vatrogasca s malim kombiniranim vatrogasnim vozilom.
- Ova vatrogasna postaja u normalnim uvjetima na intervenciju u tunelu Mala Kapela može stići za 2-3 minute, a u tunel Brinje s južnog portala tunela Mala Kapela može doći u vremenu do 10 minuta od uzbunjivanja.

## 2.2. Popis i organizacija ispomoći lokalnih vatrogasnih snaga na dionicama autoceste

U blizini tunela Mala Kapela na ovoj dionici autoceste A1 već se nalaze vatrogasne postrojbe koje bi po ljudskim potencijalima i tehničkom opremljenosti mogli zadovoljiti zahtjeve za intervenciju na požaru ili neku drugu tehničku intervenciju u tunelu

Redni broj	JVP ili VP	Broj vatrogasaca	Udaljenost (km)	Očekivano vrijeme dolaska na intervenciju (min)	Sredstva za prvi izlaz
1.	Ogulin	21	23,0 km	28	1NV (2400 l vode) 1TV (malo)
2.	Karlovac	52	62,0 km	43	1 NV (3000 l vode i 400 l pjena) 1 AC (7000 l vode) 1 KV (voda, pjena, prah) 1 TV - teško
2.	Tunel Plasina	22	42,6 km	25	1KV (voda, pjena) 1 TV - malo

Tablica 1. Vatrogasne postrojbe u blizini tunela Mala Kapela

Navedene profesionalne vatrogasne postrojbe Grada Ogulina i Karlovca osnovane su za zaštitu od požara Grada Ogulina i Karlovca i njihove okolice i ne mogu zadovoljiti zahtjevima koji se traže za gašenje požara u tunelima, a pogotovo na zahtjevnom tunelu Mala kapela i to iz sljedećih razloga:

- navedena postrojba ima standardnu vatrogasnu opremu kojom se ne može intervenirati na požarima u tunelu (potrebna specijalna vatrogasna vozila manjih dimenzija sa specifičnom opremom za intervencije u tunelu)
- vatrogasci koji izlaze na intervenciju moraju biti posebno osposobljeni i opremljeni sa osobnom zaštitnom opremom i uređajima što navedene postrojbe ne posjeduju
- vrijeme dolaska na mjesto intervencije (na sjeverni i južni portal) uz prosječnu brzinu vožnje kreće se oko 21 minutu za JVP Ogulin, 52 minute za JVP Karlovac i 25 minuta za VP Plasina, dok se početak vatrogasne intervencije u tunelu zahtjeva da bude unutar 5 minuta.

Prva dva uvjeta nije problem zadovoljiti kupnjom specijalnih vozila i opreme te osposobljavanjem i obukom profesionalnih vatrogasaca u navedenoj vatrogasnoj postrojbi. Međutim, vrijeme dolaska namjesto požara u tunelu uvjetovana je velikom udaljenosti tunela od mjesta u kojem je sjedište vatrogasne i to je 3-4 puta duže od potrebnog, pa se ovaj zahtjev ne može nadomjestiti trenutno djelujućim vatrogasnim postrojbama, već je potrebno osnovati vlastitu vatrogasnu postrojbu koja bi bila stacionirana na sjevernom i južnom portalu tunela Mala Kapela.

Za osiguranje pravovremene i učinkovite vatrogasne intervencije na požare i druge nezgode u tunelu Mala Kapela, te ispunjenje i drugih zahtjeva koji proizlaze iz Zakona o prijevozu opasnih tvari, vatrogasnu postrojbu treba opremiti slijedećom vatrogasnom opremom i sredstvima za gašenje:

- veliko kombinirano tunelsko vatrogasno vozilo „tip 1“ za gašenje požara vodom i pjenu s kompletnom pripadajuće opremom, 1 komad
- malo kombinirano interventno vatrogasno vozilo „tipa 3 i 4“ opremljeno za manje vatrogasne intervencije, te spašavanje osoba iz vozila kod manjih prometnih nezgoda s kompletnom pripadajuće opreme, 2 komada
- zapovjedno vatrogasno vozilo, 1 komad
- vatrogasni motorkotač koji je nabavljen u vrijeme dovršetka građenja i opremanja lijeve tunelske cijevi, dok je bio dvosmjerni promet jednom tunelskom cijevi
- vatrogasna oprema i sredstva u skladištu

Sukladno članku 6. stavku 1. točki 9 „Pravilniku o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara“ (NN 62/94 i 32/97) prostori tunela Mala Kapela razvrstavaju se u IIa kategoriju ugroženosti od požara.

Sukladno izrađenoj „Procijeni ugroženosti od požara i tehnoloških eksplozija tunela Mala Kapela“ te provedenoj analizi Hrvatske Autoceste d.o.o. su osnovale vatrogasnu postaju za tunel Mala Kapela razvrstanu u I f kategoriju (22 profesionalna vatrogasaca ili 16 profesionalnih vatrogasaca i 20 djelatnika stručno osposobljena za dobrovoljnog vatrogasca te 2 djelatnika raspoređena za obavljanje preventivnih poslova zaštite od požara).

### 3. POŽARNI SEKTORI U TUNELU I VATROGASNI PRISTUP

Svaka tunelska cijev tunela Mala Kapela predstavlja jedan požarni sektor kojem su granice požarnog sektora:

- svod tunela izrađen od armiranog betona kojem je željezna armatura zaštićena betonskom oblogom da dobije vatrootpornost od F60
- vrata ne ulazima u SOS kabine vatrootpornosti F60
- vrata na pješačkim prolazima te vrata na okretnicama koja se koriste kao evakuacijski putovi prema drugoj tunelskoj cijevi vatrootpornosti F90
- kanal u kolničkoj konstrukciji za energetske kabele vatrootpornosti F90
- kanal u kolničkoj konstrukciji za signalne kabele vatrootpornosti F90
- kolnik armirano betonska podloga sa slojem asfalta vatrootpornosti F90

Pored tunelskih cijevi i pješački prolazi su zaštićeni požarni sektori jer su odvojeni od jedne i druge tunelske cijevi građevinskom konstrukcijom s vratima vatrootpornosti F90 ali u njima nema gorivih tvari i služe samo za evakuaciju iz jedne u drugu tunelsku cijev.

2013 godine izašao je novi „Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara“ i u njemu su promijenjene oznake za vatrootpornost te se umjesto oznake F koju ja koristim u radu koristi oznaka EI. Pošto je u dokumentaciji koju sam koristio pri izradi rada korištena oznaka F ja je nisam mijenjao.

Pristup vatrogasnih vozila na intervenciju u tunelu moguć je s jednog ili drugog portala odnosno pristup požaru moguć je sa obje strane tunela.

## 4. STROJARSKE I DRUGE INSTALACIJE U TUNELU

U tunelu od strojarskih instalacija izvedena je instalacija za provjetravanje i odimljavanje tunela, hidrantska mreža s pratećim vodospremama i sustava odvodnje vode s kolnika.

### 4.1. Ventilacija

U tunelu Mala Kapela ugrađen je sustav uzdužne reverzibilne ventilacije (s impulsnim aksijalnim ventilatorima smještenim na svod tunela). Sustav pored ventilatora obuhvaća i upravljački sklop za pokretanje ventilatora, senzorske sklopove za mjerenje vidljivosti i koncentracije CO (11 senzorskih sklopova u desnoj i 13 u lijevoj tunelskoj cijevi) uređaje za mjerenje smjera i brzine strujanja zraka u tunelu (7 uređaja po svakoj tunelskoj cijevi) te kontrolno upravljački PLC (daljinsko upravljanje) uređaj preko kojeg se prosljeđuju informacije od vlastitih mjernih i detektorskih uređaja za pokretanje potrebnog režima rada ventilatora. U tunelu je ugrađeno 30 ventilatorskih baterija u desnoj i 27 u lijevoj tunelskoj cijevi, s po dva ventilatora u svakoj bateriji što je ukupno 60 ventilatora u desnoj i 54 u lijevoj cijevi. Međusobna udaljenost između ventilatora iznosi od 156m do 268m. Ugrađeni ventilatori su reverzibilni, te se pomoću njih može mijenjati smjer strujanja zraka u tunelu (prema južnom odnosno sjevernom portalu) što ovisi o trenutnim meteorološkim prilikama ili u slučaju požara o mjestu nastanka požara. Ugrađeni impulsni ventilatori projektirani su za rad pri povišenoj temperaturi od 250<sup>0</sup> C u vremenu od 120 minuta.

Kabeli kojim se napajaju ventilatori imaju vatrootpornost od F90. Razdjelnici kojim se obavlja upravljanje ventilatorima izrađeni su i ispitani prema normi HRN N.K5.503 i izdrže temperaturu od 250<sup>0</sup> C u trajanju od 90 minuta. Svi kabeli za mjerenje i upravljanje ventilatorima, koji su položeni izvan kablenskog kanala u tunelu izdrže temperaturu od 2500 C u trajanju od 90 minuta te imaju teško gorivu bez halogenu zaštitnu izolaciju.

U slučaju požara u tunelu, a na temelju informacija sa sustava za dojavu požara, predviđen je požarni režim rada ventilatora. Ovaj požarni režim rada podrazumijeva da se strujanje zraka odmah nakon izbijanja požara održava na brzini od 1,5 m/s. Ovaj zahtjev će ovisno o meteorološkim prilikama i prirodnom strujanju zraka (može biti znatno iznad 1,5 m/s) i može zahtijevati zaustavljanje rada ventilatora na vrijeme do 8 minuta ili će zahtijevati rad rubnih ventilatora u suprotnom smjeru od prirodnog strujanja zraka da se smanji brzina prirodnog strujanja na navedeni iznos do trenutka kada je evakuacija iz tunela obavljena. U radu za



vrijeme provođenja evakuacije osoba iz tunela mora biti onolik broj ventilatora koji će osigurati strujanje zraka između 1 – 1,5 m/s.

U tunelu je ugrađen automatski program za umirivanje strujanja zraka kojeg je razvila multidisciplinarna istraživačka skupina Brodarskog instituta d.o.o. pod vodstvom dr.sc. Miodraga Drakulića. Razvoj ovog računalnog programa stručno je i financijski poduprla tvrtka Hrvatske autoceste d.o.o.



Slika 6. Primjer stratifikacije dima u tunelu Mala Kapela (vlastiti izvor)

Primjenom novo razvijenog sustava u kritičnim se trenucima požarnog akcidenta upravlja smjerom i brzinom širenja dima i tako ostvaruju najpovoljniji uvjeti i za evakuaciju putnika u inicijalnoj fazi požara i za intervenciju vatrogasnih i spasilačkih službi. Aktiviranjem ovog sustava, operateri u centru za kontrolu prometa ujedno su rasterećeni potrebe da ručno upravljaju složenim sustavom ventilacije u ionako stresnim uvjetima koje karakterizira pojava požara u tunelu.



## 4.2. Hidrantska mreža

### 4.2.1. Opskrba vodom za gašenje požara

U obije cijevi tunela Mala kapela s desne strane kolnika, u dijelu povišene bankine, postavljen je tlačni vod za hidrantski razvod koji je zaštićen od smrzavanja samo regulirajućim grijaćim kabelom snage 17 W/m u dužini od 770 m od sjevernog portala i 800 m od južnog portala, te grijanje hidrantskih ormara sa 17 metara samo regulirajućim grijaćim kabelom ukupne snage 225 W po hidrantu. Zaštita od smrzavanja se automatski uključuje pomoću digitalnog regulatora koji regulira temperaturu cjevovoda te daje informaciju o temperaturi cjevovoda centru upravljanja. Tlak na mjestima uzimanja vode iznosi najmanje 6 bara, a najviše 12 bara i isti se mjeri na hidrantima H 1L i H 1D na sjevernom portalu, H 63L i H 59D na južnom portalu te na H 33L i H 31D na najvišoj točki tunela desne i lijeve tunelske cijevi. Informacije o tlaku u hidrantskoj mreži prenose se u CNUP.

Hidrantska mreža desne i lijeve tunelske cijevi izvedena je u obliku prstena sukladno zahtjevima smjernice RVS 9.282<sup>1</sup>. Nadzemni hidrant je postavljen s jedne i druge strane tunelske cijevi na desnoj strani portala u smjeru vožnje. Ova dva hidranta nije moguće koristiti u slučaju požara ispred portala lijeve tunelske cijevi pa je postavljen nadzemni hidrant u razdjelni pojas između dviju tunelskih cijevi.

Hidrantska mreža se napaja vodom iz dva spremnika i to: vodospreme Modruš kapaciteta 100 m<sup>3</sup> smještena na sjevernom portalu i vodospreme Razvala kapaciteta 200 m<sup>3</sup> vode smještena na južnom portalu. Kapacitet navedenih spremnika omogućava da hidrantska mreža ima vode u količini 1200 l/min u vremenu od 1 sata (72 m<sup>3</sup>). Smanjenje nivoa vode u navedenim vodospremama ispod potrebne količine signalizira se u kontrolnoj sobi CNUP-a kao i nivo vode iznad maksimuma, te drugi važni signali koji utječu na rad crpne stanice Jezerane i navedenih vodosprema. Kako kapaciteti spremnika vodospreme Modruš i Razvala omogućavaju gašenje požara s protokom vode od 1200 l/min više od 2 sata, udovoljeno je zahtjevu smjernice RVS 9.282. za količinu vode koja je potrebna zajedan sat gašenja požara. Dopunjavanje vodom u vodospreme obavlja se dobavnim pumpama iz crpne stanice Jezerane koje osiguravaju dovoljne količine vode u vodospremama.

---

<sup>1</sup> Austrijska smjernica za projektiranje tunela



Slika 7. Hidrantski ormar u lijevoj cijevi tunela Mala Kapela (vlastiti izvor)

#### 4.2.2. Priključci na hidrantsku mrežu

Zidni hidranti opremljeni su opremom koja omogućava da se sa dva susjedna hidranta može obaviti uspješni gašenje požara autocisterne koja je natovarena dizel gorivom u količini od 30 000 litara, te požar teretnog vozila (šlepera) natovarenog gorivim tvarima klase požara A.

Hidrantski ormari s opremom za gašenje požara vodom i pjenom postavljeni su na približno svakih 100 m. Postavljeno je 59 hidrantskih ormara u desnoj i 63 hidrantska ormara u lijevoj tunelskoj cijevi.

Oprema koja se nalazi u zidnom hidrantu osigurava omogućiti gašenje požara klase B uz protok pjene od 800 l/min iz dva hidranta u trajanju od 10,9 minuta, a za to mora biti osigurana količina pjenila od 270 litara. Količina pjenila se osigurava rezervoarom pjenila od 80 litara u svakom hidrantskom ormaru i 200 litara pjenila u vatrogasnom vozilu koje je izašlo na intervenciju, čime se na mjestu požara osigurava ukupna količina pjenila od 360 litara, što je za 90 litara više od potrebnog (sigurnosna rezerva). Požar u tunelu uvijek treba gasiti sa dvije strane. Ukoliko to nije moguće zbog zakrčenosti ili nekog drugog razloga, požar će se gasiti jednim mlazom pjene iz zidnog hidranta i drugim mlazom iz vatrogasnog vozila, čime će se u nešto

duljem vremenu postići zadovoljavajući učinak, ali još uvijek unutar vremena od 90 minuta kolika je vatrootpornost požarnog sektora.

Gašenje požara klase A obavlja se iz dva susjedna hidranta raspršenim mlazom koji ima iskoristivost između 20 – 30 % kapaciteta 200 l/min, tako će vrijeme gašenja trajati 14 – 27 minuta. Ako je pristup vatrogascima s drugog portala onemogućen gašenje će se vršiti sa dva mlaza raspršenom vodom, jedan sa hidranta a drugi sa vatrogasnog vozila.

Oprema zidnog hidranta	Količina
B cijev 15 metara	6 kom
C cijev 15 metara	6 kom
Spremnik s pjenilom 100 l	1 kom
Međumješalica protoka 400 l	1 kom
B mlaznica sa zasunom	1 kom
C mlaznica sa zasunom	1 kom
C mlaznica za tešku pjenu protoka 400 l	1 kom
Prelaznica B/C	1 kom
Ključ za spojnice ABC	1 kom
Vatrogasni aparat S-9	2 kom

Tablica 2. Oprema u hidrantskom ormaru desne tunelske cijevi

Oprema zidnog hidranta	Količina
B cijev 30 metara	3 kom
C cijev 15 metara	6 kom
Spremnik s pjenilom 100 l	1 kom
Međumješalica protoka 400 l	1 kom
B mlaznica sa zasunom	1 kom

C mlaznica sa zasunom	1 kom
B mlaznica za tešku pjenu protoka 400 l	2 kom
Prelaznica B/C	1 kom
Razdjelnica B/2C	1 kom
Ključ za spojnice ABC	1 kom
Vatrogasni aparat S-9	2 kom

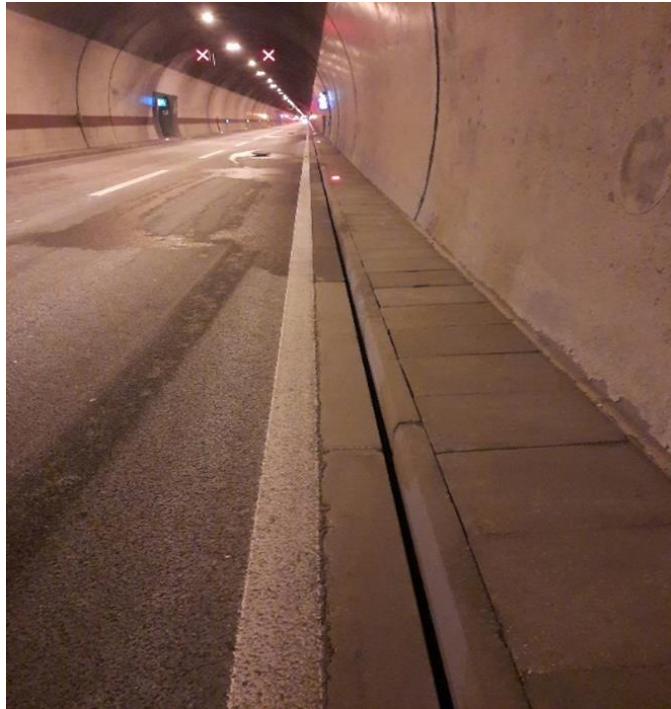
Tablica 3. Oprema u hidrantskom ormaru lijeve tunelske cijevi

### 4.3. Sustav za odvodnju

Prikladan sustav odvodnje bitan je za smanjenje vjerojatnosti širenja požara u tunelu, jer sigurno i brzo uklanja lako zapaljive i zapaljene tekućine s kolnika nakon prometne nezgode ili za vrijeme trajanja požara i sigurno ih odvodi sifonskim sustavom odvodnje koji osigurava da se požar neće proširiti odvodnom sustavom na drugi dio tunelske cijevi, te sklanja zapaljivu tekućinu i ostale opasne tekućine u prikladni separator gdje se opasna tekućina odaja od vode.

Sustav odvodnje koji je napravljen u tunelu Mala kapela ima slijedeće karakteristike:

- odvod tekućine sa kolnika omogućen je s obje strane kolnika tunela otvorima u bankini
- broj i širina otvora omogućava kapacitet prihvata tekućine od 200 l/sek na dužini tunela od 200 m kod ukupne količine tekućine od 50 000 litara
- separator je izgrađen za prihvata zapaljivih tekućina u količini od 50 m<sup>3</sup> i odvajanje vode od zapaljivih tekućina koje moraju ostati u separatoru
- izveden je sifonski sustav odvodnje, tako da se požar ne može proširiti kroz cijevi odvodnje.



Slika 8. šuplji rubnik za odvodnju tekućine s kolnika  
(vlastiti izvor)

## 5. SUSTAVI ZAŠTITE OD POŽARA I SPAŠAVANJA

Sustavi zaštite od požara i spašavanja u tunelu Mala kapela čine:

- sustav za dojavu požara
- telefonsko pozivni sustav (SOS)
- radio sustav
- sustav ozvučenja
- sustav video nadzora
- mjerenje vidljivosti i CO

### 5.1. Sustav za dojavu požara

Elementi sustava automatske dojave požara su:

- vatrodjavna centrala s upravljačko – indikacijskim panelom
- senzorski kabel u obje tunelske cijevi po dvije sekcije
- kontroleri za obradu optičkog signala i njihovu pretvorbu u električni signal
- automatski javljači požara u transformatorskim stanicama u UPS nišama, te u pješačkim prolazima s dimno termičkim detektorima požara
- ručni javljači požara u SOS nišama i na portalima i u svim pješačkim prolazima
- kontrolno ulazno – izlazni moduli
- uređaji za uzbuđivanje
- pripadajuća kabela instalacija

Lijeva i desna tunelska cijev tunela Mala Kapela podijeljena je u 34 vatrodjavne zone (svaka cijev po 17 vatrodjavnih zona). Svaka tunelska cijev nadzire se senzorskim kabelom u dvije sekcije približno jednako dužine. Senzorski kabel se vodi neposredno ispod najviše točke stropa na maksimalnoj udaljenosti od 20 cm od stropa. U transformatorske stanice, prostor UPS i prostor gdje je ugrađena vatrodjavna centrala (pješački prolazi) ugrađena je kombinacija dimnog i termo maksimalnog javljača požara. Pored navedenog na sustav za dojavu požara povezani su signali podizanja vatrogasnog aparata u SOS nišama, ispred TS i UPS, te na portalima tunela u i svim pješačkim prolazima.

Zbog velike dužine tunela vatrodjavni sustav izveden je decentralizirano s četiri vatrodjavne centrale. Centrale su smještene u prostorima pješačkih prolaza broj 2, 7, 10 i 13. Petlje u kojim

sa nalaze detektori požarnih karakteristika su nadzirane na kratki spoj, spoj na masu i prekid petlje što se treba na vatrodojavnoj centrali registrirati kao kvar. Na vatrodojavnoj centrali se signalizira i kvar pojedinog elementa vatrodojavnog sustava. Vatrodojavne centrale spojene su sa CNUP-om preko modula za daljinsku vezu, tako da se svi važni signali o stanju vatrodojavne centrale prenose u CNUP. Signal alarma iz pojedine dojavne zone odnosno iz pojedinog dojavnog područja uzrokuje usmjeravanje najbliže kamere prema mjestu s kojeg je dojava došla, a u CNUP-u se oglašava zvučni alarm dok na monitorima se prikazuje slika s mjesta dojave. Zvučni alarm se može jedino poništiti intervencijom osoblja zaposlenog u CNUP.

Napajanje vatrodojavnog sustava električnom energijom osigurano je iz tri izvora i to:

- primarno napajanje iz stacionarne mreže 220 V
- u slučaju ispada mreže iz akumulatorskih baterija preko stacionarnog pretvarača koji je lociran u prostoriju UPS
- iz vlastite akumulatorske baterije koje su pridružene vatrodojavnoj centrali, a iste se mogu nadopunjavati

U slučaju prekida napajanja iz primarne mreže napajanje sustava s prebacuje na pomoćni izvor napajanja iz UPS ili sa vlastite baterije, a stanje ispada mreže registrira se na vatrodojavnoj centrali. Baterije omogućavaju stalno napajanje vatrodojavnog sustava u trajanju od 72 sata i 30 minuta u alarmu. Uređaj za punjenje baterije osigurava da se ispražnjena baterija napuni do 80 % kapaciteta u roku od 24 sata a do potpune napunjenosti da dođe u roku 72 sata.



Slika 9. Vatrodojavna centrala smještena u pješačkom prolazu (vlastiti izvor)

### 5.1.1. Plan uzbunjivanja

Za organizaciju uzbunjivanja u tunelu Mala Kapela bitno je da je u CNUP-u organizirano dežurstvo 24 sata. To znači da u organizaciji uzbunjivanja nema razlike između dana i noći.

Na vatrodojavnoj centrali moguće je programirati odgođeno uzbunjivanje, kao mjeru zaštite od lažne uzbune, u skladu sa Pravilnikom o sustavima za dojavu požara. Pri tome vrijeme za potvrdu alarma ne smije biti duže od 15 sekundi, a vrijeme za izviđanje opasnosti mora biti manje od 1 minute.

Radnje koje se poduzimaju ovise o aktiviranju određenog elementa sustava:

- alarm od ručnog javljača i senzorskog kabela, tretira se kao pouzdana dojava i trenutno se aktivira signal generalnog alarma na vatrodojavnoj centrali. U CNUP-u se oglašava zvučni signal alarma i istovremeno se automatski se pokreće procedura predviđena za slučaj požara u tunelu
- reakcija na dojavu automatskog javljača odvija se u par koraka. Unutar 15 sekundi po dojavi požara operater mora potvrditi signal na nadzornom sustavu vatrodjave. Ukoliko to ne učini, na vatrodojavnoj centrali se javlja signal generalnog alarma i aktivira se procedura predviđena za slučaj požara. Ako potvrdi signal požara unutar 15 sekundi, ima 1 minutu za izviđanje, unutar tog vremena putem video-nadzora i ostalih sustava veza može provjeriti radi li se o stvarnom požaru. U slučaju da to utvrdi može prije isteka 1 minute aktivirati generalni alarm na vatrodojavnoj centrali. Ako ustanovi da se radi o lažnoj uzbuni, može spriječiti pojavu generalnog alarma i zavisno o načinu na koji je došlo do lažnog signala požara došlo, pokrenuti proceduru za vraćanje vatrodjavne centrale u normalno stanje. U slučaju da unutar 1 minute ne poduzme nikakvu radnju, na vatrodojavnoj centrali se automatski generira signal generalnog alarma.
- dizanje ručnog protupožarnog aparata iz ležišta tretira se kao prorada automatskog javljača požara s prethodno opisanom procedurom

Na vatrodojavnoj centrali omogućena je jednoznačna vizualizacija kompletnog nadzornog prostora pokrivenog vatrodjavnom centralom. Glavni nadzor veši e u CNUP-u preko osobnog računala na koji je vezana vatrodjavna centrala preko modula za daljinsku vezu.



## 5.2. Telefonsko pozivni sustav (SOS) tunela

Radi dojave o izvanrednim situacijama u tunelu i njegovim prilazima (prometna nezgoda s ili bez požara i ozlijeđenih osoba, kvar na vozilu i drugo), izgrađen je telefonsko pozivni sustav koji se sastoji od SOS niše u kojima se nalazi dugme za SOS poziv sa zvučnikom i mikrofonom preko kojeg se uspostavlja veza sa dežurnom osobom u CNUP-u i telefonsko pozivnih stupića (TPS)

Pored pozivanja i uspostavljanja veze sa dežurnom osobom, u SOS niši nalazi se i ručni javljač požara kojim se direktno dojavljuje požar u CNUP, te dva vatrogasna aparata tipa S6 i S9 za početno gašenje požara na vozilima. Ukupno je u tunelu postavljeno u svakoj cijevi 41 SOS niša ili TPS stupić.

SOS niše su razmještene sa desne strane tunelske cijevi u smjeru vožnje na svakih 150 metara. Na sjevernom i južnom portalu tunela, s jedne i druge strane postavljen je po jedan telefonski pozivni stupić.

Poziv iz TPS ili SOS niše operater u CNUP-u potvrđuje podizanjem slušalice SOS telefonskog aparata, a na monitoru SOS serverskog računala se pojavljuje oznaka identifikacije TPS ili SOS. Poziv iz TPS ili SOS se u CNUP-u signalizira optički i akustički, a kad je na vezu odgovorio, operater može odlučiti hoće li ovu vezu prekinuti ili ostaviti na čekanju.

S ulaskom u SOS nišu (otvaranjem vrata SOS kabine) u tunelu na mjestu SOS uređaja pale se žuta trepteća svjetla (koja upozoravaju korisnike tunela da se nalaze na području izvanredne situacije u tunelu).



Slika 10. SOS niša sa vatrogasnim aparatima i SOS telefonom (vlastiti izvor)

### 5.3. Radio sustav tunela Mala Kapela

Sustav radiodifuzije u tunelu služi za ostvarivanje radio veze sa dva ili više radiostanica unutar tunela i između stanica u tunelu i vanjskih radiostanica. Prvenstvena namjena sustava je ostvarivanje radi veze službe za održavanje, vatrogasne službe, hitne pomoći i policije. Sustav omogućuje prijenos jednog ili više radio programa, kao i davanje eventualnih obavijesti osobama koje slušaju taj program unutar tunela. Za ostvarivanje ovih zahtjeva duž obije tunelske cijevi ugrađen je zračeci kabel. Zbog gušenja signal u kabelu isti se pojačavaju linijskim pojačalima smještenim u tunelu.

Predviđeni sustav radiodifuzije u tunelu Mala Kapela osigurava slijedeće veze unutar tunela:

- 2 FM kanala za javni radio program HR 1 i HR 2 (od 87,5 MHz do 108,5 MHz)
- 1 VHF kanal polu – dupleks (od 144 MHz do 174 MHz)
- kanala VHF polu – dupleks 9A i 8B (od 444 MHz do 475 MHz)
- služba održavanja
- vatrogasna služba
- hitna pomoć
- policija

U kontrolnom centru CNUP-a postavljena je posebna konzola pomoću koje se preko oba programa istovremeno mogu davati obavijesti osobama u vozilu. Iz razloga obavijesti vozača o frekvencijama na kojima se može dobiti dodatna informacija u tunelu, na ulazu u tunel Mala Kapela postavljen je znak upozorenje vozačima da svoje radio prijemnike u automobilima postave na jedan od navedenih frekvencija kako bi mogli primati obavijesti u tunelu.



Slika 11. Prometni znak na ulazu u tunel Mala Kapela (vlastiti izvor)

## 5.4. Sustav ozvučenja tunela Mala Kapela

Sustav ozvučenje u tunelu Mala kapela služi za davanje obavijesti korisnicima tunela koji se zateknu u tunelu uslijed zastoja ili nekog incidenta u tunelu. Upravljanje sustavom ozvučenja obavlja se iz CNUP-a, gdje se nalazi sustav video nadzora i kontrolni punkt SOS sustava, pa dežurni operater koji ima kompletan uvid u zbivanje u tunelu može intervenirati u slučaju potrebe te davati nužne upute i obavijesti osobama u tunelu. Ako se informacije trebaju dati iz tunela predviđena je mogućnost ulaska odgovorne osobe ( vatrogasca) u razglasni sustav u podcentrima koji se nalaze u tunelu.

Sustav ozvučenja tunela sastoji se iz slijedećeg:

- razglasna centrala i upravljački terminal u CNUP Mala Kapela
- četiri razglasne podcentrale smještene u tunelu u prostoriji SOS i UPS
- pomoćnog upravljačkog terminala u prostoriji CNUP Brinje
- pojačala smještena u SOS ormarićima u tunelskim nišama
- zvučnika raspoređenih po tunelu

Operativna konzola omogućuje operateru davanje informacija pomoću kondenzatorskog mikrofona visoke osjetljivosti te izbora grupe zvučnika preko kojih se želi dati informacija ili uputa. Izbor grupe zvučnika obavlja se pomoću numeričke tastature operatorske konzole, pri čemu je maksimalni broj kombinacija 35. Tastatura daje mogućnost ponovnog izbora posljednje kombinacije kao i četiri unaprijed programirane kombinacije zvučnika sa svim pratećim alarmnim znakovima (gong, upozoravajući ton).

Da bi se omogućilo potrebno pokrivanje zvučnim signalom duž tunela su raspoređeni zvučnici. S obzirom na oblik tunela korišteni su zvučnici sa usmjerenom karakteristikom odnosno zvučni stupovi koje karakterizira slaba reprodukcija niskih frekvencija koji nisu važni za dobru razumljivost, a bitno se smanjuje reverberacija. Raspored zvučnika ovisan je o rasporedu semafora, jer se pretpostavlja da se osobama u zaustavljenim vozilima ispred semafora daju određene upute u slučaju nezgode ili kakvog zastoja, tako da svaka tunelska cijev ima 14 vučnih stupova, te po jedan zvučnik u svakom pješačkom prolazu. Ovakvim rasporedom zvučnika omogućeno je selektivno ozvučenje samo onog dijela tunela za koji se ukaže potreba, ali se isto tako može ozvučiti cijeli tunel odjednom.



Slika 12. Sustav ozvučenja u tunelu Mala Kapela (vlastiti izvor)

### **5.5. Video nadzor tunela Mala Kapela**

Video nadzor u tunelu Mala Kapela sastoji se od 97 kamera u desnoj tunelskoj cijevi, od koji je 14 postavljeno u pješačke prolaze, te 6 kamera bez rotacije i 6 s rotacijom na okretnicama. U lijevoj tunelskoj cijevi postavljene se 74 kamere, od kojih je 6 s rotacijom na okretnicama. Kamere u pješačkim prolazima i na okretnicama su bez detekcije, a sve ostale kamere u tunelu su sa detekcijom. Raspored kamera osigurava kontinuirani nadzor prometa u tunelu i razmak između dvije kamera je oko 70 m.

Signali sa svih kamera dovode se na matični sklop TV centrale, gdje centralna procesorska jedinica upravlja cjelokupnim radom sustava. Pravilnim izborom redoslijeda uključivanja pojedinih kamera na video zid omogućava operateru kvalitetno praćenje prometa i svih događaja u tunelu. TV centrala je preko sučelja vezana na sustav daljinskog upravljanja

prometom u tunelu Mala Kapela i na znak alarma na pojedinoj točki u tunelu automatski uključuje najbližu kameru koja je povezana s uređajem za snimanje zbivanja na tom dijelu. S upravljačkog mjesta u CNUP-u upravlja se i pokretnim kamerama na portalima tunela. Preko sustava video – detekcije moguće je u tunelu otkriti zaustavljeno vozilo na traci ili zastoj vozila, pogrešan smjer kretanja vozila i pojavu dima u tunelu, te se preko video zida ovi signali procesuiraju na način da je omogućena reakcija operatera koji na osnovi događaja može zatvoriti traku ili cijeli tunel i alarmirati vatrogasnu postrojbu ili ophodare.

Za prikaz odvijanja prometa u tunelu predviđeno je 4 alarmna monitora i više kontrolnih monitora, te tri normalna prikaza kamera u tunelu koji se mogu uključivati ovisno o zahtjevima cjelokupnog sustava nadzora prometa u tunelu. U sklopu CNUP-a ugrađen je uređaj za dugotrajno snimanje (VCR) koji se sastoji od 8 video rekordera za svaku tunnelsku cijev, na kojim se stalno snimaju signali sa svih video kamera bez obzira da li se njihova slika trenutno prikazuje na monitoru ili ne. Naknadno pregledavanje ranije snimljenih događaja kao i vađenje snimki incidentnih situacija, vrši se spajanjem na odgovarajući video rekorder i za to predviđenim softverom.

Za video nadzor koriste se dvije vrste kamera: fiksne i pokretne ili zaokretne. Fiksne kamere u tunnelskim cijevima postavljen su tako da svaka kamera pokriva jednu dionicu, a da se može pratiti promet kroz cijelu dužinu tunela. Osjetljivost kamera ja takva da se i u slučaju smanjene vidljivosti osigura kvalitetna slika na monitoru. Po dvije pokretne kamere se koriste na ulazima na oba portala i daljinski su upravljive a okreću se oko vertikalne osi za 3600 i oko horizontalne osi za 1800. Iste takve pokretne kamere ugrađene su na okretnicama. pokretnim kamerama se upravlja iz CNUP-a tipkovnicom ili joy stikom.





Slika 13. Kontrolna soba video nadzora CNUP (vlastiti izvor)

## 5.6. Mjerenje vidljivosti i CO

U tunelu je predviđeno automatsko uključivanje rada ventilatora radi smanjenja vidljivosti odnosno povećanja zagađenosti sa CO plinskim polutantom. Kontrola CO mi smanjena vidljivost obavlja se na 13 mjesta u lijevoj i 11 mjesta u desnoj tunelskoj cijevi pomoću uređaja za mjerenje koncentracije CO i vidljivosti koji su smješteni na udaljenosti od oko 500 m. Mjerni podaci koje generiraju mjerni senzor, daljinski se prenose do središnjeg uređaja za obradu mjernih podataka, a odatle do centra upravljanja i nadzora. Na temelju tako dobivenih podataka obavlja se automatsko uključivanje pojedinih baterija ili grupe baterija aksijalnih ventilatora. Uključivanje se obavlja redno na temelju algoritma rada sadržanog u softveru koji upravlja radom ventilacije. Sustav ventilacije je projektiran i izveden da pri maksimalnom intenzitetu prometa može održavati dozvoljenu koncentraciju Co do 100ppm i vidljivost u iznosu  $7 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ . Radi sprečavanja alarmiranja smanjenje vidljivosti zbog pojave magle na portalima tunela izvršena je programska blokada prvog mjernog uređaja od portala na mjerenje smanjenja vidljivosti. Sva stanja ventilatora koja su bitna za njihov siguran rad prosljeđuju se

u centar upravljanja prometom CNUP Mala Kapela sustavu daljinskog upravljanja i nadzora. Mjerenje brzine i smjera strujanja zraka izvedeno je sa sedam mjernih uređaja u svakoj tunelskoj cijevi od kojih je svaki ugrađen u jednu požarnu zonu (od okretnice do okretnice) koja je istovjetna prometnoj zoni.



Slika 14. Senzori vidljivosti i CO (vlastiti izvor)

### **5.7. Raspored i smještaj opreme i sredstava za gašenje i dojavu požara**

Oprema za gašenje požara u tunelu su vatrogasni aparati tipa S-6 i S-9 smješteni u SOS nišama, po jedan od svakog tipa u svakoj niši, na svakom portalu po jedan od svakog tipa u malim nišama koje su postavljene 5-6 metara od portala, dva vatrogasna aparata tipa S-9 smješteni uz svaku transformatorsku stanicu odnosno prostoriju UPS te po dva aparata tipa S-9 u svakom hidrantskom ormaru. Pored navedenog u tuneli je ugrađena hidrantska mreža s hidrantskim ormarima opremljenim sa sredstvima za gašenje požara A, B i C odnosno gašenje požara s opremom za vodu i pjenu.



Pored opreme i sredstava za gašenje u tunelu je ugrađen sustav vatrodjave s odgovarajućim javljačima požara na svodu tunela i ručnim javljačima požara u svakoj SOS niši i na svakom portalu po jedan, te automatskih javljača požara u TS, UPS vi pješačkom prolazu u kojem je postavljena vatrodjavna centrala. Signal požara javlja se u centar za upravljanje i nadzor tunela.

## **5.8. Pružanje prve pomoći**

Prema položaju tunela intervencija medicinskog osoblja u slučaju nesreće u tunelu moguća je s a južne strane iz Brinja udaljenog oko 15 km, a sa sjeverne strane iz Josipdola ili Ogulina koji su udaljeni oko 165 odnosno 23 km od tunela mala kapela. Za vrijeme turističke sezone odnosno od 15. lipnja do 15. rujna jedna ekipa HMP je stacionirana u TJO Brinje.

## 6. EVAKUACIJA I SPAŠAVANJE

### 6.1. Brojnost osoba po građevini

Broj osoba koje se mogu zateći u tunelu Mala Kapela, u slučaju nezgode, ovisi isključivo o broju vozila koji se u najnepovoljnijem slučaju mogu zateći u tunelu, te broj osoba u svakom vozilu.

U ovom slučaju uzet će se da je prosječni broj osoba po jednom vozilu, ovisno o vrsti vozila, iznosi:

- osobno vozilo 3 osobe
- teretno vozilo 2 osobe
- auto cisterna 2 osobe
- autobus 45 osoba

Prema ovim pretpostavkama, koje su iznad realno očekivanih, broj osoba koje se mogu zateći u tunelu Mala Kapela u slučaju požara prikazan je u tablici:

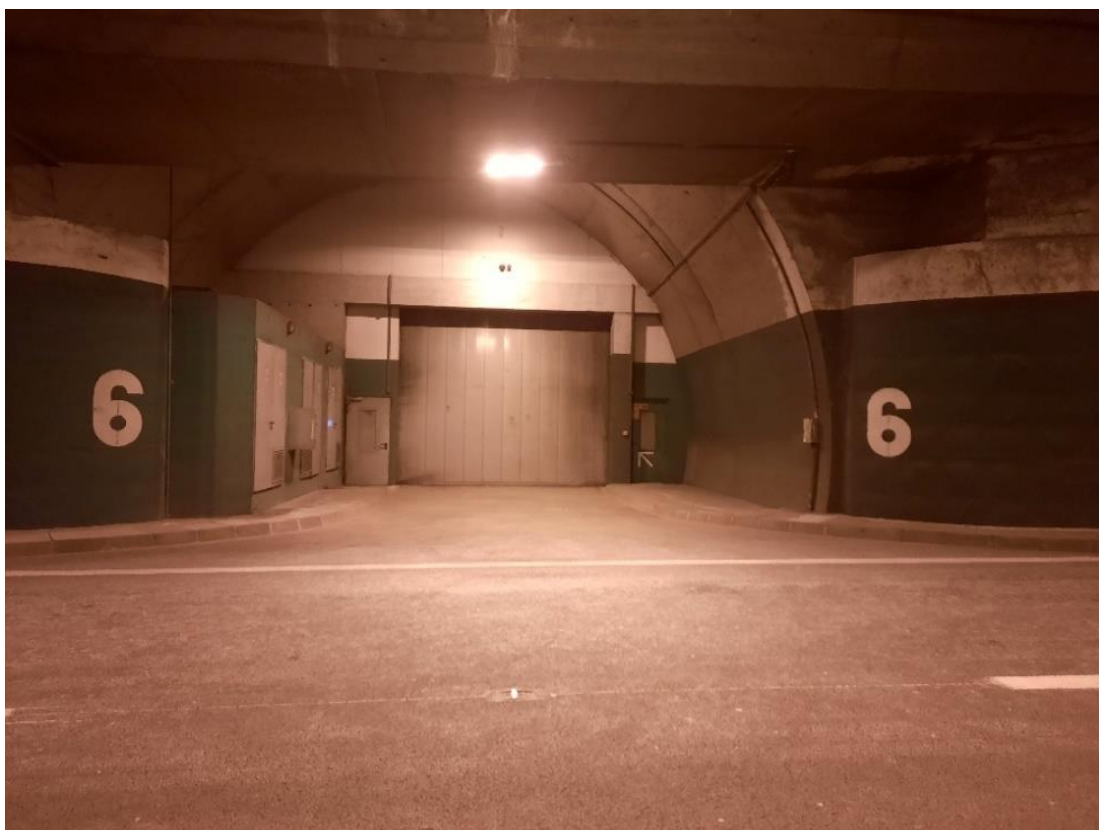
VRSTA VOZILA	BROJ OSOBA PO VOZILU	BROJ VOZILA I OSOBA U TUNELU	
		BROJ VOZILA	BROJ OSOBA
Osobno vozilo	3	190	570
Teretni kamion	2	18	36
Auto cisterna	2	7	14
Autobus	45	9	405
Mani kamion	2	47	94
ukupno		271	1119

Tablica 4. Brojnost osoba u tunelu Mala Kapela

## 6.2. Način evakuacije i spašavanja

Na kvalitetno obavljanje evakuacije osoba iz tunela utječu slijedeći čimbenici:

- vrijeme evakuacije može trajati od 5 do 10 minuta (prosječno 8 minuta), što ovisi o brzini strujanja zraka u tunelu koja je bila prije nastanka požara i koja se mora održavati u granicama 1,5 m/s za što treba postojati poseban režim rada ventilatora (požarni režim)
- izlazi za nuždu moraju biti posebno obilježeni tako da se omogući brzo prepoznavanje i uočavanje izlaza za spas
- udaljenost izlaza u nuždi odnosno udaljenost do portala za evakuaciju na slobodan prostor mora biti manja od 500 do 600 metara jer na udaljenosti od 600 metara i vremenu od 10 minuta započinje padanje dima prema kolniku i u tim uvjetima evakuacija nije moguća.
- stupanj toplinskog zračenja za vrijeme evakuacije mora biti ispod granice kod koje se osjeća bol na golj koži kod izlaganja od nekoliko minuta a koji grubo iznosi od 2,0 do 2,5 kW/m<sup>2</sup> a koja se javlja u punom razvoju požara
- brzina kretanja osoba koje se evakuiraju je do 1,5 m/s a može biti i smanjena zbog dima i topline na 1,0 m/s što zahtjeva brzu reakciju osoba zatečenih u tunelu i odmah nakon pojave požara napuštanje vozila, te odlazak prema sigurnosnim izlazima
- maksimalna temperatura zraka koju može izdržati nezaštićena osoba je 80<sup>0</sup> C u trajanju od 15 minuta
- najmanja vidljivost kod koje se još može obavljati evakuacija je 7,0 do 15.0 metara
- otpadanje betona ne smije spriječiti evakuaciju i intervenciju vatrogasca i može nastati kod površinske temperature betona od 150<sup>0</sup> C – 200<sup>0</sup> C
- dijelovi opreme i uređaja ne smiju se početi otapati dok je temperatura ispod 270<sup>0</sup> C što bi onemogućilo obavljanje vatrogasne intervencije, jer ta temperatura proizvodi stupanj toplinskog zračenja od oko 5,0 kW/m<sup>2</sup>, što je najveća tolerantna temperatura za vatrogasce
- dovoljan broj ventilatora i druge sigurnosne opreme treba izdržati povišenu temperaturu (oko 250<sup>0</sup> C u trajanju jednog sata) dovoljno dugo da se može kontrolirati dim za vrijeme evakuacije i intervencije vatrogasaca.



Slika 15. Vrata okretnice za vozila (vlastiti izvor)



Slika 16. Vrata pješačkog prolaza (vlastiti izvor)

Iz navedenih razloga potrebno je brzo djelovanje vatrogasaca koji su smješteni na sjevernom i južnom portalu tunela Mala Kapela.

Evakuacija zatečenih osoba u tunelu Mala Kapela je u granicama 6-8 minuta (4,2 -5 minuta) što zadovoljava zahtjeve da se evakuacija obavi prije nego što se dim počne spuštati i zatvarati donji dio tunela. Zatečene osobe moći će se evakuirati na siguran prostor (u drugu tunelsku cijev ili van tunela) u vremenu kako je navedeno u tablici 5:

NAZIV TUNELA	DUŽINA TUNELA	EVAKUACIJSKI PUTOVI	DUŽINA EVAKUACIJSKOG PUTA	VRIJEME EVAKUACIJE
Mal Kapela	5795 m	POS – PP1	280	4,67
		PP1 – PP2	270	4,51
		PP2 – OK 1	252	4,2
		OK1 – PP3	293	4,88
		PP3 – PP4	280	4,67
		PP4 – OK2	280	4,67
		OK2 – PP5	280	4,67
		PP5 – PP6	280	4,67
		PP6 – OK3	282	4,7
		OK3 – PP7	258	4,3
		PP7 – PP8	260	4,33
		PP8 – OK4	248	4,13
		OK4 – PP9	272	4,543
		PP9 – PP10	260	4,33
		PP10 – OK5	300	5,0
		OK5 – PP11	280	4,67
		PP11 – PP12	300	5,0
		PP12 – OK 6	280	4,67
OK6 – PP13	280	4,67		
PP13 – PP14	280	4,67		
PP14 - POJ	280	4,67		

Tablica 5. Dužina evakuacijskih puteva i vrijeme evakuacije (Izvor: Procjena ugroženosti od požara i tehnoloških eksplozija)

## **7. ZAKLJUČAK**

Izgradnjom autocesta u Hrvatskoj postigla se bolja prometna povezanost, brzi prijevoz roba i putnika ali povećan je i rizik od akcidenata i opasnosti. Tuneli su zasebni dio zaštite od požara i specifični segment vatrogastva Hrvatske autoceste, d.d. organizirale su zasebni vlastiti sustav vatrogasnih postrojba. Ovaj rad je prikaz organiziranosti rada na primjeru vatrogasne postrojbe Mala Kapela. Tunel je izgrađen 2005. godine i time je za uporabu moralo bilo i sustavi projektirano i ugrađeno suvremeni sustavi nadzora i kontrole stanja u tunelu. Također stupanj sigurnosti je na razini sigurnosti europskih tunelskih objekata izgrađenih u tom vremenu.

Bez obzira kolika je ta sigurnost i dalje treba ulagati u razvoj novih sustava za brzinu dojava incidentne situacije kako bi se u što kraćem roku moglo intervenirati u novonastalim situacijama i još povećala sigurnost putnika pogotovo u ljetnim mjesecima kada je gustoća prometa vrlo velika.

Intenzitet prometa putnika i roba koji se gore spominje iz godine u godinu se povećava kako brojčano tako i složenošću vozila (vrste tereta i pogon samih vozila). Treba kontinuirano pratiti trendove u tehnici i obrazovanju/edukaciji djelatnika. Povezivanje vatrogasnih postrojbi Hrvatskih autocesta je veliki napredak u sustavu kvalitete transfera znanja i iskustva. Također kvalitetna suradnja/ vježbe i simulacije sa susjednim jedinicama ostalih autocesta i lokalnim vatrogasnim službama i ostalim žurnim službama (sustava civilne zaštite) na pojedinim dionicama pridonosi sigurnosti putovanja i zaštite od požara na autocesti u ovom primjeru tunela Mala Kapela. Sustav sigurnosti ne čine samo uređaji kontrole već i djelatnici koji upravljaju time.

## 8. LITERATURA

- [1] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Tunel\\_Mala\\_Kapela](https://hr.wikipedia.org/wiki/Tunel_Mala_Kapela)
- [2] <https://www.huka.hr/mreža-autocesta>
- [3] <https://www.hac.hr/hr/promet-i-sigurnost>
- [4] <https://casopis-gradjevinar.hr/asseets/Uploads/JCE-59-2007-02-11.pdf>
- [5] Pravilnik o razvrstavanju građevina, građevinskih dijelova i prostora u kategorije ugroženosti od požara (NN 62/94)
- [6] Zakon o vatrogastvu (NN 125/19)
- [7] Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10, 114/22)
- [8] Procjena ugroženosti od požara i tehnoloških eksplozija za tunel Mala Kapela (I revizija)
- [9] Plan zaštite od požara i tehnoloških eksplozija za tunel Mala Kapela (I revizija)
- [10] Zakon o prijevozu opasnih tvari (NN 79/07)
- [11] Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele (NN 96/13)
- [12] Pravilnik o vatrogasnim aparatima (NN 110/11)
- [13] Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara (NN 08/06)
- [14] Pravilnik o sustavima za dojavu požara (NN 56/99)
- [15] Pravilni o zapaljivim tekućinama (NN 54/99)
- [16] Pravilni o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara (NN 29/13)



## 9. POPIS SLIKA

Slika 1. Mreža hrvatskih autocesta ( <a href="http://www.huka.hr/mreza-autocesta">http://www.huka.hr/mreza-autocesta</a> ).....	2
Slika 2. Malo kombinirano vatrogasno vozilo (vlastiti izvor).....	7
Slika 3. Veliko kombinirano tunelsko vozilo (vlastiti izvor) .....	8
Slika 4. Spremnik za sistem za dodavanja zraka motoru velikog tunelskog vozila (vlastiti izvor) .....	8
Slika 5. Vatrogasni motorkotač (vlastiti izvor).....	9
Slika 6. Primjer stratifikacije dima u tunelu Mala Kapela (vlastiti izvor) .....	15
Slika 7. Hidrantski ormar u lijevoj cijevi tunela Mala Kapela (vlastiti izvor) .....	17
Slika 8. šuplji rubnik za odvodnju tekućine s kolnika (vlastiti izvor).....	20
Slika 9. Vatrodojavna centrala smještena u pješačkom prolazu (vlastiti izvor) .....	22
Slika 10. SOS niša sa vatrogasnim aparatima i SOS telefonom (vlastiti izvor).....	25
Slika 11. Prometni znak na ulazu u tunel Mala Kapela (vlastiti izvor).....	26
Slika 12. Sustav ozvučenja u tunelu Mala Kapela (vlastiti izvor).....	28
Slika 13. Kontrolna soba video nadzora CNUP (vlastiti izvor).....	30
Slika 14. Senzori vidljivosti i CO (vlastiti izvor) .....	31
Slika 15. Vrata okretnice za vozila (vlastiti izvor) .....	35
Slika 16. Vrata pješačkog prolaza (vlastiti izvor).....	35

## 10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Vatrogasne postrojbe u blizini tunela Mala Kapela.....	10
Tablica 2. Oprema u hidrantskom ormaru desne tunelske cijevi.....	18
Tablica 3. Oprema u hidrantskom ormaru lijeve tunelske cijevi.....	19
Tablica 4. Brojnost osoba u tunelu Mala Kapela.....	33
Tablica 5. Dužina evakuacijskih puteva i vrijeme evakuacije (Izvor: Procjena ugroženosti od požara i tehnoloških eksplozija) .....	38