

Analiza prometne opreme i elemenata zaštite dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj

Čejvan, Marinela

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:606683>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marinela Čejvan

ANALIZA PROMETNE OPREME I ELEMENATA ZAŠTITE
DUGAČKIH TUNELA U REPUBLICI HRVATSKOJ

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 31. ožujka 2020.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Cestovne prometnice I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5719

Pristupnik: **Marinela Čejvan (0135248386)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza prometne opreme i elemenata zaštite dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj**

Opis zadatka:

U završnom radu treba navesti mjerodavnu regulativu i osnovne značajke dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj. Potrebno je dati pregled prometne opreme i elemenata zaštite dugačkih tunela na primjerima tunela u Republici Hrvatskoj s posebnim osvrtom na sigurnost prometa.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA PROMETNE OPREME I ELEMENATA ZAŠTITE
DUGAČKIH TUNELA U REPUBLICI HRVATSKOJ

ANALYSIS OF TRAFFIC EQUIPMENT AND PROTECTION
ELEMENTS OF LONG TUNNELS IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Mentor: izv.prof.dr.sc. Dubravka Hozjan

Student: Marinela Čejvan
JMBAG:0135248386

Zagreb, rujan 2020.

SAŽETAK:

U ovom radu prikazan je pregled prometne opreme i elemenata zaštite dugačkih tunela na primjerima tunela u Republici Hrvatskoj s posebnim osvrtom na sigurnost prometa te su dani statistički podaci prometnih nesreća u našim tunelima. Prometna oprema i elementi zaštite su vrlo bitan čimbenik sigurnosti na cestama jer se njihovim pravilnim postavljanjem smanjuje rizik od nastanka prometne nesreće te se njihovom analizom sa sigurnosnog aspekta omogućuje poboljšanje stanja prometnice u cilju povećanja sigurnosti prometa. Također su kroz poglavlja dani opći podaci dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj te pregled mjerodavne regulative kojoj tuneli, njihova prometna oprema i elementi zaštite moraju udovoljavati. Analizirana je problematika prijevoza opasnih tvari te je dan pregled zakonskih i drugih obaveza kao i slikovni prikaz potrebnih dokumenata koji vrijede za prijevoz opasnih tvari tunelima.

KLJUČNE RIJEČI:

prometna oprema, elementi zaštite, sigurnost prometa, tunel

SUMMARY:

This paper presents an overview of traffic equipment and elements of protection of long tunnels on the examples of tunnels in the Republic of Croatia with special reference to traffic safety and provides statistical data on traffic accidents in our tunnels. Traffic equipment and protection elements are a very important factor of road safety because their proper installation reduces the risk of traffic accidents and their analysis from the safety aspect allows to improve the condition of the road in order to increase traffic safety. The chapters also provide general data on long tunnels in the Republic of Croatia and an overview of the relevant regulations that tunnels, their traffic equipment and protection elements must meet. The issue of transport of dangerous goods was analyzed and an overview of legal and other obligations was given, as well as a pictorial presentation of the necessary documents valid for the transport of dangerous goods through tunnels.

KEY WORDS:

traffic equipment, protection elements, traffic safety, tunnel

SADRŽAJ

1	UVOD	1
2	ZNAČAJKE TUNELA U REPUBLICI HRVATSKOJ	3
3	PREGLED MJERODAVNE REGULATIVE.....	9
3.1	Zakon o cestama.....	9
3.2	Zakon o sigurnosti prometa na cestama.....	10
3.3	Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele.....	10
3.4	Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama	11
3.5	Opći tehnički uvjeti - Hrvatske ceste.....	11
3.6	Direktiva 2004/54/EC Europskog parlamenta i vijeća	12
4	PROBLEMATIKA PRIJEVOZA OPASNIH TVARI U TUNELIMA.....	13
4.1	Zakon o prijevozu opasnih tvari.....	13
4.2	Pravilnik o uvjetima i načinu prijevoza opasnih tvari dugim tunelima na autocesti A1 Zagreb-Split-Dubrovnik.....	15
4.3	Međunarodni sporazum o prijevozu opasnih tvari – ADR	18
4.3.1	Kategorizacija tunela.....	18
4.3.2	Odredbe za cestovne znakove i notifikacija ograničenja	19
5	PROMETNA OPREMA DUGAČKIH TUNELA U REPUBLICI HRVATSKOJ	22
5.1	Pregledni prikaz prometne opreme u tunelu Mala Kapela i Sv. Rok	31
5.2	Pregledni prikaz prometne opreme u tunelu Učka	39
6	ELEMENTI ZAŠTITE DUGAČKIH TUNELA U REPUBLICI HRVATSKOJ.....	42
6.1	Pregledni prikaz elemenata zaštite tunela Mala Kapela	47
6.2	Pregledni prikaz elemenata zaštite tunela Sv. Rok.....	48
6.3	Pregledni prikaz elemenata zaštite tunela Učka	49
7	ZAKLJUČAK.....	51
	LITERATURA.....	52
	POPIS SLIKA.....	54

POPIS TABLICA.....	56
POPIS GRAFIKONA.....	56

1 UVOD

U posljednjih nekoliko desetljeća porastom broja registriranih vozila odnosno stupnja motorizacije te prateći razvitak tehnologije došlo je do naglog razvoja prometa, a posebice cestovnog koji jedini omogućava prijevoz „od vrata do vrata“. Današnja potreba za što bržim, udobnijim i sigurnijim načinom kretanja sudionika u prometu zadala je prometnim stručnjacima ozbiljan zadatak.

Prometna oprema i elementi zaštite prometnim stručnjacima uvelike pomažu u rješavanju problema sigurnosti cestovnog prometa te njenom povećanju. Pravilnom izvedbom se postiže osjećaj sigurnosti i udobnosti vožnje sudionika u prometu kao i pravovremeno obavještavanje o uvjetima odvijanja prometa na određenoj prometnici. Kako se autocestama i objektima koji se nalaze na autocestama vozi velikim brzinama i pri velikoj gustoći prometa, nužno je postavljanje odgovarajuće prometne opreme i zaštite da bi se smanjio broj prometnih nesreća i težine njihovih posljedica te samim time poboljšao osjećaj sigurnosti vozača.

Tema završnog glasi „Analiza prometne opreme i elemenata zaštite dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj“. Navedena je mjerodavna regulativa i značajke dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj te je dan pregledni prikaz prometne opreme i elemenata zaštite najpoznatijih te najduljih tunela u Republici Hrvatskoj s osvrtom na sigurnost prometa.

Struktura tematike završnog rada podijeljena je u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Značajke tunela u Republici Hrvatskoj
3. Pregled mjerodavne regulative
4. Problematika prijevoza opasnih tvari u tunelima
5. Prometna oprema dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj
6. Elementi zaštite dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj
7. Zaključak

U prvom poglavlju, Uvodu, daje se pregled obrađene tematike te poglavlja koja su u nastavku završnog rada opisana te potkrijepljena slikovnim i tabličnim prikazima te grafikonima.

U drugom poglavlju, Značajke tunela u Republici Hrvatskoj, predstavljene su opće informacije o najduljim tunelima u Republici Hrvatskoj kao što su duljina, broj cijevi, vrijeme puštanja u promet i dr.

U trećem poglavlju, Pregled mjerodavne regulative, navedeni su svi potrebni zakoni i pravilnici koje tuneli, njihova prometna oprema i elementi zaštite moraju zadovoljavati.

U četvrtom poglavlju opisana je problematika prijevoza opasnih tvari u tunelima te su dani slikovni prikazi dokumenta koje je potrebno posjedovati prilikom takvih radnji, a koji su uređeni Zakonom o prijevozu opasnih tvari.

Općeniti prikaz prometne opreme dugačkih tunela te pregledni prikaz najpoznatijih dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj dani su u petom poglavlju.

Prikaz elemenata zaštite koji su usko vezani za tunele kao i statistika prometnih nesreća u tunelima u Republici Hrvatskoj te pregledni prikaz tri najpoznatija tunela u Republici Hrvatskoj dani su u šestom poglavlju.

U zaključku kao sedmom poglavlju, na temelju analize prometne opreme elemenata zaštite dugačkih tunela u Republici Hrvatskoj daje se osvrt na poboljšanje sigurnosti prometa.

2 ZNAČAJKE TUNELA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Tuneli su podzemne građevine u terenu odnosno ispod brdskog masiva ili vode, a služe provođenju prometnica, vodovoda itd. te skraćivanju trase ili duljine putovanja svladavanjem prirodnih prepreka. Prema namjeni razlikuju su prometni, hidrotehnički, gradski, komunalni i za posebne namjene. Tunel prema površini poprečnog presjeka može biti potkop (5-20 m²), malog (20-30 m²), srednjeg (30-60 m²) ili velikog profila (više od 60 m²) te prema položaju u terenu brdski, podvodni (uronjeni) i podzemni tunel.[1]

U Hrvatskoj su prvi tuneli služili za vodoopskrbu u Novalji i dovod vode u Dioklecijanovu palaču u Splitu, a najduži je imao gotovo 1000 m. Tuneli izgrađeni na željezničkoj pruzi Karlovac–Rijeka, tunel Kupjak (1223 m), tunel Brajdica (1838 m) u Rijeci i tunel Sinac (2274 m) na pruzi Ogulin–Gospić su prvi suvremeni tuneli u Hrvatskoj. U poslijeratno vrijeme izgradnje hrvatskih hidroelektrana izgrađeni su i značajni hidrotehnički tuneli velikih duljina, čak i do 10 km (npr. tuneli HE Senj i HE Orlovac). Najzanimljiviji je tunel Pitve (1400 m) na otoku Hvaru, prvotno izgrađen za potrebe vodoopskrbe, no nije se koristio za tu namjenu, već je zbog prometne izoliranosti južnog dijela otoka, iako neadekvatne širine, prenamijenjen u cestovni tunel koji danas svojom duljinom spada među najdulje tunele u Republici Hrvatskoj. Dovođenjem izgradnje tunela Učka (5062 m) 1981. godine, koji prolazi kroz planinsko gorje Učka na autocesti A8, označava se početak razdoblja intenzivne izgradnje cestovnih tunela najsuvremenijom opremom. Tunel Učka je danas treći po duljini najduljih tunela u Hrvatskoj, dok je najnoviji hrvatski cestovni tunel Sv. Ilija kroz Biokovo (4249 m) probijen 2010. godine.[1]

Podjela cestovnih tunela po duljini:

- kratki tuneli ($L \leq 500$ m)
- srednji tuneli ($500 \text{ m} \leq L \leq 2000$ m)
- dugi tuneli ($L \geq 2000$ m).

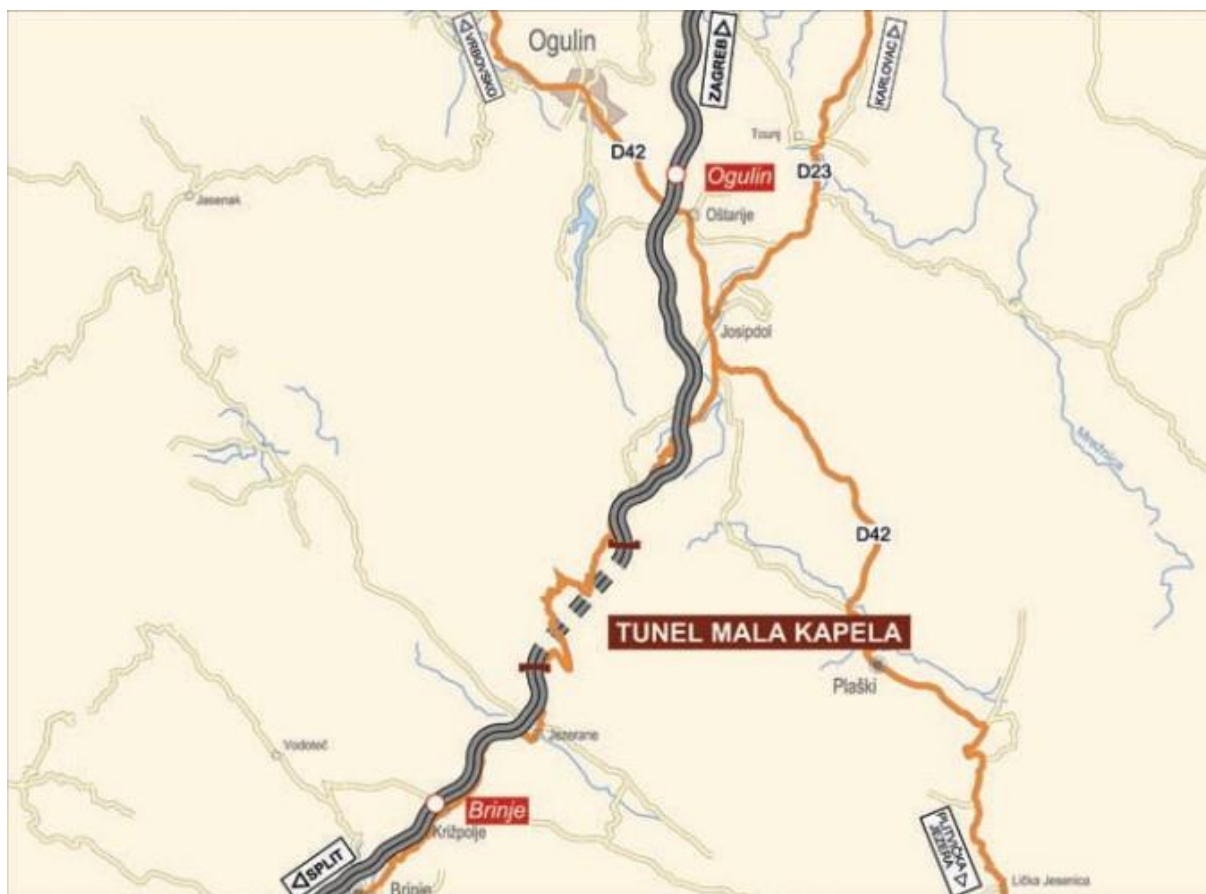
U tablici 1. navedeni su najdulji cestovni tuneli u Republici Hrvatskoj s podacima o duljini i pripadajućim godinama otvaranja kao i brojem cijevi. Prikazom tablice 1. uočavamo kako titulu najduljeg tunela u Republici Hrvatskoj nosi dvocijevni tunel Mala Kapela, a njega slijede tunel Sv. Rok, Učka, Plasina i dr.

Tablica 1. Najdulji cestovni tuneli u Republici Hrvatskoj

Tunel	Duljina (m)	Godina otvaranja	Broj cijevi
Mala Kapela	5801	2005.	dvije
Sveti Rok	5727	2003.	dvije
Učka	5062	1981.	jedna
Plasina	2300	2004.	dvije
Tuhobić	2141	1997.	dvije
Sveta tri kralja	1741	2007.	jedna
Brinje	1560	2004.	dvije
Selca-Dubovica	1516	2000.	jedna
Javorova kosa	1460	2003.	dvije
Pitve	1400	1966.	jedna

Izvor: [1]

Tunel Mala Kapela (slika 1.) je dvocijevni jednosmjerni tunel i jedan od najznačajnijih objekata na autocesti Zagreb-Split-Dubrovnik, koja je također od velikog značaja za Hrvatsku, te je sa svojih 5800 m dužine najduži tunel u Republici Hrvatskoj. Autocesta Zagreb – Split dio je međunarodnog cestovnog pravca E-59 (Phyrnski pravac) koji jugoistočne dijelove i Sredozemlje povezuje sa sjevernom i središnjom Europom, a tunel Mala Kapela nalazi se na dionici broj III (Bosiljevo-Sv.Rok) zapravo poddionici s oznakom III-A2 Josipdol-Mala Kapela, što je vidljivo na slici 1. Svaka cijev ima po dva prometna traka. Sjeverni ulaz (portal) u zapadnu cijev tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 562 metara nadmorske visine, a južni ulaz (portal) na nadmorskoj visini od 575 metara nadmorske visine. Zapadna tunelska cijev duljine je 5821,77 m, a istočna 5780 m. Međusobno su osno razmaknute 25 m i spojene sa 6 prolaza za vozila i 14 prolaza za pješake. Zapadna cijev tunela Mala Kapela puštena je u promet 15. lipnja 2005. godine, kojom se odvijao promet u oba smjera s privremenom regulacijom prometa, a 30. svibnja 2009. godine istočna koja je služila kao servisni tunel za sigurnosne intervencije ili evakuaciju putnika u izvanrednim situacijama.[2]



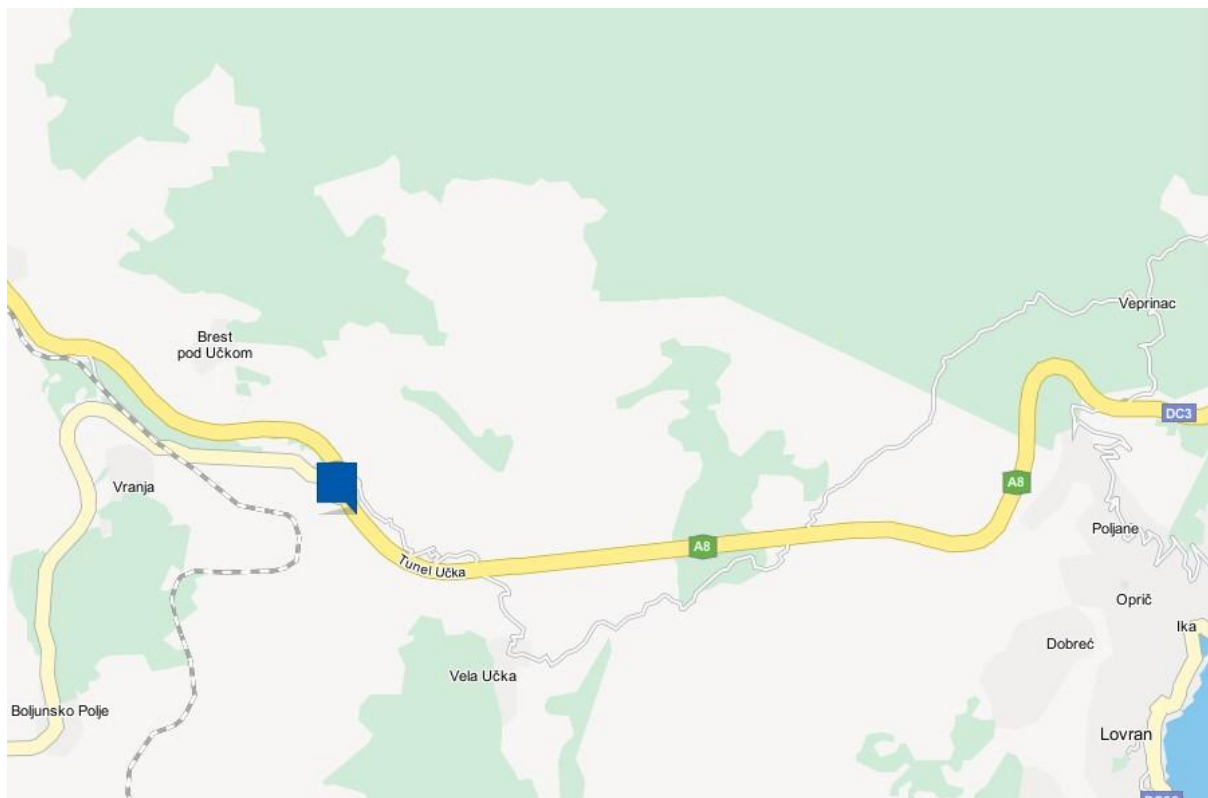
Slika 1. Tunel Mala Kapela, [2]

Tunel Sveti Rok (slika 2.) je dvocijevni tunel također na autocesti Zagreb-Split-Dubrovnik na dionici tunel Sveti Rok–Maslenica prikazanoj na slici 2. koja također ima veliku ulogu u povezivanju Sredozemlja sa sjevernom i središnjom Europom. Zapadna tunelska cijev dugačka je 5768,5 m, a istočna 5687 m. Sjeverni ulaz (portal) u zapadna cijev tunela Sv. Rok nalazi se na nadmorskoj visini od 561 metara nadmorske visine, a južni ulaz (portal) na nadmorskoj visini od 510 metara nadmorske visine. Zapadna cijev tunela otvorena je 2003. godine, dok je istočna otvorena 30. svibnja 2009. godine. Značenje tunela Sv. Rok je i u prirodnom fenomenu koji je otkriven prilikom izgradnje. Naime, najduži speleološki objekt je otkriven baš u tunelu Sv. Rok gdje je speleogeološki istraženo i geodetski snimljeno 1137 m kanala, s visinskom razlikom od 147 m, od kojih većina ima hidrogeološku funkciju povremenih ili stalnih izvora.[2]



Slika 2. Tunel Sveti Rok, [2]

Tunel Učka (slika 3.) je jednocijevni tunel s dvosmjernim prometom koji je se nalazi na autocesti Kanfanar-Matulji koja je dio Istarskog ipsilona, odnosno slikom 3. prikazane autoceste A8. Pune 22 godine bio je najdulji tunel u Hrvatskoj s 5062 m, sve dok ga 2003. godine nije "pretekao" Sv. Rok, a potom i Mala Kapela. Tunel Učka izveden je u pravcu, a ulazni i izlazni dijelovi su u krivini radijusa 1400 m odnosno 1000 m. Visinski položaj oba portala je na koti 495 metara nadmorske visine, a niveleta je u obostranom nagibu 0,4 % prema sredini tunela gdje doseže 505 metara nadmorske visine. Tunel Učka svečano je pušten u promet 27.9.1981.[3]



Slika 3. Tunel Učka, [4]

Tunel Plasina je dvocijevni tunel koji se nalazi na 151. kilometru autoceste Zagreb-Split-Dubrovnik na nadmorskoj visini od 540 m. Svaka tunelska cijev ima po dva prometna traka. Cijevi povezuje pet poprečnih, četiri pješačka i jedan prijelaz za vozila.

Opremljen je najboljom tunelskom opremom. 2005. godine prema ispitivanju europske organizacije EuroTAP osvojio je drugo mjesto u Europi za kvalitetu i sigurnost.[5]

Tunel Tuhobić izgrađen 1996. godine nalazi se na autocesti Bosiljevo-Orehovica između čvorova Vrata i Oštrovica i jedna je od najznačajnijih građevina na toj autocesti. Budući da je dug 2141 m tunel Tuhobić najduži je tunel na relaciji Bosiljevo-Orehovica. Nalazi se na 700 m nadmorske visine i time povezuje Gorski kotar i Hrvatsko primorje.

Tunel Sveta tri kralja je jednocijevni tunel na autocesti Zagreb-Macelj duljine 1741 m. Sastoji se od jedne prometne cijevi tunela, koja služi u svrhu osiguranja dvosmjernog prometa, i jedne servisne cijevi koja služi pristupu vozila i korisnicima evakuacije u slučaju nesreće te također osigurava pristup vozilima za održavanje tijekom aktivnosti održavanja.

Tunel Brinje je dvocijevni tunel koji se nalazi na dionici tunel Mala Kapela-Žuta Lokva, autoceste Zagreb-Split-Dubrovnik. Duljina zapadne tunelske cijevi je 1542 m, a istočne 1540 m. Sjeverni portal tunela nalazi se na nadmorskoj visini od 496 m, a južni na nadmorskoj visini od 495 m. Za promet je otvoren 2004. godine, a u funkciji su obje tunelske cijevi.

Tunel Selca – Dubovica duljine 1516 m nalazi se na otoku Hvaru. Glavni portal tunela probijen je 1986. godine, a pušten je u promet 1999. godine. Tako je prometnicom od Starog Grada do Hvara, dugačkom 22 km, skraćeni put za 4 km te je osigurana sigurnija i brža povezanost na otoku.

Tunel Javorova kosa je jedna od najznačajnijih građevina na autocesti Bosiljevo-Orehovica između čvorova Vrbovsko i Ravna Gora. Duga je 1460 m, a sastoji se od dvije tunelske cijevi.

Tunel Pitve je tunel na otoku Hvaru, duljine 1400 m, koji povezuje mjesto Pitve u središtu otoka sa Zavalom na južnoj strani otoka. Tunel je širok 2.5 m, dovoljno tek za jednosmjerni promet pa se smjer prometovanja regulira semaforima na ulazima u tunel.

3 PREGLED MJERODAVNE REGULATIVE

Mjerodavna zakonska regulativa i dinamika vožnje koja vrijedi za tunele se svakako razlikuje od zakonske regulative koja je mjerodavna za otvorenu prometnicu. Primjerice u tunelima je zabranjeno okretanje ili polukružno okretanje, vožnja unatrag te je obavezna upotreba kratkih svjetala i uz sve to postoji problem adaptacije oka na promjenu razine osvjetljenja na ulasku i izlasku iz tunela, shodno tome vozači su dužni strogo se pridržavati propisanih pravila i ograničenja.

Pravila sigurnosti prometa u tunelima i sustava upravljanja prometom u tunelima u Republici Hrvatskoj definirana su ponajprije Zakonom o cestama, Zakonom o sigurnosti prometa na cestama te Pravilnikom o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele. Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama te Općim tehničkim uvjetima Hrvatskih cesta definirana je i oprema tunela, a s obzirom da je Republika Hrvatska od srpnja 2013. godine članica Europske unije važno je istaknuti Direktivu 2004/54/EC Europskog parlamenta i vijeća.

3.1 Zakon o cestama

Trenutno važeći Zakon o cestama (NN broj 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14 i 110/19) na snazi je od 5. kolovoza 2014. godine. Ovim zakonom se uređuje pravni status javnih i nerazvrstanih cesta, način korištenja javnih i nerazvrstanih cesta, razvrstavanje javnih cesta, planiranje građenja i održavanja javnih cesta, upravljanje javnim cestama, mjere za zaštitu javnih i nerazvrstanih cesta i prometa na njima, koncesije, financiranje i nadzor javnih cesta, a u članku 4. ovog zakona stoji kako „javnu cestu čine cestovna građevina (donji stroj, kolnička konstrukcija, most, vijadukt, podvožnjak, nadvožnjak, propust, tunel, galerija, potporni i oblatni zid, nasip, pothodnik i nathodnik“ te „prometni znakovi i uređaji za nadzor i sigurno vođenje prometa i oprema ceste (prometni znakovi, svjetlosni uređaji, telekomunikacijski stabilni uređaji, instalacije i rasvjeta u funkciji prometa, cestovne značke, brojila prometa, instalacije, uređaji i oprema u tunelima, oprema parkirališta, odmorišta i slično)“.[6]

Također su principijelno, u člancima 62.-67., definirani minimalni sigurnosni zahtjevi za tunele koji se primjenjuju na tunele dulje od 500 m na onim javnim cestama koje su dio transeuropske mreže cesta kao i obaveze Upravnog tijela za sigurnost tunela, Upravitelja tunela, Službenika za sigurnost u tunelu i Nadležne inspeksijske službe.[6]

3.2 Zakon o sigurnosti prometa na cestama

Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 79/19 i 42/20) na snazi je od 8. travnja 2020. godine. Ovim Zakonom se utvrđuju temeljna načela međusobnih odnosa, ponašanje sudionika i drugih subjekata u prometu na cesti, osnovni uvjeti kojima moraju udovoljavati ceste glede sigurnosti prometa, pravila prometa na cestama, sustav prometnih znakova i znakova koje daju ovlaštene osobe, dužnosti u slučaju prometne nesreće, osposobljavanje kandidata za vozače, polaganje vozačkog ispita i uvjeti za stjecanje prava na upravljanje vozilima, vuča vozila, uređaji i oprema koje moraju imati vozila, dimenzije, ukupna masa i osovinsko opterećenje vozila te uvjeti kojima moraju udovoljavati vozila u prometu na cestama. Uz to, u članku 146. i 147. zakonski je reguliran promet u tunelu, odnosno navedeno je kako se vozač koji se vozilom kreće kroz tunel ne smije zaustavljati niti parkirati vozilo u tunelu niti smije polukružno okretati vozilo ili se vozilom kretati unatrag, te da je dužan za vrijeme kretanja kroz tunel držati na vozilu upaljena kratka svjetla.[7]

3.3 Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele

Ovaj Pravilnik sadrži odredbe koje su u skladu s Direktivom 2004/54/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 29. travnja 2004. o najnižim sigurnosnim zahtjevima za tunele u transeuropskoj cestovnoj mreži. Ovim Pravilnikom se za tunele na TEM cestama, čija duljina prelazi 500 m, a koji su u fazi projektiranja, građenja ili korištenja, propisuju minimalni sigurnosni zahtjevi i postupci, uvjeti kada se mora provesti analiza rizika i metodologija po kojoj se ista provodi, dokumentacija o sigurnosti, povjeravanje rada, tehnički zahvati i druge preinake i redovite vježbe te primjena novih tehnologija.[8]

Pravilnikom o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele regulirana je brzina vožnje u tunelu, pa je tako najveća dopuštena brzina vožnje u tunelu s jednosmjernim prometom 100 km/h i 80 km/h u tunelu s dvosmjernim prometom, a najveća dopuštena brzina vožnje ispred i iza tunela ne smije biti manja od najveće dopuštene brzine vožnje u tunelu.[8]

Minimalni sigurnosni građevinski zahtjevi uređuju broj tunelskih cijevi, broj prometnih traka, geometriju tunela, putove i izlaze za slučaj nužde, pristup za hitne službe, zaustavne površine, odvodnju i otpornost tunela na požar.[8]

Minimalni sigurnosni zahtjevi za prometnu signalizaciju i opremu odnose se na rasvjetu, provjetravanje (ventilaciju), stanice za hitne slučajeve, vodoopskrbu, cestovnu prometnu

signalizaciju i opremu, kontrolni centar, sustav praćenja, opremu za zatvaranje tunela, komunikacijske sustave, opskrbu električnom energijom i strujni krug, otpornost opreme na požar, korištenje tunela, prijevoz opasnih tvari, prometne znakove, signalizaciju i opremu za tunele, horizontalnu signalizaciju, promjenjive prometne znakove itd.[8]

3.4 Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama

Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama propisuje se namjena, vrsta, značenje, oblik, boja, dimenzije, karakteristike i postavljanje prometnih znakova, signalizacije i opreme na cestama, koje se koriste za cestovni promet. Prometne znakove, signalizaciju i opremu na cestama čine između ostalog i promjenjivi prometni znakovi koji su izrazito bitni prilikom izvanrednih situacija u tunelima, gdje Pravilnik u članku 39. navodi da se „prometni znakovi u cijelosti ili djelomice mogu izvesti kao promjenjivi prometni znakovi.“ Promjenjivi prometni znakovi mogu prema izvedbi biti kontinuirani i nekontinuirani. Znakovi koji prikazuju različite prometne znakove, dopunske ploče, obavijesti, poruke i simbole, a izgledom su jednaki stalnim prometnim znakovima i signalizaciji su kontinuirani promjenjivi prometni znakovi. Nekontinuirani promjenjivi prometni znakovi su svjetlosni promjenjivi znakovi koji oblikuju znakove, simbole, dopunske ploče i ostale tekstualne poruke uporabom svjetlećih elemenata.[9]

3.5 Opći tehnički uvjeti - Hrvatske ceste

U 8. poglavlju, odnosno 5. knjizi, Općih tehničkih uvjeta Hrvatskih cesta propisuju se minimalni zahtjevi kakvoće za materijale, proizvode i radove koji se koriste kod izvođenja radova na cestovnim tunelima. „Materijali, proizvodi, oprema i radovi moraju biti izrađeni u skladu s normama i tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji“ navode opće odredbe knjige 5, kao i knjige 6 Općih tehničkih uvjeta.[10]

Knjiga 6 uređuje sustave u tunelima i propisuje minimalne zahtjeve kakvoće za materijale, proizvode i radove koji se koriste kod izrade opreme ceste, gdje se svrstavaju i promjenjivi prometni znakovi koji uvelike doprinose poboljšanju stupnja sigurnosti prometa. 9-01.4 poglavlje knjige 6 konstatira da se „uporabom odgovarajućih, za pojedinu prometnu odnosno vremensku situaciju, primjerenih upozorenja, naredbi i zabrana, te obavijesti preusmjeravanjem prometa, treba povećati sigurnost prometa i poboljšati odvijanje prometa.“[10]

3.6 Direktiva 2004/54/EC Europskog parlamenta i vijeća

Kako su neki tuneli u Europi, koji su pušteni u promet prije mnogo vremena, projektirani u vrijeme kada su tehničke mogućnosti i prometni uvjeti bili vrlo različiti od onih kakve imamo danas, ministri prometa Austrije, Francuske, Njemačke, Italije i Švicarske sastali su se 30. studenog 2001. u Zürichu i usvojili Zajedničku izjavu kojom preporučaju usklađenje nacionalnih zakona i propisa o najnovijim usklađenim uvjetima za poboljšanje sigurnosti u dugim tunelima. Dugi tuneli, duljine više od 500 m, važni su objekti koji omogućavaju komunikaciju između velikih područja u Europi i igraju presudnu ulogu u funkcioniranju i razvoju regionalnih gospodarstava te je vrlo bitno postizanje jednolike, konstantne i visoke razine zaštite za sve građane Europe u cestovnim tunelima.

Na temelju poduzetih ranijih akcija Europska unija 29. travnja 2004. godine donosi Direktivu o minimalnim uvjetima sigurnosti za tunele u trans-europskoj mreži kako bi osigurala minimalnu razinu sigurnosti za korisnike cesta u tunelima u trans-europskoj cestovnoj mreži prevencijom kritičnih događaja koji bi mogli ugroziti ljudski život, okoliš i instalacije u tunelu, kao i osiguravanje zaštite u slučaju nesreća. Direktiva se odnosi na sve tunele u trans-europskoj cestovnoj mreži čija je duljina veća od 500 metara, bez obzira da li su u pogonu, u izgradnji ili u fazi projektiranja.[11]

4 PROBLEMATIKA PRIJEVOZA OPASNIH TVARI U TUNELIMA

Problematika prijevoza opasnih tvari u tunelima uređena je Zakonom o prijevozu opasnih tvari (NN 79/07), Pravilnikom o uvjetima i načinu prijevoza opasnih tvari dugim tunelima na autocesti A1 Zagreb-Split-Dubrovnik te Međunarodnim sporazumom o prijevozu opasnih tvari-ADR (European agreement governing the international carriage of dangerous goods by road).

4.1 Zakon o prijevozu opasnih tvari

Zakonom o prijevozu opasnih tvari (NN 79/07), donesenim 30. srpnja 2007., propisuju se uvjeti za prijevoz opasnih tvari u pojedinim granama prometa, obaveze osoba koje sudjeluju u prijevozu, uvjeti za ambalažu i vozila, uvjeti za imenovanje sigurnosnih savjetnika te prava i dužnosti, nadležnost i uvjeti za provođenje osposobljavanja osoba koje sudjeluju u prijevozu, nadležnost državnih tijela u vezi s tim prijevozom te nadzor nad provođenjem zakona. Svrha ovog Zakona je siguran prijevoz opasnih tvari.

Za prijevoz eksplozivnih, radioaktivnih tvari i nuklearnog materijala potrebno je odobrenje. Zavisno o vrsti opasne tvari odobrenje za prijevoz izdaje za to nadležna služba, pa tako za prijevoz eksplozivne tvari u unutarnjem prometu odobrenje izdaje policijska uprava odredišnog područja, a u međunarodnom ministarstvo nadležno za unutarnje poslove, za prijevoz radioaktivnih tvari Državni zavod za zaštitu od zračenja, te za prijevoz nuklearnog materijala također Državni zavod za zaštitu od zračenja uz suglasnost Državnog zavoda za nuklearnu sigurnost. Podnositelj zahtjeva za odobrenje dužan je o točnom vremenu početka i predviđenom vremenu završetka prijevoza najmanje 24 sata prije početka prijevoza obavijestiti policijsku upravu nadležnu za područje s kojeg prijevoz započinje.[12]

CERTIFIKAT O ISPRAVNOSTI VOZILA ZA PRIJEVOZ ODREĐENIH OPASNIH TVARI U ORUŽANIM SNAGAMA REPUBLIKE HRVATSKE			
Ovaj certifikat potvrđuje da opisano vozilo udovoljava uvjetima propisanim Pravilnikom u Oružanim snagama Republike Hrvatske.			
1. Certifikat br.:	2. Proizvođač vozila:	3. Identifikacijski br. vozila:	4. Registarska oznaka (ako postoji):
5. Vlasnik vozila:			
6. Vrsta vozila: ¹			
7. Vrsta vozila prema članku 28. Pravilnika o prijevozu opasnih tvari u OS RH: ²			
EX/III		FL	OX AT
8. Uređaj za dugotrajno usporavanje: ³			
Nije primjenjivo			
Djelotvornost je dostatna za ukupnu masu transportne jedinice do ----- t ⁴			
9. Opis vozila cisterne/baterijskog vozila (ako je moguće):			
9.1 Proizvođač spremnika:			
9.2 Broj odobrenja za vozilo cisternu ili baterijsko vozilo:			
9.3 Serijski broj spremnika / Identifikacija elemenata baterijskog vozila:			
9.4 Godina proizvodnje:			
9.5 Kod spremnika prema 4.3.3.1 ili 4.3.4.1 ADR-a:			
9.6 Posebne odredbe prema 6.8.4 ADR-a (ako se primjenjuju):			
10. Opasni tereti odobreni za prijevoz:			
Vozilo udovoljava zahtjevima prijevoza opasnih tereta u skladu s oznakom vrste iz rubrike br. 7.			
10.1 Za slučaj EX/III vozila ¹		tereti klase 1 uključujući kompatibilnu skupinu J	
		tereti klase 1 isključujući kompatibilnu skupinu J	
10.2 Za slučaj vozila cisterne ili baterijskog vozila ³			
smiju se prevoziti samo one tvari koje su dopuštene kodom spremnika i nekom od posebnih odredbi iz rubrike br. 9 ⁵ ili			
smiju se prevoziti samo sljedeće tvari (klasa, UN broj i ako je nužno i pakirna skupina i prikladan transportni naziv):			
Smiju se prevoziti samo one tvari koje nisu sklone opasnim reakcijama u dodiru s materijalima spremnika, brtvi, opreme kao i eventualne zaštitne obloge.			
11. Primjedbe:			
12. Vrijedi do:		Pečat	
Mjesto, datum, potpis			

¹ Prema definiciji za teretna motorna vozila i za priključna vozila kategorije N i O kao što je opisano Dopunom 7 Konsolidirane rezolucije o vozilima (R.E.3) ili EEC smjernicom 97/27

² Precrtati na što se ne odnosi

³ Obilježiti na što se odnosi

⁴ Upisati prikladnu vrijednost. Vrijednost od 44 t neće ograničiti »registarsku/uporabnu najveću dopuštenu masu« naznačenu u registarskoj dokumentaciji.

⁵ Tvari određene kodom spremnika navedenog u rubrici br. 9 ili slijednim kodovima spremnika prema nizu iz 4.3.3.1.2 ili 4.3.4.1.2 procjenjuju se prema posebnim odredbama ukoliko je to moguće.

Slika 4. Certifikat o ispravnosti vozila za prijevoz određenih opasnih tvari, [13]

Vozilo za prijevoz opasnih tvari mora biti proizvedeno, opremljeno i označeno sukladno odredbama ugovora iz članka 3. ovog Zakona, treba imati važeću Potvrdu o udovoljavanju vozila za prijevoz određenih opasnih tvari, koji je prikazan na slici 4., ako je to određeno odredbama ugovora iz članka 3. ovog Zakona.[12]

U slučaju nezgode ili nesreće sudionici u prijevozu opasnih tvari dužni su odmah obavijestiti Državnu upravu za zaštitu i spašavanje te dati sve potrebne podatke nužne za poduzimanje odgovarajućih mjera., a u slučaju nastanka nezgode ili nesreće za koju postoji obaveza prijavljivanja, prijevoznik odnosno organizator prijevoza mora ministarstvu nadležnom za promet dostaviti propisano izvješće. [12]

4.2 Pravilnik o uvjetima i načinu prijevoza opasnih tvari dugim tunelima na autocesti A1 Zagreb-Split-Dubrovnik

Pravilnikom o uvjetima i načinu prijevoza opasnih tvari dugim tunelima na autocesti A1 su pobliže razrađene pojedine odredbe Zakona o zaštiti od požara (NN 58/39), izmjene i dopune (NN 33/05), izmjene (NN 107/07) i Zakona o prijevozu opasnih tvari (NN 79/07) kojim je uređena problematika sprječavanja štetnih događaja i posljedica tijekom prijevoza opasnih tvari dugim tunelima. Svrha i cilj primjene Pravilnika je:

- spriječiti nekontrolirano istjecanje ili prosipanje opasnih tvari i nastanak požara, eksplozije i drugih štetnih pojava, te spriječiti njihovo brzo širenje tunelom u slučaju prometnih i drugih nezgoda na prijevoznim sredstvima za prijevoz opasnih tvari,
- osigurati rano otkrivanje, te pravodobnu i pravilnu dojavu štetnog događaja nakon njegova nastanka,
- osigurati uspješnost u brzom otklanjanju opasnosti od štetnog događaja i njegovih posljedica, te spašavanju ljudi i imovine koji su u tim događajima ugroženi.[14]

Ovim Pravilnikom se utvrđuju:

- vrsta opasnih tvari za koje se propisuju posebni uvjeti prometovanja kroz tunel
- temeljni uvjeti sigurnosti što ih prijevoznici moraju zadovoljiti da bi im se kroz tunel odobrio prijevoz opasnih tvari
- način prijevoza opasnih tvari kroz tunel
- visina naknade za izvršenje propisane pratnje, kada pratnju vozila koja prevoze opasne tvari osiguravaju ovlašteni radnici Društva.[14]

EGIS ROAD OPERATION CROATIA d.o.o. operater na AC Zagreb - Macelj

**ODJEL ZA ODRŽAVANJE I KONTROLU PROMETA
COKP Krapina**

Temeljem članka 13. stavka 1. alineje 1. Pravilnika Egis Road Operation Croatia d.o.o. o uvjetima i načinu prijevoza opasnih stvari tunelom Sveta Tri Kralja izdaje se :

SUGLASNOST
ZA PRIJEVOZ OPASNIH TVARI TUNELOM SVETA TRI KRALJA

Broj : _____

PODACI O NAJAVI PRIJEVOZA OPASNE TVARI

Datum i vrijeme najave prijevoza		Datum i vrijeme dolaska vozila	
---	--	---------------------------------------	--

PODACI O PRIJEVOZNIKU OPASNE TVARI

Naziv prijevoznika		
Sjedište i adresa prijevoznika		
Matični (porezni) broj		
Telefon za kontakt s prijevoznikom		
Registarski broj vozila		
Broj isprave-tovarnog lista o prijevozu opasne stvari		
Vrsta i količina opasne stvari	šifra osnovne opasnosti	
	UN broj	
	količina opasne stvari	
Vozilo dolazi iz pravca		
Pravac kretanja vozila	krajnje odredište prijevoza opasne stvari	
	mjesto izlaska s autoceste	
Ime i prezime vozača I broj mobilnog telefona		
Broj ADR potvrde vozača		
Registarski broj pratećeg vozila	I. pratećeg vozila	
	II. pratećeg vozila	

Slika 5. Suglasnost za prijevoz opasnih stvari tunelom Sveta Tri Kralja (list1), [15]

Prijevoznicima se, ako su udovoljili svim uvjetima sigurnosti propisanim Zakonom o prijevozu opasnih stvari, te uvjetima koji su sukladno Zakonu utvrđeni ovim Pravilnikom, izdaje Suglasnost za prijevoz opasnih stvari tunelom gdje je prijevoznik dužan dati osnovne podatke o prijevozniku, vozilu, opasnoj stvari, vozaču i pratećem vozilu kao što je prikazano na slici 5. Kako nalaže članak 9 Pravilnika „prijevoznik je dužan prijevoz opasne stvari najaviti najmanje 60 minuta prije dolaska na mjesto prihvata i kontrole vozila“. [15]

PODACI O PROVJERI UVJETA SIGURNOSTI
ZA PRIJEVOZ OPASNIH TVARI KROZ TUNEL

Prijevoznik **POSJEDUJE - NE POSJEDUJE** posebno odobrenje za prijevoz :
ESPLOZIVNIH - OTROVNIH - RADIOAKTIVNIH tvari.

Vozilo **JE - NIJE** označeno sukladno ADR-u.

Prijevoznik **POSJEDUJE - NE POSJEDUJE** Uputstvo o posebnim mjerama sigurnosti za postupanje u slučaju nezgode.

Vozilo **POSJEDUJE - NE POSJEDUJE** dodatnu opremu sukladno članku 77. Zakona o prijevozu opasnih tvari.

Prijevoz opasne tvari **JE - NIJE OSIGURAN** kod osiguravajućeg društva od šteta koje bi mogle nastati trećim osobama.

Prijevoznik **IMA - NEMA** osigurano vozilo za pratnju prijevoza opasne tvari kroz tunele koje je opremljeno za tu namjenu.

Pratnja vozila koje prevozi opasnu tvar osigurano je vozilom EROC-a :
_____.
(registarski broj vozila)

NAČINI PLAĆANJA:

- **GOTOVINA**
- **BANKOVNE KARTICE**
- **KREDITNE KARTICE**
- **VIRMAN**

(potpis vozača)

(potpis ovlaštenog radnika)

Slika 6. Suglasnost za prijevoz opasnih tvari tunelom Sveta Tri Kralja (list 2), [15]

Prijevoznik je kada pristigne na mjesto prihvata i kontrole vozila koja prevoze opasne tvari dužan sačekati ovlaštenog radnika Društva koji će provesti daljnji postupak u cilju sigurnog prijevoza opasnih tvari tunelom. Kada ovlašten radnik Društva na mjestu prihvata i kontrole utvrdi da prijevoznik udovoljava svim uvjetima za siguran prijevoz opasne tvari tunelom, kao što je posjedovanje posebnog odobrenja za prijevoz određene vrste opasne tvari, oznake vozila sukladno Međunarodnom sporazumu o prijevozu opasnih tvari te ostalim uvjetima prikazanim na slici 6., izdat će Suglasnost za prijevoz opasnih tvari, u suprotnom poduzima radnje da prijevoznik na siguran način prijevoz opasne tvari obavi drugim prometnim pravcem.[15]

4.3 Međunarodni sporazum o prijevozu opasnih tvari – ADR

Za prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu primjenjuje se Europski sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari (European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road-ADR) s njegovim sastavnim dijelovima, prilogima A i B i aktom o notifikaciji. Sporazum se sastoji od 17 članaka, uz navedene priloge koji se nadopunjavaju i obnavljaju svake 2 godine.

Prilog "A" navodi pravila za pakiranje i označavanje opasnih tvari, pravila za označavanje prijevoznih sredstava, što sve mora sadržavati dokumentacija za prijevoz opasnih tvari, te koje se sve opasne tvari mogu prevoziti u cestovnom prometu. u dodacima Prilogu "A" objavljena su pravila za ispitivanje tvari, posuda za prijevoz opasnih tvari, ambalaža i listića opasnosti. [16]

Prilog "B" sadrži pravila koja se odnose na vozila za prijevoz opasnih tvari i odgovarajuće načine postupanja s opasnim tvarima. U dodacima Prilogu "B" objavljeni su zahtjevi u vezi sa opremom vozila i posuda u kojima se prevoze opasne tvari, s njihovom kvalitetom, oznakama vozila, pakiranjem robe, te zahtjevi u vezi s uvjerenjem o osposobljenosti vozila, vozača i posade za prijevoz opasnih tvari.[16]

4.3.1 Kategorizacija tunela

Nadležno tijelo, s obzirom na posebnosti tunela, procjene rizika uključujući dostupne i prikladne alternativne pravce i načine obzirom na prometni menadžment, označava cestovne tunele s jednom od tunelskih kategorija prvenstveno zbog ograničenja za prolaz vozilima koja prevoze opasne tvari. Svaki tunel može biti označen s jednom ili više tunelskih kategorija.

Kategorizacija je temeljena na tri glavne opasnosti koje u tunelu mogu prouzročiti veći broj žrtava ili ozbiljnije posljedice te oštećenja samog tunela od:

- eksplozija,
- stvaranja otrovnih plinova ili isparavanja otrovnih tekućina,
- požara.[16]

Postoji pet tunelskih kategorija:

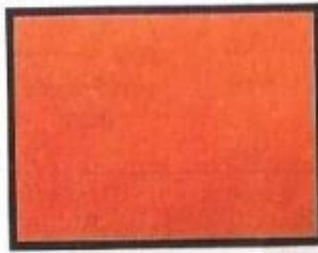
- tunelska kategorija A – nema ograničenja za prijevoz opasnih tvari;
- tunelska kategorija B – ograničenje za opasne tvari koje mogu dovesti do vrlo velike eksplozije;
- tunelska kategorija C – ograničenje za opasne tvari koje mogu dovesti do vrlo velike eksplozije, velike eksplozije ili velikog djelovanja otrova;
- tunelska kategorija D - ograničenje za opasne tvari koje mogu dovesti do vrlo velike eksplozije, velike eksplozije, velikog djelovanja otrova ili velikog požara;
- tunelska kategorija E – ograničenje za sve opasne tvari UN br. 2919, 3291, 3331, 3359 i 3373.[16]

4.3.2 Odredbe za cestovne znakove i notifikacija ograničenja

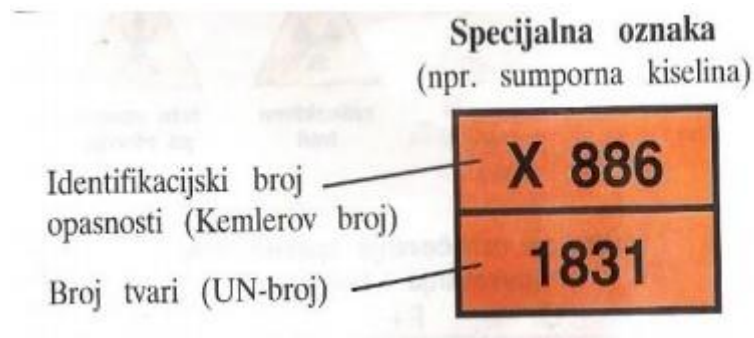
Prometni znakovi i oznake, namijenjene zabrani prijevoza vozilima koja prevoze opasne tvari kroz cestovni tunel, moraju biti postavljeni na prilazima mjestima gdje je moguć izbor alternativnih pravaca. U slučaju da je prolaz kroz tunel ograničen ili se prilazi dopuštenim alternativnim pravcima znakovi moraju biti označeni dodatnim tablama kako slijedi:

- nema znaka: nema ograničenja
- znak s dodatnom tablom na kojoj je slovo B: odnosi se na vozila koja prevoze opasne tvari kojima nije dopušten prolaz kroz tunele kategorije B;
- znak s dodatnom tablom na kojoj je slovo C: odnosi se na vozila koja prevoze opasne tvari kojima nije dopušten prolaz kroz tunele kategorije C;
- znak s dodatnom tablom na kojoj je slovo D: odnosi se na vozila koja prevoze opasne tvari kojima nije dopušten prolaz kroz tunele kategorije D;
- znak s dodatnom tablom na kojoj je slovo E: odnosi se na vozila koja prevoze opasne tvari kojima nije dopušten prolaz kroz tunele kategorije E.[16]

Opća oznaka opasnosti



Slika 7. Opće oznaka opasnosti pri prijevozu opasnih tvari, [16]



Slika 8. Specijalna oznaka opasnosti pri prijevozu opasnih tvari, [16]

Cestovna vozila koja prevoze određene opasne tvari, moraju biti označena narančastim tablicama, dimenzija 400X300 mm, prikazanih na slikama 7. i 8. Tablica može biti sa ili bez brojeva. U gornjoj polovici tablice opasnosti kako je prikazano na slici 8. upisuje se identifikacijski broj (Kemlerov broj). U donjoj polovici tablice opasnosti upisuje se UN-broj, na temelju kojeg je moguće utvrđivanje imena opasne tvari. Za vozače ove tablice upozorenja znače da se pridržavaju propisanog razmaka i pretjecanje sa posebnim oprezom jer vozilo ispred prevozi opasnu tvar.[16]

Sva ograničenja vezana za prolaz vozila koja prevoze opasne tvari kroz tunele moraju biti objavljena u službenom glasilu i dostupna javnosti, kao i kada se primjenjuju posebne mjere kojima se smanjuje rizik i na neka druga vozila koja koriste tunele, kao što su najava prije ulaska ili prolaza konvoja s pratnjom.[16]

Ograničenja za prijevoz određenih opasnih tvari kroz tunele su temeljena na kodu tunela obzirom na ograničenja tih opasnih tvari. Ukoliko je prijevozna jedinica natovarena opasnim tvarima sa različitim tunelskim kodovima s obzirom na ograničenja, tunelski kod s obzirom na ograničenja najvećeg ograničenja mora biti dodijeljen za dotični teret.[16]

Ograničenja za prolaz kroz tunele primjenjuju se:

- na prijevoznim jedinicama za koje je obavezno označavanje za prolaz kroz tunele kategorije E; i
- na prijevozne jedinice za koje je obavezna narančasta ploča za označavanje, u skladu s tablicom 2. u nastavku, nakon što je određena oznaka ograničenja prolaska kroz tunel koja se dodjeljuje cijelom teretu prijevozne jedinice.[16]

Tablica 2. Ograničenja prolaska kroz tunel

Tunelski kod za cijeli teret	Ograničenja
B	Prolaz zabranjen kroz tunele kategorije B, C, D i E
B1000C	Prijevoz kada ukupna neto eksplozivna masa po prijevoznoj jedinici - prijeđe 1 000 kg: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije B, C, D i E; - nije iznad 1 000 kg: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije C, D i E
B/D	Prijevoz cisternama: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije B, C, D i E; Ostali prijevoz: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije D i E
B/E	Prijevoz cisternama: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije B, C, D i E; Ostali prijevoz: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije E
C	Prolaz zabranjen kroz tunele kategorije C, D i E
C5000D	Prijevoz kada ukupna neto eksplozivna masa po prijevoznoj jedinici - prijeđe 5 000 kg: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije C, D i E; - nije iznad 5 000 kg: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije D i E
C/D	Prijevoz cisternama: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije C, D i E; Ostali prijevoz: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije D i E
C/E	Prijevoz cisternama: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije C, D i E; Ostali prijevoz: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije E
D	Prolaz zabranjen kroz tunele kategorije D i E
D/E	U rasutom stanju ili prijevoz cisternama: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije D i E; Ostali prijevoz: prolaz zabranjen kroz tunele kategorije E
E	Prolaz zabranjen kroz tunele kategorije E
-	Prolaz dopušten kroz sve tunele (Za UN br. 2919 i 3331, vidi i 8.6.3.1).

Izvor: [16]

5 PROMETNA OPREMA DUGAČKIH TUNELA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Prometna oprema služi pravodobnom obavještanju i upozoravanju sudionika u prometu o uvjetima odvijanja prometa i samim time povećava sigurnost vozača i prometa. Prometna oprema mora biti jednostavna, jasna i čitljiva, vidljiva, istoznačna, univerzalna, kontinuirana, odgovarajućeg dizajna i postavljena u odgovarajućem opsegu.

Prometne znakove, signalizaciju i opremu na cestama čine:

1. prometni znakovi, i to:
 - znakovi opasnosti
 - znakovi izričitih naredbi
 - znakovi obavijesti
 - znakovi obavijesti za vođenje prometa
 - dopunske ploče
 - promjenjivi prometni znakovi
2. prometna svjetla,
3. oznake na kolniku i drugim prometnim površinama,
4. prometna oprema ceste, i to:
 - oprema za označavanje ruba kolnika
 - oprema za označavanje vrha prometnog otoka
 - oprema, znakovi i oznake za označavanje zavoja, radova, zapreka i oštećenja kolnika
 - oprema za vođenje i usmjeravanje prometa u zoni radova na cesti, zapreka, privremenih opasnosti i oštećenja kolnika
 - branici i polubranici
 - zaštitne odbojne ograde i zaštitne žičane ograde
 - oprema protiv zasljepljivanja
 - pješačke i biciklističke ograde
 - ublaživači udara
 - oprema za ručno upravljanje prometom te mjerni, upravljački i nadzorni uređaji (brojači prometa, meteorološke postaje, video nadzor i dr.)
5. oprema i mjere za smirivanje prometa
6. cestovna rasvjeta.[9]

Prometnu opremu tunela čine: vertikalna i horizontalna signalizacija, promjenjiva signalizacija, prometna svjetla, oprema za označavanje ruba kolnika, oprema za smirivanje prometa, ventilacija te rasvjeta tunela.

Prometni znakovi, signalizacija i oprema na cestama izrađuju se, postavljaju i održavaju sukladno važećim zakonskim i podzakonskim aktima iz područja cestovnog prometa te mora ispunjavati sve zahtjeve EU-a na području sigurnosti, zdravlja i okoliša, odnosno imati CE oznaku. Oznaka CE upućuje na to da je proizvođač ispitao proizvod i ocijenio da on ispunjava zahtjeve EU-a u području sigurnosti, zdravlja i okoliša. Prometni znakovi, signalizacija i oprema na cestama postavljaju se na temelju prometnog elaborata na način da je sudionik u prometu može pravodobno uočiti i prepoznati njezino značenje te uskladiti ponašanje na temelju primljenih informacija. Prilikom puštanja tunela u funkciju moraju biti zadovoljeni sigurnosni građevinski zahtjevi i sigurnosni zahtjevi za prometnu signalizaciju i opremu u tunelu. Prometni znakovi, signalizacija i oprema u tunelima moraju biti tako projektirani da su jasno vidljivi. Svi prometni znakovi i oprema koji kao izvor napajanja koriste električnu energiju, moraju biti spojeni na rezervni izvor napajanja (UPS).

Vertikalna signalizacija se sastoji od prometnih znakova koji mogu biti znakovi opasnosti, znakovi izričitih naredbi i znakovi obavijesti.

Znakovi opasnosti, vidljivi na slici 9., vozačima daju informaciju o blizini dijela ceste ili mjesta na kojem sudionicima u prometu prijeti određena vrsta opasnosti. Oblika su istostraničnog trokuta, a kada se postavljaju u tunelima i galerijama duljina stranice istostraničnog trokuta iznosi 60 cm. Osnovna boja im je bijela dok su rubovi trokuta crvene boje, izuzev znaka A25, koji označava radove na cesti, čija je osnovna boja žuta. Simboli na znakovima su crne boje.[9]



Slika 9. Znakovi opasnosti, [17]

Znakovi izričitih naredbi, prikazani na slici 10., kazuju vozačima da na cesti postoje zabrane, ograničenja i obaveze. Imaju oblik kruga, osim znakova B01 i B02 koji označavaju raskrižje s cestom s prednošću prolaska i obavezno zaustavljanje. Osnovna boja znakova zabrane i ograničenja je bijela, a osnovna boja znakova obaveze je plava. Simboli na znakovima zabrane i ograničenja su crne boje, a na znakovima obaveza bijele. Rub kruga te ravne i kose crte na znakovima izričitih naredbi na kojima postoje crvene su boje. Dimenzije stranica ili promjer kruga znaka u tunelu iznosi 60 cm.[9]



Slika 10. Znakovi izričitih naredbi, [17]

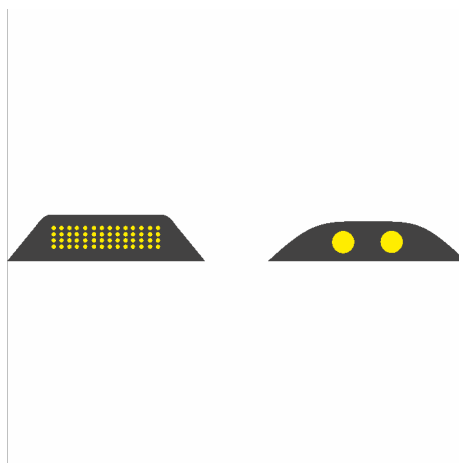
Znakovi obavijesti (slika 11.) sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i o udaljenostima od tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje im mogu koristiti. Imaju oblik kvadrata, pravokutnika ili kruga. Kada se postavljaju u tunelima i galerijama dimenzije promjera kruga znaka Ø60 cm, kvadrat 60 cm i pravokutnik dimenzija 60×90 cm.[9]

Na svakom ulazu u tunel postavlja se prometni znak C76 (slika 11.), na kojem se navodi naziv i duljina tunela, a ispod njega postavljaju se znakovi izričitih naredbi, koji se odnose na sigurno odvijanje prometa u tunelu.[9]

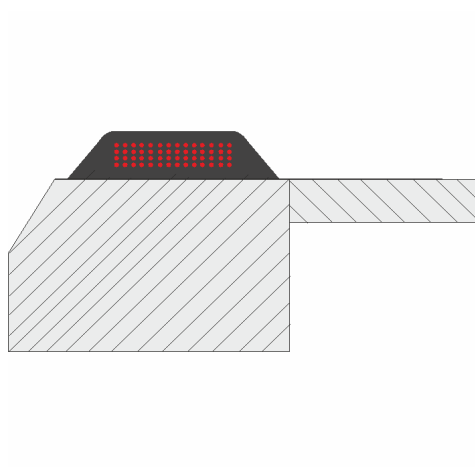


Slika 11. Znakovi obavijesti, [17]

Horizontalna signalizacija u tunelima služi označavanju središnje i rubnih crta kolnika, evakuacijske crte te za označavanje zaustavnih površina. U slučaju dvosmjernih tunela, središnja crta se mora izvesti kao dvostruka s vibrirajućim efektom, a između dviju crta se moraju koristiti K37 markeri za razdvajanje smjerova vožnje (slika 12.). Horizontalna prometna signalizacija u tunelu, na duljini od najmanje 150 m od portala tunela, izvodi se od trajnih materijala s povećanom vidljivosti na mokrom kolniku i u noćnim uvjetima. Rubna crta na privozima tunelu na duljini od najmanje 150 m izvodi se s vibrirajućim efektom. Tuneli također moraju imati postavljene smjerokazne oznake K02 (markere) za tunele i galerije, prikazane na slici 13., koje označavaju rub kolnika u tunelu odnosno galeriji, a izvode se u LED tehnologiji sukladno posebnom propisu.[9]



Slika 12. Markeri za razdvajanje smjerova vožnje K37, [17]



Slika 13. Markeri za označavanje ruba kolnika K02, [17]

Evakuacijska crta crvene je boje, širine 50 cm i nalazi se cijelom dužinom tunela s one strane tunela na kojoj se nalaze evakuacijski prolazi na visini 90 cm od razine pješačkog hodnika, prikazano na slici 14.[9]

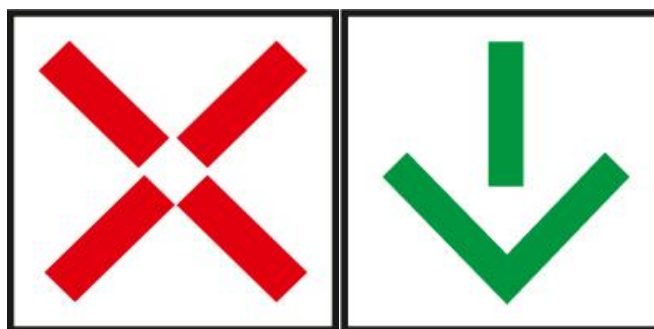


Slika 14. Evakuacijska crta, [18]

Promjenjiva prometna signalizacija mora imati jasne prikaze kojima se korisnici tunela obavještavaju o zagušenju prometa, kvaru, nesreći, požaru ili drugoj opasnosti. U tunelima s jednosmjernim prometom prometna svjetla postavljaju se obostrano, a u tunelima s dvosmjernim prometom jednostrano s desne strane u smjeru vožnje. Najčešći prometni znakovi koji se upotrebljavaju kao tunnelska izmjenjiva signalizacija su znakovi ograničenja brzine na određenom dijelu prije, poslije ili unutar tunela, znakovi opasnosti, obavijesti izričitih naredbi vezani uz stvarne vremenske i prometne uvijete prije, poslije ili unutar tunela i to primjenom tehnologije svjetlećih dioda (LED).[9]

Primjena tehnologije svjetlećih dioda (LED) prednjači u činjenici da je vidljivost standardnih prometnih znakova u ovisnosti o kvaliteti reflektirajućih boja, folija ili izvora svjetlosti koje se upotrebljavaju za njihovu izradu, dok je vidljivost znaka izrađena u tehnologiji svjetlećih dioda u radnom modu bez obzira na vremenske uvjete ili doba dana konstantna. Prednost prometnih znakova izrađenih u LED tehnologiji je u tome da se u jedno kućište prometnog znaka može integrirati više oblika i simbola, a s time se omogućava i adaptivno upravljanje u realnom vremenu i trenutnom prometnom opterećenju odnosno stanju u prometu.

Prilikom ulaska u tunel postavljeni su znakovi, slika 15., koji označavaju slobodan tok prometa uzduž prometnog traka iznad kojeg se nalazi znak „zelena strelica s vrhom okrenutim prema dolje“ odnosno znakovi koji označavaju zabranu toka prometa duž prometnog traka iznad kojeg se znak nalazi (prekrižene crvene crte) koji su često izvedeni LED tehnologijom.[9]

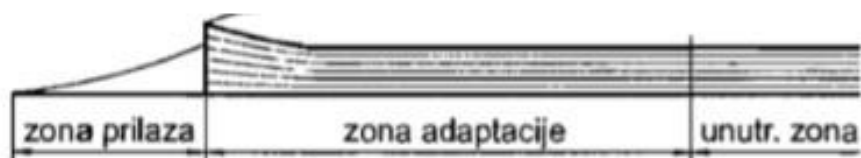


Slika 15. Znakovi na ulazu u tunel, Izvor:[17]

Rasvjeta tunela, kao važan dio opreme tunela, mora biti pažljivo projektirana, s predviđenom zonom prilagođavanja oka vozača i drugim detaljima vezanim za optičko-sigurnosne zahtjeve vožnje. Kontinuirana istraživanja i razvoj doprinijeli su sve sofisticiranijem i detaljnijem shvaćanju tunelske rasvjete i njezinom utjecaju na položaj vozača motornoga vozila u tunelu. To je omogućilo razvoj softvera koji objedinjuje u razmatranju matematičke modele fiziološke stimulacije s konvencionalnim parametrima rasvjete u cilju postizanja matematičkih rezultata preciznijih od konvencionalnih metoda. Softver uzima u obzir čimbenike izvan i unutar tunela te generira tablice razina vidljivosti koje prikazuju utjecaj danjeg svjetla na razine vidljivosti potencijalnih ciljeva u ulaznoj zoni tunela. Za unutrašnjost tunela kao i kritične točke unutar tunela od esencijalne je važnosti kontrola rasvijetljenosti tunela. Razine svjetlosti izvan tunela, svjetlo dana, brzina i gustoća prometa značajni su parametri koji se obrađuju u sustavima kontrole.

Rasvjeta tunela sastoji se od prilazne zone, zone adaptacije i unutarnje zone, prikazanih na slici 16. Prilazna zona nalazi se ispred portala i pod prirodnim je svjetlom dok se zona adaptacije nalazi između prilazne i unutarnje zone, služi za prilagodbu oka vozača na razliku osvijetljenja. Prema načinu rasvjete, tuneli se mogu podijeliti u tri skupine:

- kratki tuneli, do 100 m, u kojima nije nužna rasvjeta danju
- srednji tuneli, od 100 do 400 m, u kojima nema srednje zone ili prolazne i prilazne zone rasvjete
- dugi tuneli, dulji od 400 m.[19]



Slika 16. Zone rasvjete tunela, [19]

Prema ispitivanjima provedenim u SAD-u i Francuskoj, dobrom rasvjetom smanjuje se broj prometnih nesreća za 35 posto u odnosu na prometnice koje su slabo osvijetljene ili nisu osvijetljene. Dobrom rasvjetom se također povećava udobnost vožnje, smanjuje se zamor vozača, a prometno se opterećenje jednoličnije raspoređuje u dvadeset četiri sata. Stupanj sigurnosti noću i u tami ne smije biti manji od stupnja sigurnosti danju.[20]

Prilagođavanje oka pri prijelazu iz svjetla u tamu traje 30 do 300 sekundi, a iz tame u svjetlo 5 do 30 sekundi. Tunnel se ne rasvjetljuje jednoliko. Sprečavanje efekta "crnog otvora" i "crnog okvira" uvjetuje da razina rasvjete u tunelu i ona na cesti (ispred i iza ulaza u tunel) danju i noću bude u strogo utvrđenim odnosima. Na ulazu u tunel rasvjetu treba povećati, a na izlazu smanjiti što je prikazano na slici 17., jer proces normalne vidne prilagodbe pri vožnji tunelom zahtijeva postupno povećanje, odnosno postupno smanjenje rasvijetljenosti uzduž tunela kako bi taj proces bio usklađen sa sposobnošću prilagodbe oka vozača. Rasvjeta u tunelu postavljena je prema sljedećim zonama:

- prilazna zona tunelu duljine 50 do 200 metara
- ulazna zona u tunel
- prolazna zona, gdje se jakost rasvjete smanjuje
- srednja zona s najmanjom jakošću rasvjete
- izlazna zona, gdje se jakost rasvjete povećava.[20]



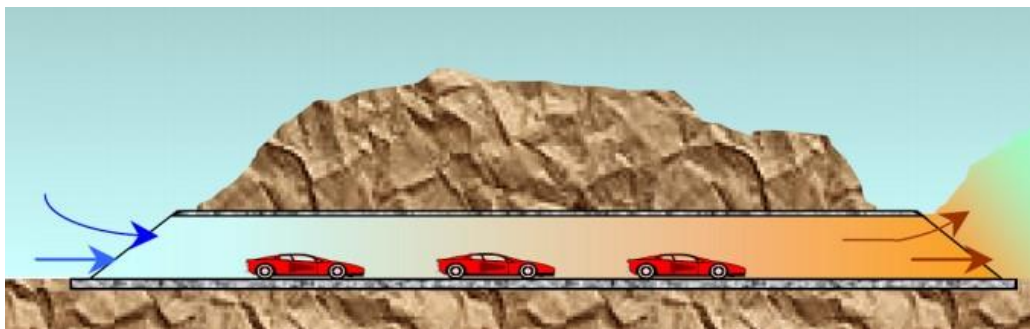
Slika 17. Položaj rasvjete (pogled na strop), [19]

Ispušni plinovi i prašina u zraku pri velikom prometu tunelom izravno utječu na vidljivost u tunelu. Koncentracija plinova, prašine, čađi i ostalog ovisi o:

- gustoći prometa
- brzini prometa
- vrsti i težini vozila
- nagibu ceste u tunelu
- održavanju vozila
- dopuštenim vrijednostima ugljičnog monoksida u ispušnim plinovima vozila
- sustavu ventilacije.

Veća koncentracija ispušnih plinova i prašine znatno pogoršava vidne uvjete u tunelu jer ekvivalentna luminancija prekrivanja sloja dima i prašine smanjuje kontrast zapreke i pozadine pa je udaljenost zapažanja manja, a plinovi i prašina koja se talože na prozirni poklopac svjetiljki smanjuju početnu razinu kvalitete rasvjete tunela stoga je provjetravanje (ventilacija) tunela vrlo bitna za sigurnost boravka ljudi u tunelu i prometnu funkcionalnost.

Provjetravanje kraćih tunela za vrijeme građenja može biti prirodnim putem ili dovodom zraka s pomoću ventilatora ili na druge načine dok je kod duljih tunela u eksploataciji potrebno osigurati provjetravanje odgovarajućim instalacijama i sigurnosnim uređajima. Ovisno o geometrijskim elementima tunelskog profila odnosno o veličini i strukturi prometa, odabrat će se uzdužni, poprečni ili kombinirani oblik umjetnog prozračivanja.[21]



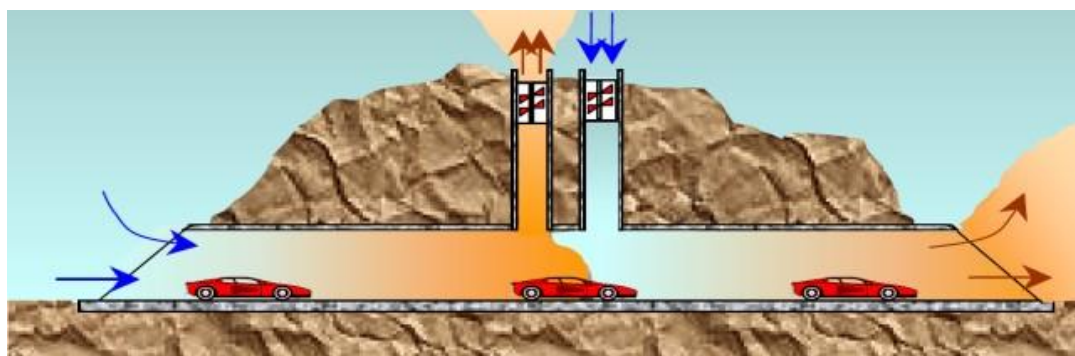
Slika 18. Prirodna ventilacija u tunelu, [21]

Prirodna ventilacija je ekonomski gledajući najpovoljniji sustav. Pod prirodnom ventilacijom se podrazumijeva nekontrolirano strujanje zraka u tunelskoj cijevi uslijed utjecaja meteoroloških uvjeta i prometa (slika 18.). No prirodna ventilacija nije sigurna i ne može osigurati zaštitu u slučaju požara u tunelu pa se ne preporučuje za tunele duže od 800 m.[21]



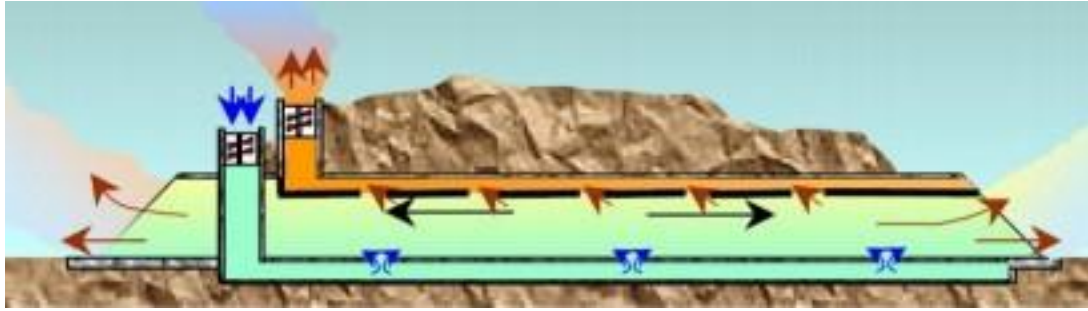
Slika 19. Uzdužna ventilacija u tunelu, [21]

Uzdužna ventilacija, prikazana na slici 19., postiže se s pomoću stropnih ventilatora koji utiskuju zrak uzduž tunela, pri čemu brzina strujanja ne smije prelaziti 8-10 m/s. Ventilatori se obično nalaze u grupama od dva ili tri, obješeni o svod tunelske cijevi iznad prometnog prostora i raspoređeni su na međusobnoj udaljenosti od oko 100 – 200 metara. [21]



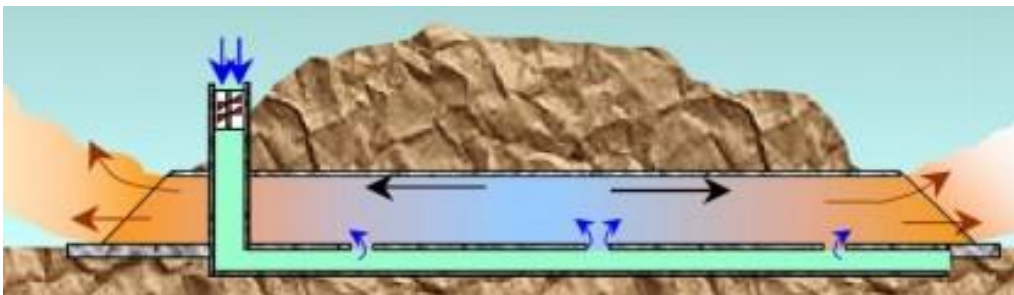
Slika 20. Uzdužna ventilacija s ventilacijskim oknima u stopu tunela, [21]

Uzdužnu ventilaciju je moguće poboljšati u pogledu protupožarne zaštite primjenom serijske uzdužne ventilacije. Kod nje je tunel podijeljen na autonomne dionice koje se ostvaruju izvođenjem ventilacijskog okna ili više njih u stropu tunela te se time dobiva više zasebnih tunela u kojima je moguće propisano smanjenje zagađenja ostvariti bez prekoračenja dozvoljene brzine strujanja zraka u tunelu (slika 20.) [21]



Slika 21. Poprečna ventilacija u tunelu, [21]

Poprečna ventilacija, prikazana na slici 21., ostvaruje se na način da se svježiji zrak dovodi posebnim kanalom i upušta u prometni prostor na određenim mjestima, a zagađeni zrak se iz prometnog prostora isisava te se posebnim kanalom odvodi iz tunela, pri čemu se događa poprečno strujanje zraka. Ona je najučinkovitija, ali i najskuplja. [21]



Slika 22. Polupoprečna ventilacija tunela, [21]

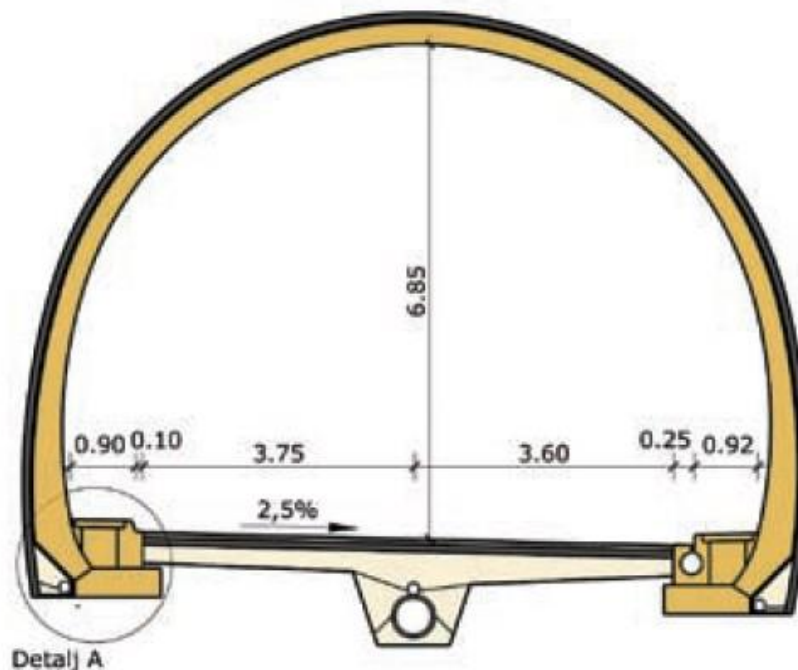
Kombinirana/polupoprečna (slika 22.) ventilacija funkcionira tako da se svježiji zrak ubacuje u prometni prostor, a zagađeni se izbacuje djelovanjem prometa ili obratno. Ovaj tip ventilacije zahtjeva dodatne radove na iskopu te određene građevinske radove unutar samog tunela. Povećanje troškova izgradnje tunela s polupoprečnom ventilacijom može biti do 25 % u odnosu na troškove izgradnje tunela s uzdužnom ventilacijom. [21]

5.1 Pregledni prikaz prometne opreme u tunelu Mala Kapela i Sv. Rok

Iskop tunela Mala Kapela i Sv. Rok izvršen je Novom austrijskom tunelskom metodom (NATM) primjenom tehnologije bušenja. Poprečni presjek tunela Mala Kapela, prikazan na slici 23., omogućava smještaj svih potrebnih uređaja i opreme, a svijetli presjek površine 56.17

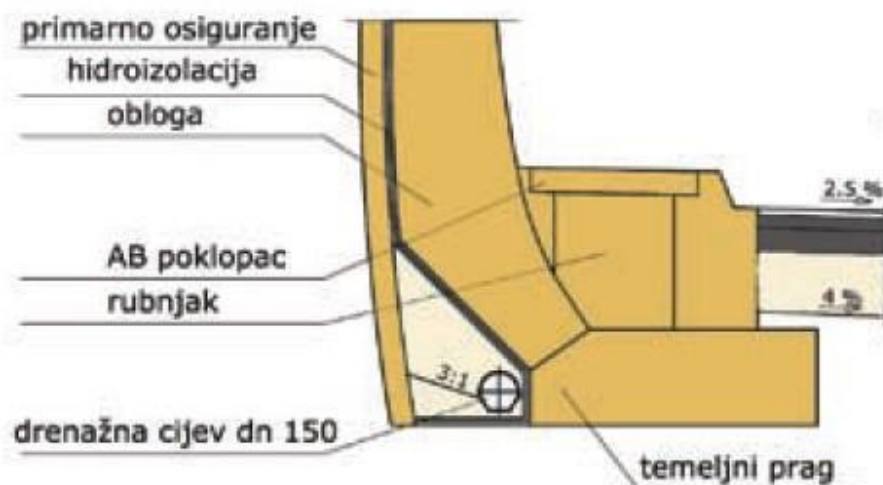
m² omogućava sigurno odvijanje prometa za projektnu brzinu koja iznosi 100 km/h. Kolnik tunela uključuje dva prometna traka, jedan širine 3,75 m te drugi 3.60 m, tako da ukupna širina kolnika iznosi 7,35 m.[2]

Tunel Mala Kapela se izvodi kao dio autoceste s dva prometna traka u svakom smjeru, a dvije su paralelne cijevi međusobno udaljene 15 m. Izlaz i ulaz u tunel su u kružnom luku, a veći je dio tunela u pravcu. Uzdužni se nagib kreće između 1.2 i 1.5 posto čime su zadovoljeni osnovni zahtjevi za odvodnju, a najveći nagib je odabran kao najpovoljniji za gradnju, elektromehaničku opremu, promet i održavanje. [2]



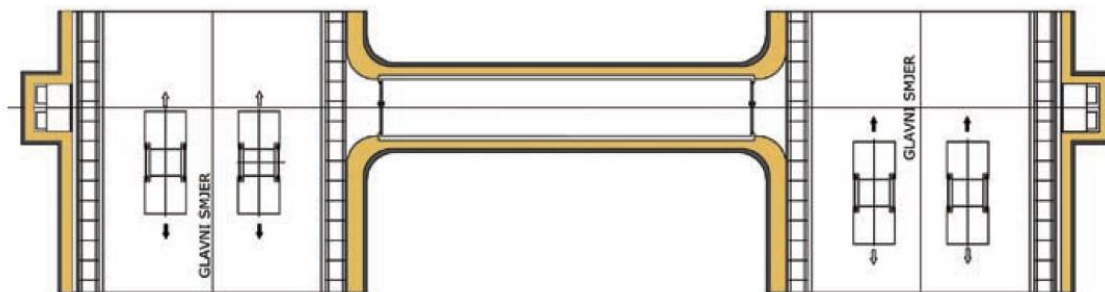
Slika 23. Poprečni presjek tunelske cijevi Mala Kapela, [2]

Sustav odvodnje u tunela Mala Kapela vidljiv na slikama 23. i 24., a tunela Sv. Rok na slici 28., uključuje centralnu kanalizacijsku cijev, šuplji rubnjak, bočne drenaže i sifonska okna, a predviđen je za uspješnu odvodnju brdske vode i tekućina koje potječu od pranja tunela, gašenja požara i eventualnih akcidenata. Na bokovima je predviđena drenažna cijev za prikupljanje brdskih voda i odvođenja u središnju kanalizaciju, a predviđena su i revizijska okna koja služe za održavanje. Odvodnja je riješena sustavom šupljeg rubnika.[2]



Slika 24. Detalj A – odvodnja tunela Mala Kapela, [2]

Niše za zaustavljanje su raspoređene na udaljenosti od 849 m, a u njima je predviđen smještaj i SOS uređaja. Predviđene su i nasuprot poprečnih prolaza za vozila. Izvedeno ih je šest, a predviđene su i za smještaj trafostanica. Slika 25. prikazuje tlocrt poprečnih prolaza već prije opremljenih protupožarnom stijenom s kliznim vratima visine 4,5 m te zaokretnim vratima za pješake, a svi su poprečni prolazi za pješake izvedeni na razmacima od 280 m. Niše sa SOS uređajima predviđene su u razmaku od najviše 150 m, a izvedene su i minske komore radi eventualnog rušenja tunela. [22]



Slika 25. Tlocrt pješačkog prijelaza i SOS tunela Mala Kapela, [2]

Tunel kao prometni sustav zahtjeva stalni nadzor, upravljanje i informiranje korisnika, kako bi se u incidentnim situacijama, prilikom vršnog opterećenja ili kod obavljanja radova na održavanju njime prometovalo sigurno. Radi toga se uz tunele gradi složena infrastruktura koja osim poboljšanja sigurnosti u tunelu ima za cilj pridonijeti smanjenju zagađenja okoliša, uštedi vremena i povećanju mobilnosti.

Pogonski i sigurnosni sustav tunela Mala Kapela, kao i tunela Sveti Rok, svojim karakteristikama spada u najmodernije sustave u Europi, a sastoji se od slijedećih komponenata:

- Sustav za nadzor i upravljanje prometom, opremljen video kamerama, koje omogućavaju prikaz situacije na monitorima u Centrima održavanja i kontrole prometa (COKP-ama) (slika 26.), a imaju i mogućnost automatske detekcije zastoja, vožnje u suprotnom smjeru, očitavanja broja, vrste i brzine kretanja vozila, daju potpune podatke prometnoj centrali u cilju prevencije zastoja.
- Sustav svjetlosne promjenjive signalizacije služi za informiranje u obliku upozorenja ili ograničenja vozačima.
- Komunikacijski sustav za SOS intervencije, putem kojih se u slučaju kvara, ili nezgode obavještava i poziva u pomoć operatera u COKP-i. U tunelima se nalazi deset SOS niša opremljenih telefonskim uređajima za poziv u pomoć.
- Sustavom radiodifuzije osigurano je ostvarivanje radio veza između radiostanica unutar tunela i vanjskih radio- stanica, kao i za prijenos jednog ili više javnih radijskih programa te davanje eventualnih obavijesti korisnicima, koji slušaju taj program unutar tunela.[2]



Slika 26. Centar za kontrolu prometa tunela Mala Kapela, [22]

Na velikom video-zidu od 10 četvornih metara s pomoću 77 video kamera vidi se svaki dio tunela. Sustav nadzora sastoji se od prometnoga, vatrodojavnoga, rasvjetnoga i ventilacijskog dijela te sustava razglasa, video nadzora, a nadziru se i meteorološki podaci jer na jednom kraju tunela može biti sunčano, a na drugom kišovito s jakim vjetrom. Cijeli je sustav potpuno automatiziran pa kamere reagiraju na svaku promjenu. Putnici se izvještavaju putem radijskih prijamnika, i to na frekvenciji HR 1 – 102,3 MHz i HR 2 - 97,5 MHz. Sustavom ozvučenja izravno se upozoravaju vozači o izvanrednom prometnom stanju koje nastupi u određenom sektoru tunela. U tunelima preko 2000 m duljine postoje još i prolazi za preusmjeravanje vozila te semafori pa tako i u tunelu Mala Kapela.[22]

Opskrba oba tunela električnom energijom je osigurana iz vlastitih transformatorskih stanica, dvostrano. Na svakoj strani tunela nalaze se srednje naponske 35 kV transformatorske stanice priključene na prijenosnu mrežu, iz kojih se napaja 8 tunelskih distribucijskih trafostanica. Pričuvni sustav napajanja električnom energijom osiguran je iz statičkih uređaja besprekidnog napajanja koji osiguravaju autonomnost opskrbe svih vitalnih sustava.[2]



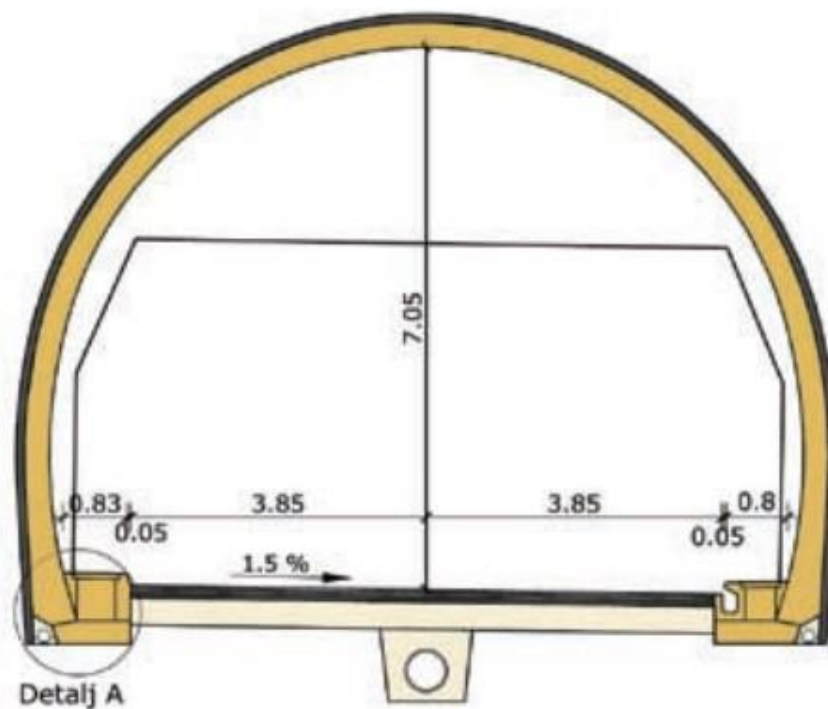
Slika 27. Provjetravanje tunela Mala Kapela, [2]

Provjetravanje tunela i zaštita putnika u slučaju požara tunela Mala Kapela i Sv. Rok riješeno je uzdužnom reverzibilnom ventilacijom, prikazanom na slici 27., koja omogućava provjetravanje tunela u oba smjera što je naročito važno u slučaju požara u tunelu. Reverzibilna uzdužna ventilacija je u pogledu zaštite od požara, kao i razdiobe plinskih polutanata u zraku unutar tunelske cijevi mnogo kvalitetnije, ali i skuplje tehničko rješenje od standardne uzdužne ventilacije. Ventilatori su u tunelu instalirani ovješnjem u parovima o tunelski svod. Rad i uključivanje sustava ventilacije odvija se automatski, te ručno iz centra upravljanja i nadzora ili ručno lokalno. Prioritet rada ima sustav automatskog rada ventilacije, a potreba za uključivanjem prisilne ventilacije i njen intenzitet određeni su iznosom zagađenja s CO te smanjenjem vidljivosti uslijed dima i čađi.[2]

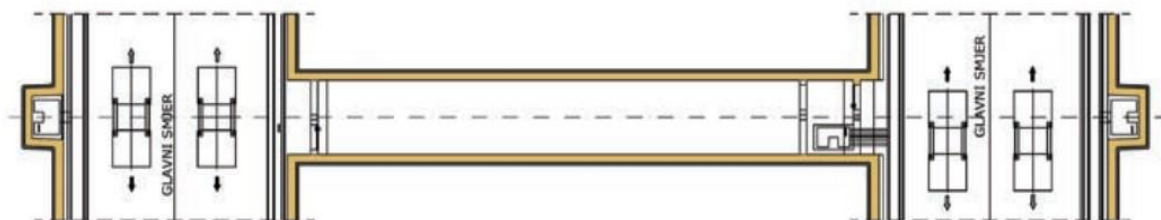
Za potrebe protupožarne zaštite tunela osigurana je voda za gašenje požara u količini od 20 l/s u neprekidnom trajanju od minimalno sat i pol vremena, koja se osigurava pomoću vodospremnika koji se nalaze iznad portala tunela pri čemu su vodospremnici smješteni na odgovarajućoj nadmorskoj visini kako bi se osigurao odgovarajući tlak na hidrantima duž cijelog tunela. Unutar tunela na međusobnom razmaku od 100 m nalaze se hidrantski ormarići u kojima su osim hidranata smješteni i spremnici s pjenom pomoću koje se vrši gašenje požara. Kako bi se u zimskim mjesecima spriječilo smrzavanje glavnog hidrantskog voda u tunelu je u portalnim zonama grijana pomoću elektro otporne grijaće trake, a smještaj vatrogasaca i

vatrogasnih vozila osiguran je sa svake strane tunela kako bi bilo omogućeno obostrano gašenje u slučaju požara ili druge izvanredne situacije.[2]

Projektirani poprečni presjek tunela Sv. Rok, prikazan na slici 28., omogućava smještaj svih potrebnih uređaja i opreme, a svijetli presjek površine 58,09 m² omogućava sigurno odvijanje prometa za projektnu brzinu od 100 km/h. Kolnik tunela sastoji se od dva prometna traka širine 3,5 m i rubnih trakova širine 0,35 m, tako da ukupna širina kolnika iznosi 7,7 m.[2]



Slika 28. Poprečni presjek tunelske cijevi Sv. Rok, [2]



Slika 29. Tlocrt pješačkog prolaza i SOS tunela Sv. Rok, [2]

Istočna i zapadna cijev su spojene s četiri prolaza za vozila i 15 prolaza za pješake prikazanim na slici 29. Okretišta su opremljena vatrootpornim vratima za prolaz vozila i s posebnim prolazima za pješake. Vrata se premještaju u sredinu okretišta. Pješački se prolazi nalaze na svakih 350 m, a niše za zaustavljanje odnosno uklanjanje vozila u lijevoj tunelskoj cijevi (ima ih 12) predviđene su na desnoj stani. Iako se radi o jednosmjernom prometu, u sredini su tunela predviđene i dvije niše za uklanjanje vozila s lijeve strane. To je učinjeno radi eventualnog preusmjerenja prometa iz desne u lijevu tunelsku cijev.[22]



Slika 30. Centar za kontrolu prometa tunela Sv. Rok, [23]

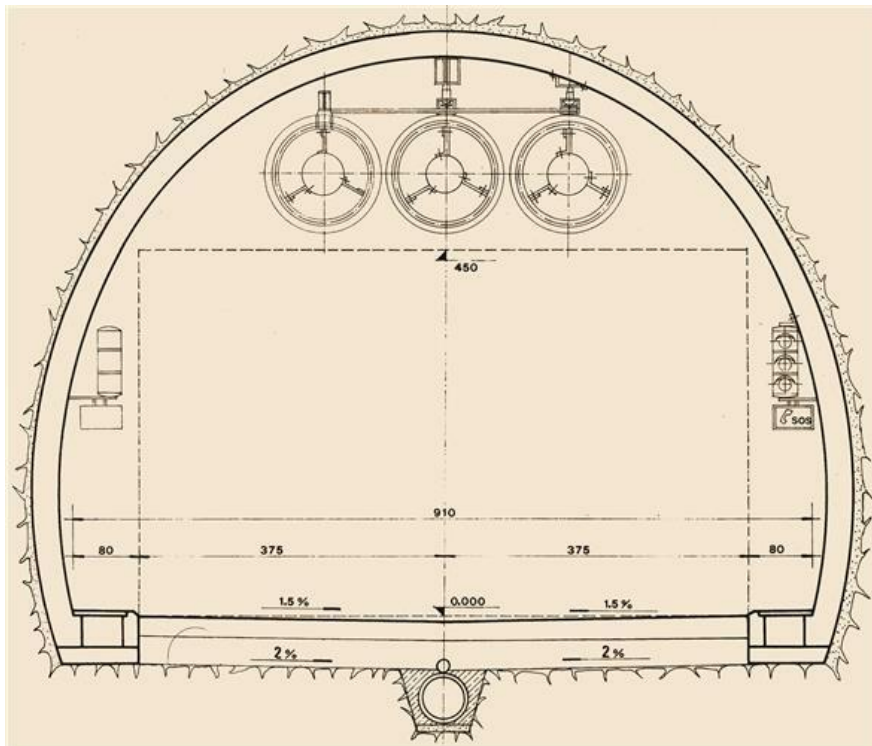
Tunel Sv. Rok je opremljen najmodernijim sustavom nadzora i zaštite od svih predvidljivih neželjenih situacija, a upravljanje i nadzor vrši se svakodnevno 24 sata iz centra za upravljanje i kontrolu prometa (slika 30.). Nadzor prometa vrši se preko mnogobrojnih kamera s mogućnošću kontrole brzine. Kako je tunel Sv. Rok dug 5727 m postoje još i prolazi za preusmjerenje vozila, semafori te sustav razglasa. [2]

Vrlo čest je slučaj da nesreće u tunelima izazivaju strašne posljedice po sudionike u prometu u okruženju gdje i minimalni incident uzrokuje velike materijalne štete pa čak i gubitke ljudskih života. Stoga je posvećena maksimalna pažnja ka postizanju visoke razine sigurnosti u samim tunelima. Potpuno integrirani sustavi nove generacije, kakav posjeduju tuneli Mala Kapela i Sv. Rok, pogoduju jednostavnosti upravljanja sustavima, te omogućuju interakciju između operatera i sustava koja se sada izvršava u jednoj lokaciji i preko jednog sučelja. U praksi, da bi se prethodno spomenuta interakcija između operatera i sustava mogla nesmetano odvijati potrebna su odgovarajuća hardverska i softverska rješenja.

5.2 Pregledni prikaz prometne opreme u tunelu Učka

Tunel Učka je jednocijevni tunel s dvosmjernim prometom, širine kolničkih trakova 2 x 3,75 m i 2 x 0,8 m pješačkog hodnika. Poprečni presjek tunela Učka, prikazan na slici 31., prezentira ploštinu svijetlog otvora površine 54 m², a iznad prometnog profila visine 4,5 m, za smještaj ventilatora dodatnih 2,35 m, što ukupno čini visinu od 6,85 m od kolnika do tjemena tunela. Tunel ima 3 okretišta i 1 ugibalište na sjevernoj strani te 4 ugibališta na južnoj strani.[3]

Kako tunel Učka ima jednu cijev s dvosmjernim prometom, Pravilnikom o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele obavezna je dvostruka puna razdjelna crta koja označava zabranu prelaska vozila preko tih crta ili zabranu kretanja vozila po tim crtama.



Slika 31. Poprečni presjek tunela Učka, [24]

Poprečni nagib kolnika je dvostrani prema središnjoj osi kolnika duž koje su smješteni slivnici i revizijska okna koja vodu s kolnika i iz bočnih drenaža vode u centralno smještenu kanalizacijsku cijev te je tako riješena odvodnja tunela koja je također prikazana na slici 31.[3]



Slika 32. Sustav daljinskog upravljanja (SDU) tunela Učka, [3]

Sustav daljinskog upravljanja (SDU) (slika 32.) je tehnička cjelina koja nadzire i upravlja radom svih sustava u tunelu Učka: energetikom, ventilacijom, prometnom signalizacijom, videonadzorom, automatskom detekcijom incidenata, dojavom požara, SOS-sustavom te sustavom neprekidnog napajanja (UPS). Ovaj sustav preuzima i obrađuje nekoliko tisuća signala i omogućuje operaterima koji su smješteni u Centru upravljanja praćenje prometa i sigurnosnih uvjeta, te rada opreme i uređaja u tunelu i upravljanje njima. Tri su daljinske stanice smještene u tunelu, a dvije u Centru upravljanja te čine bazu sustava daljinskog upravljanja preuzimanjem signala iz pojedinih sustava u tunelu, obradom tih signala i upućivanjem u Centar upravljanja gdje se ti signali dalje procesuiraju. Pomoću prstenaste komunikacijske mreže koja povezuje daljinske stanice je u slučaju kvara na mreži omogućen oporavak mreže u intervalu od 0,3 sekunde.[3]

Opskrba električnom energijom osigurana je iz dva neovisna izvora napajanja: kabelom od 20 kV iz transformatorske stanice Lovran, s kvarnerske strane, te kabelom od 20 kV iz transformatorske stanice Vranja, s istarske strane tunela. Dvije trafostanice se nalaze izvan tunela (TS1 Kvarner i TS8 Istra), a duž tunelske cijevi visokonaponski kabeli provedeni su u energetskom kanalu ispod pješačke staze i napajaju 6 trafostanica. U slučaju prekida oba napajanja, postoji sigurnosno napajanje putem diesel električnog agregata, koji se uklapa radom uređaja za neprekidno napajanje (UPS). Sigurnosno napajanje omogućuje rad Centra upravljanja, daljinskih stanica (DAS), SOS sustava, dojave požara, video nadzora i pumpe za podizanje tlaka u hidrantskoj mreži.[3]



Slika 33. Ventilacija tunela Učka, [3]

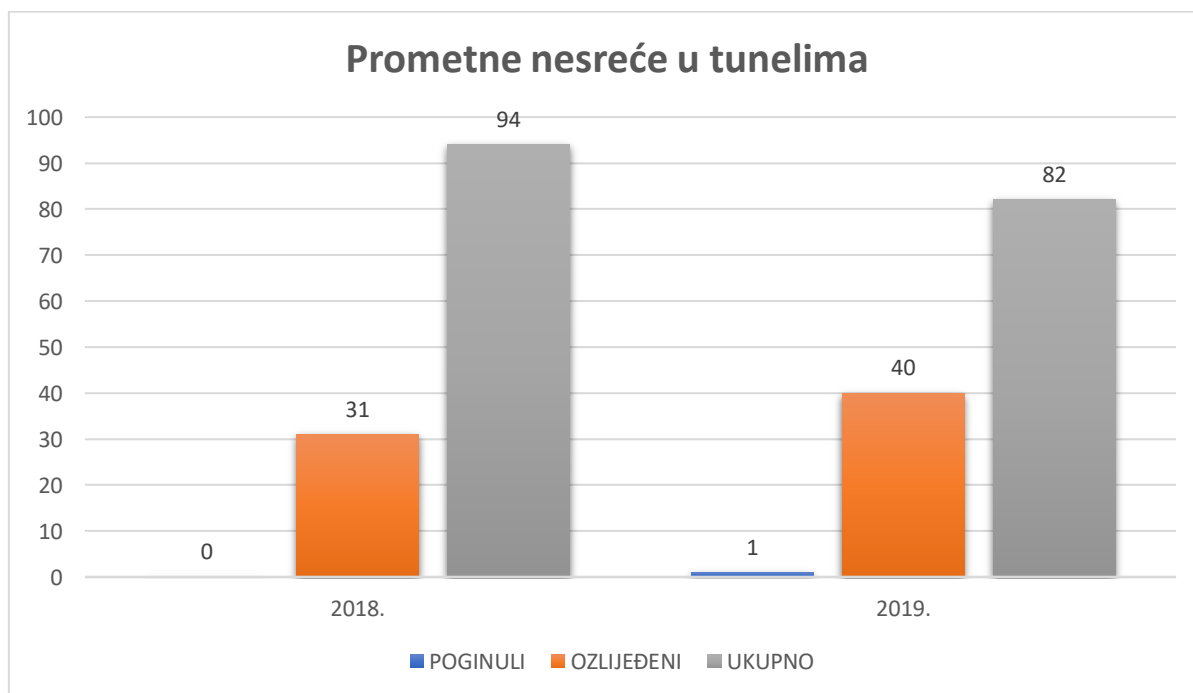
Tunel Učka opremljen je uzdužnim mehaničkim ventilacijskim sustavom koji se sastoji od 48 grupa, svaka s po 3 ventilatora (slika 33.). Po 24 grupe ventilatora raspoređene su s obje portalne strane tunela, u duljini od po 1700 m, pritom se u središnjoj trećini tunela ne nalaze ventilatori. Kvalitetu zraka u tunelu, brzinu i smjer strujanja zraka, vidljivost i koncentraciju CO mjere senzori, zatim se njihovi signali predaju lokalnim daljinskim stanicama (DAS) smještenim u tunelskim nišama, odakle se optičkim kabelom prenose u Centralni sustav daljinskog upravljanja tunelom, gdje se očitavaju informacije o stupnju onečišćenja zraka. Na temelju dobivenih pokazatelja, operater poduzima radnju uključivanja ventilacijske grupe radi pročišćavanja zraka, prema zadanim protokolima.[3]

Tunel Učka opremljen je sustavom automatske dojave požara sa položenim linearnim senzorskim kablom s laserskim optičkim vodičem koji mjeri gradijent temperature i maksimalnu zadanu temperaturu te omogućuje detekciju požara unutar sektora od 4 m, smjer i brzinu njegova napredovanja. Prednost je ovog kabela velika otpornost na atmosferilije i agresivne sredine, elektromagnetske utjecaje, fizičke udare, vibracije i slično, uz male troškove održavanja. Kabel je postavljen uzduž tunelske cijevi, uz centralnu os u tjemenu cijevi. U Centru upravljanja instaliran je nadzorni sustav dojave požara, kojim se kontroliraju centrale dojave požara i dobiva pregled dojavnih zona. Signaliziranjem alarma, aktiviraju se kamere najbliže mjestu dojave, u Centru se oglašava zvučni alarm, na računalu se dobiva zona dojave i točna adresa javljača, a na monitorima slika s mjesta dojave.[3]

6 ELEMENTI ZAŠTITE DUGAČKIH TUNELA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Kod tehničkih nedostataka nastalih prilikom projektiranja i izgradnje prometnica i objekata, koji mogu izazvati prometne nesreće, postavljaju se elementi zaštite koji služe ublažavanju posljedica prometne nesreće i njihovom sprječavanju te smanjenju broja prometnih nesreća kako na prometnicama tako i u objektima poput tunela u kojemu se događa veliki broj prometnih nesreća. Grafikon 1. prikazuje statistiku prometnih nesreća u tunelima u Republici Hrvatskoj za 2018. i 2019. godinu koja je u broju poginulih povoljna, a za što je zasigurno zaslužna pravilna izvedba elemenata zaštite tunela. Analizirajući statističke podatke uočava se da su brojke ozlijeđenih i dalje visoke što se pokušava riješiti represivnim mjerama, no one obično daju učinak samo u kraćem vremenskom razdoblju te se dovodi u pitanje ne samo Zakon, već i ostale činitelje sigurnosti u prometu, kao što su prometna infrastruktura, sigurnost vozila, kazne za prekršaje u prometu i slično. U elemente zaštite svrstavaju se zaštitne ograde, ograde protiv zasljepljivanja od svjetala iz suprotnog smjera te ublaživači udara, a prilikom loših vremenskih uvjeta za zaštitu od snijega i vjetra postavljaju se snjegobrani i vjetrobrani.

Grafikon 1. Statistika prometnih nesreća u tunelima u Republici Hrvatskoj za 2018. i 2019. godinu



Izvor: [25]

EuroRAP projekt jedan je od važnijih alata da se unaprijedi cestovna infrastruktura, odnosno da se smanji broj stradalih na hrvatskim cestama. EuroRAP (European Road Assessment Programme) je međunarodna neprofitna udruga registrirana u Bruxellesu koju su formirale automobilističke organizacije i cestovne vlasti kako bi zajednički unapređivali sigurnost prometa na europskim cestama. Hrvatski autoklub pristupio je udruzi EuroRAP 2005. godine. Uloga HAK-a je prikupljanje potrebnih podataka o prometnim nesrećama i cestama temeljem kojih se izrađuju potrebni proračuni. Ti proračuni služe kao baza za izradu potrebnih mapa. U području sigurnosti cestovne infrastrukture ima mjesta za poboljšanja pa je od velikog značaja uspostavljanje i definiranje odgovarajućih postupaka za ocjenjivanje sigurnosti mreže cesta i informiranje vozača o dionicama cesta s povećanim brojem prometnih nesreća. U tu svrhu potrebno je obaviti rangiranje i ocjenjivanje dionica s velikim brojem prometnih nesreća u odnosu na intenzitet prometa. EuroRAP protokoli predstavljaju kvalitetan način i postupak za ocjenu stanja sigurnosti cestovne infrastrukture, utvrđivanje prijedloga poboljšanja i evaluaciju ostvarene razine sigurnosti cestovne infrastrukture.[26]

Prema EuroRAP karti za procjenu rizika na važnijim cestovnim pravcima u Republici Hrvatskoj, koja prikazuje statistiku rizika o nesreća sa smrtnim i teškim posljedicama na mreži autocesta u razdoblju od 2009. do 2012. godine, dionice autocesta na kojima se nalaze analizirani tuneli Mala Kapela, Sv. Rok te tunel Učka ocijenjene su niskim srednjim rizikom što dodatno objašnjava dobru upotrebu te pravilnu izvedbu prometne opreme i elemenata zaštite u našim tunelima.

Zaštitne čelične ograde su sastavni dio prometne opreme gotovo svih suvremenih prometnica te su jedan od osnovnih elemenata sigurnosti u cestovnom prometu. Svrha čelične zaštitne odbojne ograde kao tehničko sigurnosne naprave je da zadrži skretanje vozila i spriječi nekontroliranu putanju vozila, a radi svoje gipkosti, da bitno umani posljedice nezgode. Postavljaju se u razdjelnom pojasu, na cestovnom objektu, kod ceste u nasipu gdje je visina veća od 3 metra i ispred opasnog mjesta.[27]

U Republici Hrvatskoj prihvaćen je jedinstven tip čelične zaštitne odbojne ograde za cestovne prometnice po njemačkom standardu RAL-RG 620 tip B koji se koristi ili kopira sa manjim modifikacijama u više zapadnoeuropskih zemalja. Osnovna prednost ovog sustava je da je njegov studijski razvoj izvršen uz praktična ispitivanja.[27]

Dijelovi čelične zaštitne odbojne ograde proizvode se sukladno DIN EN 1317-2 standardu. Osnovni materijal za proizvodnju stupova, limova i drugih dijelova je čelik kvalitete S235JR G2 u skladu s EN 10025. Svi elementi su vruće pocinčani u skladu s EN ISO 1461. Elementi se spajaju vijcima i maticama kvalitete u skladu s DIN EN 20898-1 i DIN 267.[27]

Zaštitne odbojne ograde klasificiraju se kao :

- jednostrana ograda (JO)
- dvostrana ograda (DO)
- jednostrana distantne ograde (JDO)
- dvostrana distantne ograde (DDO)
- 2 x jednostrana distantna ograda (2 x JDOT/2)
- 2 x dvostrana distantna ograda (2 x DDOT/2). [28]

One mogu biti ugrađene na objektu, rubu kolnika i u razdjelnom pojasu sa određenim nivoom zadržavanja vozila koji se označava oznakama H1, H2, H3 i N2 koje su propisane za određeno mjesto postavljanja i vrstu ceste što je prikazano u tablici 3.[28]

Tablica 3. Propisana razina zaštite zaštitnih odbojnih ograda

Kategorija ceste	Rub kolnika	Razdjelni pojas	Objekt
Autocesta i brza cesta	H2-H1	H2	H3-H2
Državna cesta i brza gradska cesta	H1	-	H2
Ostale ceste	N2	-	H1-H2

Izvor: [28]

Zaštitne ograde klase H1 predviđene su za zadržavanje vozila i sprečavanje gaženja ograde pri naletu najtežih vozila.

Zaštitne ograde klase H2 su ograde koje zadovoljavaju razinu zadržavanja:

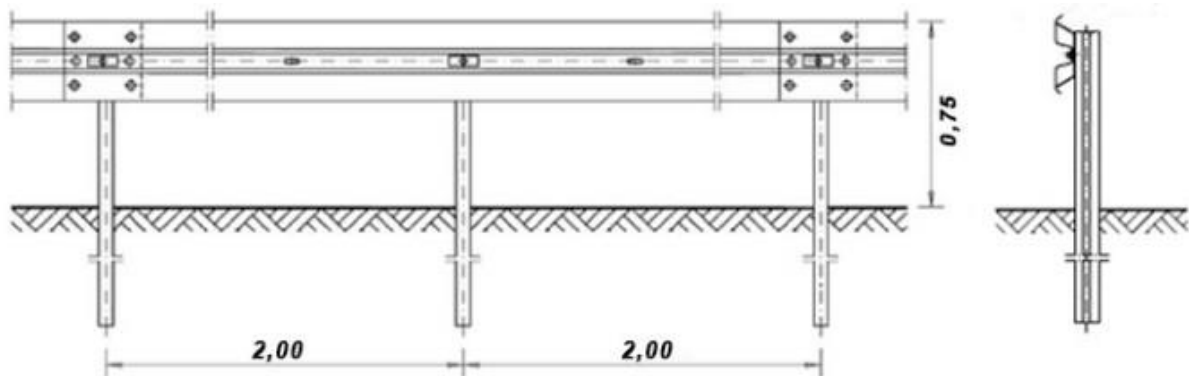
- vozila mase 900 kg, brzine 100 km/h, udar pod kutom 20 stupnjeva
- autobus težine 13000 kg, brzine 70 km/h, udar pod kutom 20 stupnjeva

Zaštitne ograde klase H3 su ograde koje zadovoljavaju razinu zadržavanja:

- vozila mase 900 kg, brzine 100 km/h, udar pod kutom 20 stupnjeva
- kamion težine 16000 kg, brzine 80 km/h.[28]

Jednostrana ograda (JO) (slika 34.) sastoji se od branika i podupirača pričvršćenih direktno na stupove koji se nalaze na međusobnom razmaku od 2m. Predviđena je za zadržavanje vozila s jedne strane. Postavlja se uz rub prometne trake otvorene dionice ceste, a u pravilu samo kad na bankini nema dovoljno mjesta za postavljanje jednostrane distantne

ograda (JDO). Vrlo često se postavlja na portalima tunela kao samostalna ograda ugrađena na portal ili kombinacija sa „New Jersey“ betonskim ogradama.[27]



Slika 34. Jednostrana ograda (JO-N2), [28]

Dvostrana ograda (DO) sastoji se od dva branika koji su međusobno s podupiračima pričvršćeni na U-spojnicu te sa spojnicom-kapom na stupove, koji se nalaze na međusobnom razmaku od 2m. Predviđena je za zadržavanje vozila s obje strane, a postavlja se u razdjelnom pojasu, između dvaju kolnika suprotnih smjerova, kojega je širina 1.8 m i manja. Ako je širina razdjelnog pojasa 1,8 do 2,8 m, postavlja se dvostrana distantna ograda na stupove s razmakom od 2 m.[27]



Slika 35. „New Jersey“ plastična zaštitna ograda, [27]

Zaštitne ograde tipa „New Jersey“ mogu biti betonske ili plastične PVC prikazane na slici 26. Betonske zaštitne ograde moraju biti takve da svojim djelovanjem spriječe proboj i gaženje te da prihvate i postupno zaustave vozila u prostoru izvan opasne zone, a da se pritom

nastala šteta na ogradi može jednostavno i brzo otkloniti. Plastične PVC „New Jersey“ ograde često su puta korištene naspram betonskih ograda jer su puno lakše. Efektivne su u svim vremenskim uvjetima i imaju mogućnost punjenja vodom ili pijeskom. Prilikom udarca vozila u njih, pružaju puno manju štetu na samom vozilu i opasnost u prometu te omogućavaju vozačima preglednost i jasnoću kada su korištene u području radova na prometnicama.

Zaštitna ograda također treba biti opremljena reflektirajućim oznakama ili smjerokaznim stupićima kao što prikazuje slika 36. U smjeru vožnje na desnoj strani oznaka je crvene boje, a s lijeve strane bijele boje. Ukoliko je kolnik s jednosmjernim prometom reflektirajuća oznaka treba biti s obje strane crvene boje.[9]



Slika 36. Smjerokazni stupići, [17]

Ublaživači udara (slika 37.) dizajnirani su da upijaju kinetičku energiju vozila preusmjeravajući vozilo dalje od opasnosti. To su naprave koje se koriste za osiguranje posebno opasnih mjesta na cesti gdje postoji opasnost naleta vozila na čvrstu građevinu. Postavljaju se na: ulazima u tunel, na cestarskim prolazima, opasnim raskrižjima, završecima betonskih elemenata “New Jersey” i svim mjestima gdje vozači zbog loše vidljivosti, suženih prolaza, prometovanja u oba smjera (npr. tunel), nejasno definiranih opasnih mjesta na cesti, te velike brzine imaju veću mogućnost pogrešne procjene situacije, a s time i veću mogućnost naleta na objekt, suprotnu kolničku traku ili izazivanja druge neugodne situacije. Pokazali su se kao vrlo bitna naprava za sigurnost prometa jer je njihova preusmjeravajuća sposobnost vrlo važna kad su prepreke u razdjelnom pojasu prometnice ili na bankini s uskom zonom i velikom širinom kolnika. [27]



Slika 37. Ublaživač udara, [17]

6.1 Pregledni prikaz elemenata zaštite tunela Mala Kapela

Tunel Mala Kapela (slika 38.) na svom sjevernom i južnom portalu kao zaštitni element portala ima ogradu tipa „New Jersey“ sa reflektirajućim oznakama na koju je s lijeve strane u smjeru vožnje, odnosno u razdjelnom pojasu, ugrađena zaštitna čelična odbojna ograda tipa H1. S obzirom da je tunel Mala Kapela, građen i pušten u promet u dužem vremenskom periodu (puštanje u promet od 2003. do 2013. godine), te da nije postojala zakonska regulativa i/ili tipska rješenja zaštite portala tunela u obliku tehničke smjernice, za izvedene sustave zaštite portala nisu bili definirani zahtjevi, odnosno norme koje tehničko rješenje mora zadovoljiti.

Sukladno tome, te uzevši u obzir da moderni zaštitni cestovni sustavi moraju biti usklađeni s zahtjevima iz norme HRN EN 1317 po kriterijima zadržavanja vozila, ozbiljnosti učinka udara na korisnike i deformacije zaštitnog sustava nakon udara vozila, u cilju povećanja sigurnosti prometa, prilagođeni su postojeći sustavi zaštite portala tunela zahtjevima iz zakonske regulative. Izvršeni su radovi ankeriranja stupa i temelja elastične odbojne ograde na spoju betonske ograde i betonske obloge tunela, na sjevernom i južnom portalu tunela.



Slika 38. Portal tunela Mala Kapela, [2]

6.2 Pregledni prikaz elemenata zaštite tunela Sv. Rok

Tunel Sv. Rok (slika 39.) je na portalima opremljen je betonskom ogradom „New Jersey“ s desne strane u smjeru vožnje, a u razdjelnom pojasu je izvedena zaštitna odbojna čelična ograda tipa H2. S obzirom da je tunel Sv. Rok, također građen i pušten u promet u dužem vremenskom periodu, te da nije postojala zakonska regulativa i/ili tipska rješenja zaštite portala tunela u obliku tehničke smjernice, za izvedene sustave zaštite portala nisu bili definirani zahtjevi, odnosno norme koje tehničko rješenje mora zadovoljiti.

Sukladno tome, te uzevši u obzir da moderni zaštitni cestovni sustavi moraju biti usklađeni s zahtjevima iz norme HRN EN 1317 izvedeni su radovi ankeriranja stupa i temelja elastične odbojne ograde na spoju s betonskom oblogom tunela.



Slika 39. Portal tunela Sv. Rok, [29]

6.3 Pregledni prikaz elemenata zaštite tunela Učka

Kako je tunel Učka ujedno i naplatna postaja Istarskog ipsilona (slika 40.) prije samog portala tunela postoje naplatne kućice koje su zaštićene elementima zaštite poput ublaživača udara na vrhovima prometnih otoka kao i zaštitnom odbojnom ogradom tipa H1, a suprotni smjer vožnje dodatno je odvojen plastičnom ogradom tipa „New Jersey“. Na samom portalu izvedene su betonske ograde tipa „New Jersey“. Konstrukcija i oblik betonske ograde moraju biti takvi da ograda svojim djelovanjem spriječi proboj i gaženje te da prihvati i postupno zaustavi vozila u prostoru izvan opasne zone, a da se pritom nastala šteta na ogradi može jednostavno i brzo otkloniti. Prednosti New Jersey plastičnih ograda ogledaju se u uštedi više od 80% prostora kada su rasklopljene, lakoj i jednostavnoj mogućnosti prijevoza i transporta, lakom pristajanju uz različite tipove podloga, mogućnosti rastavljanja na dijelove, mogućnosti dodavanja ostale signalizacije, laganog rastavljanja uz rad jedne osobe i vizualno su efektivne.



Slika 40. Portal tunela Učka, [30]

7 ZAKLJUČAK

Sigurnost cestovnog prometa je jedan od najaktualnijih problema današnjice. Razvojem cestovnog prometa i povećanjem stupnja motorizacije na autocestama smanjuje se sigurnost putovanja. Prometna oprema i elementi zaštite ceste osiguravaju sigurno i udobno kretanje sudionika u prometu od polazišta do željenih odredišta jer određeni elementi sprječavaju nastanak prometne nesreće, a ukoliko do nje ipak dođe svojim svojstvima umanjuju posljedice. Prometnu opremu i zaštitu nije potrebno samo pravilno i uredno postaviti nego ju je potrebno održavati i nadzirati. Redovitim pregledima i postupcima održavanja prometnica, prometne opreme i zaštite, smanjuje se broj prometnih nesreća i ublažavaju njihove posljedice.

Statistika prometnih nesreća u tunelima se ne razlikuje puno od onih na otvorenim dionicama cestama, no prometne nesreće u tunelima mogu imati značajno teže posljedice od onih na otvorenom dijelu prometnice, posebice kod prometnih nesreća u slučaju požara i prijevoza opasnih tvari.

Za smanjenje broja prometnih nesreća potrebno je koristiti informacijsko komunikacijske sustave koji omogućavaju konstantan nadzor i kontrolu tunela kao i ostale prometne infrastrukture. Mala Kapela i Sv. Rok, kod nas najdulji i najpoznatiji tuneli, koji su svrstani u jedne od najsigurnijih tunela u Europi, opremljeni su najmodernijim sustavom za nadzor i upravljanje prometom koji se provode svaki dan 24 sata iz Centra za upravljanje i kontrolu prometa (COKP-a). Opremljeni su sustavom vatrodjave i velikim brojem video kamera, a sustavom promjenjive svjetlosne signalizacije vozači primaju obavijesti o upozorenjima ili ograničenjima.

Analizom prometne opreme i elemenata zaštite tunela Mala Kapela i Sv. Rok može se zaključiti da je stanje jako dobro i da zadovoljavaju svim uvjetima propisanim zakonom te se prate svjetski trendovi što se tiče unaprjeđenja sigurnosti cestovnog prometa samim time što imamo jedan od najboljih i najpouzdanijih sustava za upravljanje prometom. U sklopu modernizacije tunela Učka obavljani su značajni poslovi na podizanju razine opremljenosti ovoga tunela, no do potpunog zadovoljenja kriterija propisanih Direktivom potrebno je poduzeti još aktivnosti kao što je nedostatak poprečnih veza za hitne službe u incidentnim situacijama.

Unatoč svemu tome uvijek postoji prostor za napredak. Potrebno je omogućiti sinkroniziranu razmjenu informacija u realnom vremenu između službi koje su zadužene za promet i na taj način postići maksimalno iskorištenje upotrijebljene tehnologije i maksimalnu sigurnost korisnika tunela što je i glavni cilj.

LITERATURA

- [1] Hrvatska enciklopedija. Preuzeto sa: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=62681> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [2] Brošura tuneli. Preuzeto sa: <https://hac.hr/files/shares/brosura-tuneli.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [3] Modernizacija tunela Učka. Preuzeto sa: <https://www.hrcak.srce.hr/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [4] Google Maps. Preuzeto sa: <https://www.google.com/maps/place/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [5] EuroTAP. Preuzeto sa: <https://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/eurotap/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [6] Zakon o cestama (NN broj 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14 i 110/19), Narodne novine, 2014.
- [7] Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 79/19 i 42/20), Narodne novine, 2020.
- [8] Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele, Narodne novine, 2004.
- [9] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, Narodne novine, 2019.
- [10] Opći tehnički uvjeti - Hrvatske ceste. Preuzeto sa: <https://hrvatske-cesta.hr/hr/stranice/tehnicka-dokumentacija/dokumenti/44-opci-tehnicki-uvjeti-za-radove-na-cestama> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [11] Direktiva 2004/54/EC Europskog parlamenta i vijeća. Preuzeto sa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hr/TXT/?uri=CELEX%3A32004L0054> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [12] Zakon o prijevozu opasnih tvari, Narodne novine, 2020.
- [13] Pravilnik o prijevozu opasnih tvari u oružanim snagama Republike Hrvatske, Narodne novine, 2006.
- [14] Pravilnik o uvjetima i načinu prijevoza opasnih tvari dugim tunelima na autocesti A1 Zagreb-Split-Dubrovnik, Narodne novine, 2007.
- [15] Prijevoz opasnih tvari kroz tunel Sveta tri kralja. Preuzeto sa: http://www.azm.hr/download/prijevoz_opasnih_tvari_pravilnik.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [16] Međunarodni sporazum o prijevozu opasnih tvari – ADR, Narodne novine, 2017.

- [17] Signallinea. Preuzeto sa: <http://www.signalinea.hr/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [18] Prometna škola. Preuzeto sa: http://ss-tehnicka-prometna-st.skole.hr/upload/ss-tehnicka-prometna-st/images/static3/1495/File/oznake_na_kolniku_i_drugim_povrsinama.pdf [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [19] Legac I. Cestovne prometnice 1. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2006.
- [20] Cerovac V. Tehnika i sigurnost prometa. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2001.
- [21] Vrkljan I. Provjetravanje, rasvjeta i opasnost od požara. Rijeka: Građevinski fakultet; 2007.
- [22] Građevinar. Preuzeto sa: <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-61-2009-02-05.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [23] GIN. Preuzeto sa: <http://gin.hr/en/engineering-supervision-tunnel-furnishing/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [24] Proleksis enciklopedija. Preuzeto sa: <https://proleksis.lzmk.hr/49406/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [25] Bilten o sigurnosti cestovnog prometa za 2019. godinu. Preuzeto sa: <https://mup.gov.hr/pristup-informacijama-16/statistika-228/statistika-mup-a-i-bilteni-o-sigurnosti-cestovnog-prometa/283233> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [26] EuroRAP. Preuzeto sa: <https://www.hak.hr/sigurnost-u-prometu/projekti/eurorap/karta-rizika-2010-2012> [Pristupljeno: rujan 2020.]
- [27] Prometna signalizacija. Preuzeto sa: <https://www.prometna-signalizacija.com/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [28] Autorizirana predavanja iz kolegija Cestovne prometnice 1. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2020.
- [29] His-projekt. Preuzeto sa: <http://his-projekt.hr/index.php/hr/proizvodi/odbojne-ograde> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [30] Zadarski Internet portal. Preuzeto sa: <https://ezadar.net.hr/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]
- [31] Istarska internetska enciklopedija. Preuzeto sa: <https://www.istrapedia.hr/> [Pristupljeno: kolovoz 2020.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Tunel Mala Kapela	5
Slika 2. Tunel Sveti Rok	6
Slika 3. Tunel Učka.....	7
Slika 4. Certifikat o ispravnosti vozila za prijevoz određenih opasnih tvari.....	14
Slika 5. Suglasnost za prijevoz opasnih tvari tunelom Sveta Tri Kralja (list1).....	16
Slika 6. Suglasnost za prijevoz opasnih tvari tunelom Sveta Tri Kralja (list 2).....	17
Slika 7. Opće oznaka opasnosti pri prijevozu opasnih tvari.....	20
Slika 8. Specijalna oznaka opasnosti pri prijevozu opasnih tvari.....	20
Slika 9. Znakovi opasnosti	23
Slika 10. Znakovi izričitih naredbi.....	24
Slika 11. Znakovi obavijesti.....	24
Slika 12. Markeri za razdvajanje smjerova vožnje K37	25
Slika 13. Markeri za označavanje ruba kolnika K02	25
Slika 14. Evakuacijska crta.....	26
Slika 15. Znakovi na ulazu u tunel.....	27
Slika 16. Zone rasvjete tunela.....	28
Slika 17. Položaj rasvjete (pogled na strop)	28
Slika 18. Prirodna ventilacija u tunelu	29
Slika 19. Uzdužna ventilacija u tunelu.....	30
Slika 20. Uzdužna ventilacija s ventilacijskim oknima u stopu tunela	30
Slika 21. Poprečna ventilacija u tunelu	31
Slika 22. Polupoprečna ventilacija tunela	31
Slika 23. Poprečni presjek tunelske cijevi Mala Kapela	32
Slika 24. Detalj A – odvodnja tunela Mala Kapela	33
Slika 25. Tlocrt pješačkog prijelaza i SOS tunela Mala Kapela.....	33
Slika 26. Centar za kontrolu prometa tunela Mala Kapela	35
Slika 27. Provjetravanje tunela Mala Kapela	36
Slika 28. Poprečni presjek tunelske cijevi Sv. Rok	37
Slika 29. Tlocrt pješačkog prolaza i SOS tunela Sv. Rok.....	37
Slika 30. Centar za kontrolu prometa tunela Sv. Rok.....	38
Slika 31. Poprečni presjek tunela Učka.....	39
Slika 32. Sustav daljinskog upravljanja (SDU) tunela Učka.....	40

Slika 33. Ventilacija tunela Učka	41
Slika 34. Jednostrana ograda (JO-N2)	45
Slika 35. „New Jersey“ plastična zaštitna ograda.....	45
Slika 36. Smjerokazni stupići	46
Slika 37. Ublaživač udara.....	47
Slika 38. Portal tunela Mala Kapela.....	48
Slika 39. Portal tunela Sv. Rok.....	49
Slika 40. Portal tunela Učka	50

POPIS TABLICA

Tablica 1. Najdulji cestovni tuneli u Republici Hrvatskoj.....	4
Tablica 2. Ograničenja prolaska kroz tunel	21
Tablica 3. Propisana razina zaštite zaštitnih odbojnih ograda	44

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Statistika prometnih nesreća u tunelima u Republici Hrvatskoj za 2018. i 2019. godinu	42
--	----



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada
pod naslovom **Analiza prometne opreme i elemenata zaštite dugačkih tunela u**
Republici Hrvatskoj repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.
na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 7.9.2020

Student/ica:

Hajneta Čojin
(potpis)