

# Upravljanje prometom u dugačkim tunelima

---

Došen, Perica

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic Nikola Tesla in Gospić / Veleučilište Nikola Tesla u Gospiću**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:107:996010>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic Nikola Tesla in Gospić - Undergraduate thesis repository](#)



**VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA“ U GOSPIĆU**

Perica Došen

**UPRAVLJANJE PROMETOM U DUGAČKIM TUNELIMA  
TRAFFIC MANAGEMENT IN THE LONG TUNELS**

Završni rad

Gospić, 2016.



**VELEUČILIŠTE „NIKOLA TESLA“ U GOSPIĆU**

Prometni odjel

Stručni studij Cestovnog prometa

**UPRAVLJANJE PROMETOM U DUGAČKIM TUNELIMA**

**TRAFFIC MANAGEMENT IN THE LONG TUNELS**

Završni rad

MENTOR:

Ivica Baković,

viši predavač

STUDENT:

Perica Došen

MBS: 2961000443/13

Gospić, rujan 2016

**Veleučilište „Nikola Tesla“ u Gospiću**

Prometni odjel

Gospić, 13. ožujka 2016.

**Z A D A T A K**

za završni rad


Pristupniku Perici Došenu, matični broj 2961000443/13, studentu stručnog studija Cestovnog prometa izdaje se tema završnog rada pod nazivom:


**Upravljanje prometom u dugačkim tunelima**

Sadržaj zadatka:

1. Uvod
  2. Općenito o tunelima
  3. Zakoni i odredbe u tunelima
  4. Upravljanje kontrolom prometa
  5. Nesreće u tunelima
  6. Zaključak
- Literatura

*Završni rad izraditi sukladno odredbama Pravilnika o završnom radu Veleučilišta „Nikola Tesla“ u Gospiću.*

**Mentor:** Ivica Baković, viši predavač, **zadano:** 13. ožujka 2016. 

**Pročelnik odjela:** PERICA DOŠEN, **predati do:** 30. rujna 2016. 

**Student:** Perica Došen, **primio zadatak:** 13. ožujka 2016. Perica Došen

Dostavlja se:

- mentoru
- pristupnici

---

## IZJAVA

Izjavljujem da sam završni rad pod naslovom **Upravljanje prometom u dugačkim tunelima** izradio samostalno pod nadzorom i uz pomoć mentora Ivice Bakovića, dipl. ing. višeg predavača.

Perica Dajen

(potpis studenta)

## SAŽETAK

Upravljanje kontrolom prometa u dugim tunelima prati događanja u prometu 24/h na dan pomoću raznih sredstava kao što su npr. sigurnosne kamere , znakovi, senzori i tako dalje, a sve to kako bi se povećala sigurnost te protok vozila u određenom tunelu te kako bi se zatvorio/preusmjerio promet ako dođe do nekog oblika prometne nesreće. Kao što će biti prikazano u nastavku završnoga rada govorit će se o različitim tunelima diljem Europe te o njihovim značajkama i o nekim nesrećama.

***Ključne riječi:*** tunel, sigurnost, kontrola, upravljanje prometom

## **SUMMARY**

Management of control in traffic in long tunnels monitors traffic situation 24/h per day by various means like: security cameras, traffic signs, sensors etc. and all this in order to increase safety and traffic flow in specific tunnel and to redirect traffic if there is some form of traffic accident. As it will be shown below in the final paper it will be talked about various tunnels across Europe and their features and some accidents.

***Key words:*** tunnel, safety, control, traffic management



# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Problem i predmet završnog rada.....	1
1.2. Radna hipoteza .....	1
1.3. Svrha i ciljevi istraživanja .....	2
2. OPĆENITO O TUNELIMA .....	3
3. ZAKONI I ODREDBE U TUNELIMA.....	11
3.1. Pravilnici .....	11
3.2. Direktiva 2004/54/EZ o najnižim sigurnosnim zahtjevima za tunele .....	12
4. UPRAVLJANJE KONTROLOM PROMETA .....	13
4.1. Tuneli Mala Kapela i Sveti Rok.....	14
4.2. Tunel Leardal .....	17
4.3. Tunel La Manche .....	21
4.4. Tunel Gotthard .....	22
5. NESREĆE U TUNELIMA .....	24
5.1. Kako povećati sigurnost kako ne bih dolazilo do nesreća? .....	25
5.2. Prijedlozi poboljšanja postojećih sustava za upravljanje prometom u tunelima .....	26
5.3. Statistika prometnih nesreća.....	27
5.4. Povećanje sigurnosti u budućnosti .....	28
6. ZAKLJUČAK .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LITERATURA.....	30
POPIS SLIKA I TABLICA.....	31

# 1. UVOD

Problem sigurnosti prometa na cestama jedan je od najvažnijih problema današnjice. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, u svijetu na cestama godišnje pogine oko 1.240.000 ljudi. Stoga je Generalna skupština Ujedinjenih naroda u ožujku 2010. godine proglasila desetljeće u kojem živimo (2011.-2020.) „Desetljeće akcije za sigurnost cestovnog prometa“. Cilj je stabiliziranje i smanjenje broja žrtava na cestama, odnosno da se do 2020. godine predviđeni broj žrtava na cestama smanji za 50 posto. Postizanjem tog cilja sačuvalo bi se 5 milijuna života, znatno bi se smanjio broj ozlijeđenih osoba, a ušteda društva iznosila bi 30 milijuna dolara. Područja djelovanja „Desetljeća sigurnosti“ u cilju smanjenja broja žrtava na cestama ogledaju se u poticanju sigurnijeg ponašanja sudionika u prometu, izgradnji upravljačkih kapaciteta, izgradnji sigurnijih cesta, proizvodnji sigurnijih vozila te učinkovitijoj skrbi nakon prometnih nesreća. ( Svjetska zdravstvena organizacija (eng. „World Health Organization“,14.01.2015. ).

## 1.1. Problem i predmet završnog rada

Problem **istraživanja** svodi se na analizu postojeće tehnologije, kao i svih popratnih sadržaja koji su vezani za kontrolu prometa u dugačkim tunelima.

Predmet **istraživanja** upravljanja prometom u dugačkim tunelima svodi se na sigurnost putnika, kako bi se povećala učinkovitost prijevoza.

## 1.2. Radna hipoteza

Iz postavljenog predmeta istraživanja proizlazi **radna hipoteza**: „Upravljanje prometom u dugačkim tunelima“ predstavlja značajnu ulogu u sigurnosti i protočnosti prometa kroz najduže Europske i svjetske **tunele**.

### **1.3. Svrha i ciljevi istraživanja**

Svrha i ciljevi istraživanja, u ovome radu, implicirani su problemom i predmetom istraživanja i postavljenom radnom hipotezom.

## 2. OPĆENITO O TUNELIMA

Tunel je podzemna građevina ispod površine terena koja osigurava prostor za različite namjene i s jednim ili oba kraja izlazi na površinu.

Broj tunelskih cijevi ovisi o:

1. očekivanom prometnom opterećenju, pri čemu je potrebno uzeti u obzir i udio teških teretnih vozila
2. stupnju sigurnosti prometa
3. uzdužnom nagibu
4. duljini tunelskih cijevi.

Za tunele, kod kojih će očekivano prometno opterećenje biti veće od 10.000 vozila po prometnoj traci na dan u prognostičkom razdoblju od 15 godina, mora se planirati izgradnja dvije tunelske cijevi s jednosmjernim prometom.

U pravilu, broj prometnih traka, osim prometne trake za zaustavljanje vozila u nuždi (u daljnjem tekstu: zaustavna traka), mora u tunelu i izvan tunela biti isti. Svaka izmjena broja traka mora se provesti na dovoljnoj udaljenosti ispred portala tunela, koja mora biti najmanje jednaka udaljenosti koju vozilo koje se kreće najvećom dozvoljenom brzinom prijeđe za deset sekundi. Ukoliko zemljopisni uvjeti ne omogućavaju izvedbu takve udaljenosti, moraju se poduzeti dodatne i/ili pojačane mjere radi povećanja sigurnosti. Ulazni prostor tunela mora biti oblikovan na način da onemogući nalet vozila na portalnu građevinu.

Širina prometnih traka u tunelu mora biti istovjetna širini prometnih traka na dijelu ceste ispred i iza tunela. Najmanja dozvoljena širina rubnog traka u tunelu je 0,25 m. Rubne trake ne računavaju se u širinu prometnih traka. U tunelima koji će se graditi nije dozvoljen uzdužni nagib veći od 5%, osim ako zbog zemljopisnih uvjeta nije moguće drugo rješenje. U tunelima s uzdužnim nagibom većim od 3% moraju se poduzeti dodatne i/ili pojačane mjere da bi se povećala sigurnost, temeljene na analizi rizika. Najveća dopuštena brzina vožnje u tunelu je: 100 km/h u tunelu s jednosmjernim prometom, 80 km/h u tunelu s dvosmjernim prometom.

Znakovi opasnosti, izričitih naredbi, obavijesti i obavijesti za vođenje prometa koji se postavljaju ili zamjenjuju na autocestama i tunelima, moraju biti izvedeni tako da im se, s obzirom na trenutne uvjete i okolnosti prometa na autocesti, ili njezinom dijelu, ili tunelima duljim od 500 m, može mijenjati značenje.

**Slika 1. Tunel**



Izvor: <http://www.viadukt.hr/tuneli>, (13.06.2016)

### **Povijest gradnje tunela**

Ljudi od prapovijesti ulaze u podzemlje, a vrlo rano počinju s kopanjem podzemnih prostorija za potrebe stanovanja, rudarenja, navodnjavanja i slično. Od prvih početaka pa do danas ljudi sve dublje ulaze u podzemlje. Inovacije u zadnjih sto godina kao što su dinamit i eksplozivi (1867), električni detonatori (1867 god.), strojevi za iskop tunela (1881), mlazni beton (1942) i hidrauličko bušenje (1971) dali su snažnu potporu enormnom razvoju tehnika gradnji podzemnih objekata. Sa razvojem računalnih tehnika ubrzan je proces izgradnje i smanjen je rizik tijekom građenja.

U prošlosti su tuneli građeni isključivo radi savladavanja barijera. Danas za gradnju tunela postoje dva nova argumenta: nedostatak prostora i očuvanje okoliša. Kada se govori o tunelima dva kriterija su značajna: duljina i veličina poprečnog presjeka.

## CESTOVNI TUNELI:

- 36 p.K. Napulj – Puzzolia (Italia) dužina 1000 [m]
- 1964 - Mont Blanc Chamonix (Francuska) – Courmayeurom (Italija) dužina 12 650 [m].

**Slika 2.** Mont Blanc



Izvor:<https://structurae.net/structures/mont-blanc-tunnel> (15.07.2016)

- 1980 - St. Gotthard (Švicarska) dužina 16 322 [m], treći najdulji tunel na svijetu

**Slika 3.** St. Gotthard



Izvor: <http://www.gottardo2016.ch/en> (15.07.2016)

- 1999 - Laeredal (Norveška) najdulji tunel na svijetu dužine 24 500 [m]
- 2007 - Zhongnanshan (Kina) dužina 18 020 [m] - najdulji je cestovni tunel s dvije cijevi u svijetu

- 2015 - Yamate tunel Tokyo (Japan) 1992 - 2015. dužina 18 200 [m] - najdulji gradski cestovni tunel

**Slika 4.** Yamate



Izvor: [https://www.ieij.or.jp/english/what/pg\\_43.html](https://www.ieij.or.jp/english/what/pg_43.html) (15.07.2016)

- 1997 - Guoliang (Kina) 1200 x 4 x 5 [m], grupa od 35 seljaka izoliranih od civilizacije ručno je primitivnim alatima za 5 godina isklesala tunel.



**Slika 5.** Guoliang



Izvor: <http://www.dangerousroads.org/asia/china/46-guoliang-tunnel-china.html> (15.07.2016)

- 2015 - Eurasia tunnel – Bosporski tjesnac 14.6 [km]

Hrvatska:

- A1 - Mala Kapela 5780 [m], Brinje 1560 [m], Brezik 618, Plasina 2300 [m], Grič 1231 [m], Sv Rok 5686 [m],
- Ledenik 768 [m], Bristovac 700 [m], Dubrava 868 [m], Konjsko 1261[m], Bisko 520 [m], Stražina 584 [m].

**Slika 6.** Ledenik



Izvor: <http://www.panoramio.com/photo/75408683> (15.07.2016)

- A2 - Sv Tri Kralja 1741 [m], Brezovica 590 [m].
- A4 - Hrastovec 523 [m], Vrtlinovec 628 [m].
- A6 - Tuhobić 2141 [m], Sopač, Sleme 824 [m], Lučice 576 [m], Vršek 868 [m], Javorova Kosa 1460 [m], Pod Vugleš 610 [m], Čardak 601 [m], Rožman Brdo 523 [m], Veliki Gložac 1130 [m].
- A8 - Učka 5062 [m].

**Slika 7.** Učka



Izvor: <http://www.alamy.com/stock-photo/učka.html> (15.07.2016)

- Riječka obilaznica – Škurinje 2594 [m], Škurinje1 424 [m], Trsat 830 [m]
- D1- Mravince 491 [m], Klis Grlo 183 [m], Klis Kosa 273 [m],
- Ostale ceste – D532 Sv Ilija 4250 [m], Pitve D116 1400 [m], Dubovica Hvar D533 1516 [m], Marjan Split 840 [m], Škurinje Rijeka D404 1342 [m], Klis 108 [m].

### **3. ZAKONI I ODREDBE U TUNELIMA**

#### **3.1. Pravilnici**

Pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele sadrži odredbe koje su u skladu s Direktivom 2004/54/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 29. travnja 2004. O najnižim sigurnosnim zahtjevima za tunele u transeuropskoj cestovnoj mreži (u nastavku TEM) čija duljina prelazi 500 m, a koji su u fazi projektiranja, građenja ili korištenja. Istim se 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. Predmetnim pravilnikom određena je i najveća dozvoljena brzina vožnje u tunelima, a koja iznosi 100 km/h u tunelima s jednosmjernim prometom, a 80 km/h u tunelima s dvosmjernim prometom.

Minimalni sigurnosni građevinski zahtjevi odnose se na broj tunelskih cijevi, geometriju tunela, pristup za hitne službe, zaustavne površine, odvodnju i otpornost tunela na požar. Minimalni sigurnosni zahtjevi za prometnu signalizaciju i opremu odnose se na dolje navedene stavke:

- rasvjeta,
- provjetravanje (ventilacija),
- stanice za hitne slučajeve,
- vodoopskrba,
- sustav praćenja (nadzora),
- oprema za zatvaranje tunela,
- komunikacijski sustavi,
- opskrba električnom energijom i strujni krug,
- prometni znakovi, signalizacija i oprema za tunele te horizontalna signalizacija,
- signali voznih traka,
- promjenjivi prometni znakovi.(Na temelju članka 63. stavka 4. Zakona o cestama («Narodne novine», broj 84/11., 22/13. i 54/13.) ministar pomorstva, prometa i infrastrukture uz suglasnost ministra nadležnog za unutarnje poslove i ministra nadležnog za graditeljstvo, donosi pravilnik o minimalnim sigurnosnim zahtjevima za tunele.)

### **3.2. Direktiva 2004/54/EZ o najnižim sigurnosnim zahtjevima za tunele**

Potaknuti nizom prometnih nesreća koje su se dogodile u tunelima, a posebice nakon prometnih nesreća u tunelima Mont-Blanc i Tauern, u kojima je 1999. godine život izgubila 51 osoba, 30. studenog 2001. u Zurichu su se sastali ministri prometa Austrije, Francuske, Njemačke, Italije i Švicarske te su usvojili Zajedničku izjavu kojom preporučuju usklađenje nacionalnih zakona i propisa o najnovijim usklađenim uvjetima za poboljšanje sigurnosti u tunelima. Svrha je postizanje jednoznačnog, kontinuiranog i visokog stupnja sigurnosti za sve građane Europe u cestovnim tunelima. Također, i Vijeće Europe u nekoliko navrata, a posebice na sastanku 14. i 15. prosinca 2001. U Laekenu naglašava potrebu za hitnim poduzimanjem mjera za poboljšanje sigurnosti tunela. Kao rezultat ovih, ali i mnogih drugih akcija, 29. travnja 2004. Europski parlament i vijeće donose Direktivu 2004/54/EC o minimalnim uvjetima sigurnosti za tunele u trans– europskoj cestovnoj mreži. (<http://www.huka.hr>, (13.06.2016))

Direktiva 2004/54/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 27.travnja.2004. o najnižim sigurnosnim zahtjevima za tunele u transeuropskoj cestovnoj mreži (SL L 201 od 7.lipnja.2004.). (<http://www.zakon.hr/z/244/zakon-o-cestama>, Članak 1.a(NN92/14), (14.07.2016))

## 4. UPRAVLJANJE KONTROLOM PROMETA

U tunelima duljine veće od 3000 [m] s prometnim opterećenjem većim od 2000 vozila po prometnoj traci na dan mora se izvesti kontrolni centar i rezervni kontrolni centar.

Kontrolni centar mora preuzeti nadzor i upravljanje tunelom kada: prometni parametri dosegnu kritične vrijednosti (u tunelu ili u zoni ispred tunela), uvjeti u okolišu ugrožavaju sigurnost prometa (slaba vidljivost, visoka koncentracija CO i dr.), u slučaju pojave izvanrednih nepredvidivih ili predvidivih događaja (radovi na cesti, prometna nesreća, požar, dvosmjerni promet i dr.).

Jedan kontrolni centar može obavljati nadzor nad više tunela. U tunelima koji imaju kontrolni centar moraju se postaviti video sustavi praćenja i sustav za automatsko otkrivanje prometnih nesreća. Na ugibalištima za zaustavljanje vozila u nuždi postavljeni se infracrveni senzori za prisutnosti vozila tako da se svako zaustavljeno vozilo automatski evidentira u centru za upravljanje tunelom. Kod zaustavljanja vozila u tunelu pale se semafori ispred tunela i smanjuje se brzina vožnje u tunelu.

Video sustavi moraju omogućiti detekciju zaustavljenog vozila i pojavu dima, a u jednosmjernim tunelima i detekciju vožnje u suprotnom smjeru. Sustav video nadzora mora omogućiti kontrolnom centru neprekidno praćenje stanja u ulazno/izlaznoj zoni tunela kao i u cijelom tunelu. U području vrata za poprečne prolaze moraju se postaviti rotacijske kamere s mogućnošću zumiranja.

Prilikom izvanrednih događaja, slika na ekranu kontrolnog centra mora se automatski prebaciti na kameru koja je postavljena u blizini izvanrednog događaja. Za izvanredne događaje mora postojati alarmni monitor na kojem se automatski pokazuju slike s kamera na mjestu događaja te slike s kamera ispred i iza događaja. U tunelima koji imaju kontrolni centar mora postojati mogućnost prekida radio emitiranja kanala namijenjenih korisnicima tunela, radi prijenosa hitne poruke. Osim video kamera za ocjenu stanja koriste se meteorološke postaje i petlje za mjerenje prometa koje razlikuju kategorije vozila.

Kontrolni centar mora imati potpuni nadzor nad odvijanjem prometa u tunelu u svakom trenutku. U tunelima koji nemaju kontrolni centar, a kod kojih je rad mehaničke ventilacije za kontrolu dima različit od automatskog rada ventilacije za kontrolu zagađivača, moraju se postaviti automatski sustavi za otkrivanje požara.

Osnovne aktivnosti kontrolnog centra su:

sakupljanje prometnih podataka i podataka o okolini koji se odnose na izvanredne događaje na privozima i unutar tunela, kontrola trenutnog stanja prometa korištenjem ugrađenih komunikacijskih sustava s korisnicima (prometna signalizacija, video sustav, SOS, radio sustav) i upravljanje tunelom za vrijeme izvanrednih događaja, upravljanje ventilacijom, upravljanje rasvjetom, nadzor električnog napajanja, upravljanje prometom i informiranje korisnika i drugih javnih službi (policija, hitna pomoć, vatrogasci, HAK i dr.) o nastanku izvanrednih događaja na privozima tunelu i/ili unutar tunela.

#### **4.1. Tuneli Mala Kapela i Sveti Rok**

Tunel Mala Kapela nalazi se na autocesti A1, dionici Bosiljevo-M.Kapela. Mala Kapela je najduži tunel na autocesti Zagreb-Split, desna cijev dužine 5.780 m, a lijeva 5.821 m. S obzirom na geotehničke karakteristike stjenske mase, ovaj tunel po težini gradnje spada u srednju kategoriju. Maksimalna dopuštena brzina vožnje iznosi 100 km/h. Desna tunelska cijev puštena je u promet u lipnju 2005. godine. Radovi na iskopu desne tunelske cijevi započeli su 2002. godine. (<http://hac.hr>,(26.07.2016))

Tunel Sveti Rok je dvocjevni tunel, koji se nalazi se na dionici Tunel Sveti Rok – Maslenica na autocesti A1. Duljina lijeve tunelske cijevi iznosi 5679 m, a desne 5670 m. Lijeve i desne cijevi međusobno su spojene sa 4 prolaza za vozila i 15 prolaza za pješake, cijevi su međusobno udaljene 25 m.. Maksimalna dopuštena brzina vožnje iznosi 100 km/h. U lipnju 2003. godine za promet je puštena desna tunelska cijev. Kao službeni početak građenja tunela Sveti Rok uzima se 1993. godina, međutim prvi radovi na tunelu počeli su 1995. godine kopanjem predusjeka tunela, a 1997. godine počeli su radovi na iskopu ulaza u tunelsku cijev.

Prema smjernicama Europske unije, uvjeti koji nalažu dovršenje druge cijevi tunela su dnevna gustoća prometa veća od 10 tisuća vozila po prometnom traku, sezonski promet koji značajno premašuje prosječni godišnji dnevni promet te 15 % udjela vozila težih od 3,5 t.

Ostvareni prosječni godišnji dnevni promet već u 2006. godini premašio je 10000 vozila, a ljeti je dosegnuo i 28000 vozila (prosječni ljetni dnevni promet). U 2008. godini u tunelu Mala Kapela ostvaren je prosječni ljetni dnevni promet od 28.149 vozila, a u tunelu Sveti Rok 29.057 vozila. Prema prometnoj prognozi u 2009. godini prosječni ljetni dnevni promet mogao bi iznositi 28.993 vozila za tunel Mala Kapela, a 29.929 vozila za tunel Sveti Rok. (<http://hac.hr>, 26.07.2016))

Oba tunela opremljena su najmodernijim sustavima za nadzor i upravljanje prometom, upravljanje i nadzor se provode svakodnevno, 24 sata iz Centara za upravljanje i kontrolu prometa (COKP-e). Opremljeni su video kamerama, a kroz sustav svjetlosne promjenjive signalizacije provodi se informiranje u vidu upozorenja ili ograničenja vozačima. Korisnicima je na raspolaganju komunikacijski sustav za SOS intervencije, putem kojih se u slučaju kvara ili nezgode obavještava i poziva u pomoć operatera u COKP-i. Sustavom radiodifuzije osigurano je ostvarivanje radioveza između radiostanica unutar tunela i vanjskih radiostanica. Za davanje potrebnih informacija ili uputa korisnicima tunela, koji su zaustavljeni u tunelu radi nekog prometnog incidenta postavljeno je ozvučenje. Omogućeno je korištenje mobilnih uređaja, a putnici se izvještavaju putem radio-prijemnika, i to na frekvenciji HR 2 - 98,2 MHz. (<http://hac.hr>, 26.07.2016))



**Slika 8.** Kontrolna soba



Izvor: <https://www.flickr.com/photos/tomislavmavrovic/5727128097> (13.06.2016)

**Slika 9.** Tunel Mala Kapela



Izvor: <https://www.flickr.com/photos/tomislavmavrovic/5727128097> (13.06.2016)

## 4.2. Tunel Leardal

Tunel Laerdal, najduži cestovni tunel na svijetu — 24,5 kilometara.

**Slika 10.** Laerdal prometnica



Izvor: <http://www.amusingplanet.com/2015/03/laerdal-tunnel-worlds-longest-road.html>,  
(13.06.2016)

**Slika 10.** Laerdal kružni tok



Izvor: <http://www.amusingplanet.com/2015/03/laerdal-tunnel-worlds-longest-road.html>, (13.06.2016)

Laerdal važan je dio glavne prometnice koja povezuje dva najveća grada u Norveškoj — Oslo (glavni grad, koji se nalazi na istoku) i Bergen (koji se nalazi na zapadnoj obali). Ostale planinske ceste koje povezuju ova dva grada zimi su teško prohodne zbog snijega i vjetra. Zbog toga je postojala velika potreba za nekim novim prometnim pravcem kojim bi se promet mogao nesmetano odvijati i kada su vremenske prilike loše. Godine 1992. norveški Parlament donio je odluku da se u sklopu nove autoceste probije tunel između naselja Aurlanda i Laerdala. Nakon pet godina radova tunel je službeno otvoren za promet u studenom 2000.

**Slika 12.** Laerdal parkiralište



Izvor: <https://www.pinterest.com/pin/146718900331052614/>, (13.06.2016)

**Slika 13.** Laerdal parkiralište za autobus

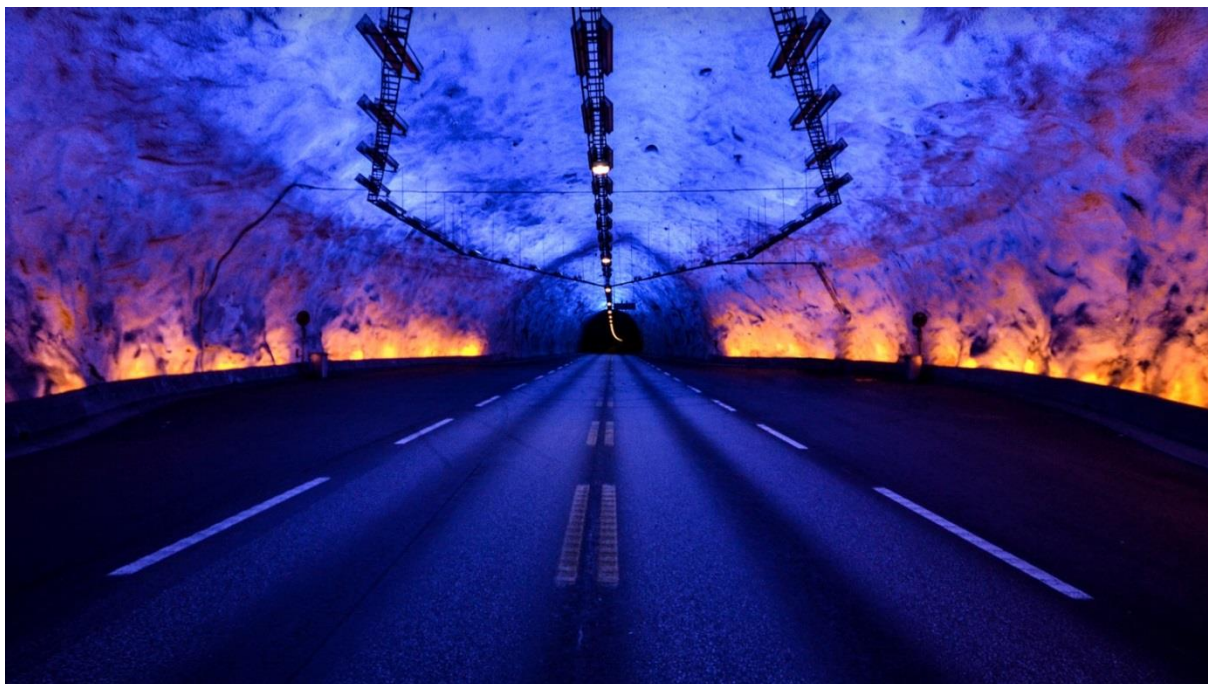


Izvor: <http://www.panoramio.com/photo/25545908>, (13.06.2016)

U kontrolnom centru u Laerdalu danonoćno se nadzire sve postojeće sigurnosne sustave u tunelu i čim se primijeti da je sigurnost prometa ugrožena, tunel se zatvara za promet. Poduzete su brojne mjere predostrožnosti kako bi se omogućilo brzo zatvaranje i evakuaciju tunela. Isto tako, u tunelu su na svakih 250 metara postavljeni telefoni za hitne slučajeve, a na svakih 125 metara po dva aparata za gašenje požara. Kada netko ukloni bilo koji od postavljenih aparata za gašenje požara, kontrolni centar automatski registrira na kojem se mjestu to dogodilo. Ako se takvo što desi, na semaforima ispred ulaza u tunel upalit će se crveno svjetlo koje upozorava vozače da ne ulaze u tunel, a prometna signalizacija u tunelu usmjerit će vozače prema sigurnom izlazu, u smjeru suprotnom od opasnosti.

Vozačima to neće biti problem s obzirom na to da je u tunelu na svakih 500 metara napravljeno okretište za automobile, dok za veća vozila postoji 15 takvih okretišta. Tunel je pored toga opremljen i radio antenama, pa potrebne informacije vozači mogu čuti i putem radioprijemnika u svom automobilu. Sav promet unutar i izvan tunela nadzire se i posebnim uređajima za brojenje i snimanje vozila. S obzirom na relativno mali broj vozila i sve poduzete mjere opreza, stručnjaci smatraju ovaj tunel izuzetno sigurnim za promet.(<http://wol.jw.org/hr/wol/d/r19/lp-c/102002487>, (14.07.2016))

**Slika 14.** Pogled kroz tunel



Izvor: <http://curious-places.blogspot.hr>, (13.06.2016)

### 4.3. Tunel La Manche

Dana 6. svibnja 1994. svečano je otvoren podzemni i podmorski prolaz koji izravno povezuje Folkestone u grofoviji Kent s francuskom obalom kod Calaisa. Riječ je o 50 km dugom tunelu koji prolazi ispod kanala La Manche njegovim najužim dijelom, Doverskim vratima. Sastoji se od 2 cijevi, dok je treća tu zbog sigurnosti, a služi za održavanje tunela. Suvremeni vlakovi za 35 minuta prevezu putnike s jedne do druge strane, dok se automobili i kamioni prevoze posebnim željezničkim vlakovima s jedne strane na drugu.([www.LaManche.com](http://www.LaManche.com),(13.06.2016))

Koristi se za željeznički teretni i putnički promet; automobili i kamioni ukrcavaju se u posebne vlakove (shuttle). Od tri tunelske cijevi dvije se koriste za promet vlakova, a treća je sigurnosno-servisna. Godine 2012. kroz tunel je prevezeno 18,2 milijuna putnika, 2,4 milijuna automobila, 1,5 milijuna kamiona, a prošlo je 2325 teretnih vlakova. Izgradnja je započela 1987; službeno je otvoren 6. svibnja 1994; prijevoz putnika od 22. prosinca 1994.

**Slika 15.** LaManche



Izvor:<http://www.vijesti.rtl.hr/novosti/1481013/tunel-ispod-la-manchea-zatvoren-zbog-zapaljenog-kamiona/>,(13.06.2016)

#### 4.4. Tunel Gotthard

Bazni tunel Gotthard spaja dolinu Reuss u kantonu Uri s dolinom Ticino u istoimenoj regiji te je prvi tunel u povijesti koji gotovo direktnom linijom prolazi ispod jednog planinskog lanca, u ovom slučaju Alpa. Tunel se sastoji od dvije cijevi, jedne duge 57,09 kilometara, a druge 57,104 kilometara - kad se zbroje dužine obje cijevi i svih pomoćnih tunela i prolaza dobije se ukupnu dužina od zapanjujućih 151,840 km.

Kroz dvije cijevi tunela prometovat će isključivo vlakovi čime će Bazni tunel Gotthard postati ne samo najduži željeznički tunel na svijetu, nego najduži tunel za bilo koji oblik prometa (ako ne računamo 60 kilometara dugu liniju podzemne željeznice u kineskom gradu Guangzhou).

Iza njega će tako ostati tunel Seikan koji povezuje japanske otoke Honshu i Hokkaido (53,9 kilometara) te tunel koji povezuje Francusku i Englesku ispod kanala La Manche (50,9 kilometara). Budući da prolazi ispod visokih Alpa, Bazni tunel Gotthard bit će i najdublji na svijetu, koji će na jednom dijelu prolaziti 2300 metara ispod planinskih vrhova. (<http://www.jutarnji.hr>, 07.07.2016)

**Slika 16.** Gotthard



Izvor: [https://www.lombardi.ch/de-de/PublishingImages/Covers/Gotthard\\_Base\\_Tunnel\\_920x440.jpg](https://www.lombardi.ch/de-de/PublishingImages/Covers/Gotthard_Base_Tunnel_920x440.jpg) , (07.07.2016)

## Sigurnost tunela Gotthard

Kontrola tunelskih tehnologija, za koju je zadužena tvrtka Siemens, prikazuje sve relevantne sustave i izvješća o kvaru elektromehaničke opreme i postrojenja. Tehnologija operatorima omogućuje sučelja koja imaju jasan pregled statusa sustava i njegovih komponenti u bilo kojem trenutku. Sve nepravilnosti koje se događaju mogu se odmah analizirati, a potom poduzeti mjere kako bi riješili problem. Upravljanje cjelokupnom opremom u tunelu automatizirano je i na taj način znatno će biti smanjene ljudske intervencije, dok će potencijalne opasnosti biti svedene na najmanju moguću mjeru. Na projektu Alp Transit Gotthard primijenjen je standardizirani sustav ERTMS/ ETCS (eng. European Rail Traffic Management System / European Train Control System), koji podrazumijeva zamjenu dosadašnjih optičkih signala za izdavanje naredbi radiosignalima. Sustav se trenutno primjenjuje i na ostalim europskim željeznicama. Vlakovi su opremljeni automatskim sigurnosnim sustavom, pa ne mogu prekoračiti dopuštenu maksimalnu brzinu niti voziti kada se oglasi signal za zaustavljanje. Sigurnosne mjere u baznome tunelu Gotthard bit će pouzdanije od ostatka željezničke mreže na području Švicarske jer međunarodna uloga te linije zahtijeva njezino besprijekorno funkcioniranje. Za održavanje i sigurnost tunela obučeno je 3900 ljudi, a dva su interventna centra izgrađena u gradićima Erstfeldu i Biascu. (<http://www.gradjevinar.hr>, **Anđela Bogdan**, (07.07.2016))



## 5. NESREĆE U TUNELIMA

Jedna od najvećih cestovnih tragedija u europskoj povijesti započela je malo prije jedanaest ujutro 1999. godine kada je belgijski tegljač koji je prevozio brašno i margarin zahvatila vatra. Vozač Gilbert Degrave zaustavio je Volvo, iskočio iz kamiona i pokušao ugasiti vatru, no ona se već proširila previše. Za razliku od šesnaest ranijih slučajeva kada su vozači sami uspijevali zaustaviti požar, u ovom je već bilo prekasno, a zapaljivost prevožene robe, prije svega margarina, dodatno je pogoršala situaciju. Gusti dim počeo je sukljati kroz tunel, a katastrofalna neusklađenost talijanske i francuske službe, svake odgovorne za nadzor pola tunela, doprinijela je kaosu. Neki su se od nesretnika koji su se zatekli u više od jedanaest kilometara dugačkom tunelu uspjeli izvući, što okretanjem automobila, što pješke, no vozači kamiona nisu ih mogli okrenuti. Započeta vatra gorjet će bez prestanka čak pedeset i tri sata. Gusti dim i iznimno visoke temperature od oko 1000 Celzijevih stupnjeva tog su jutra odnijeli čak trideset i devet života. (<http://www.autoportal.hr>, Dino Milić Jakovlić, (24.03.2015))

**Slika 17.** Požar u tunelu Mont-Blanc



Izvor: [http://www.autoportal.hr/clanak/dogodilo\\_se\\_na\\_danasnji\\_dan\\_-\\_24\\_3\\_](http://www.autoportal.hr/clanak/dogodilo_se_na_danasnji_dan_-_24_3_)  
(13.06.2016)

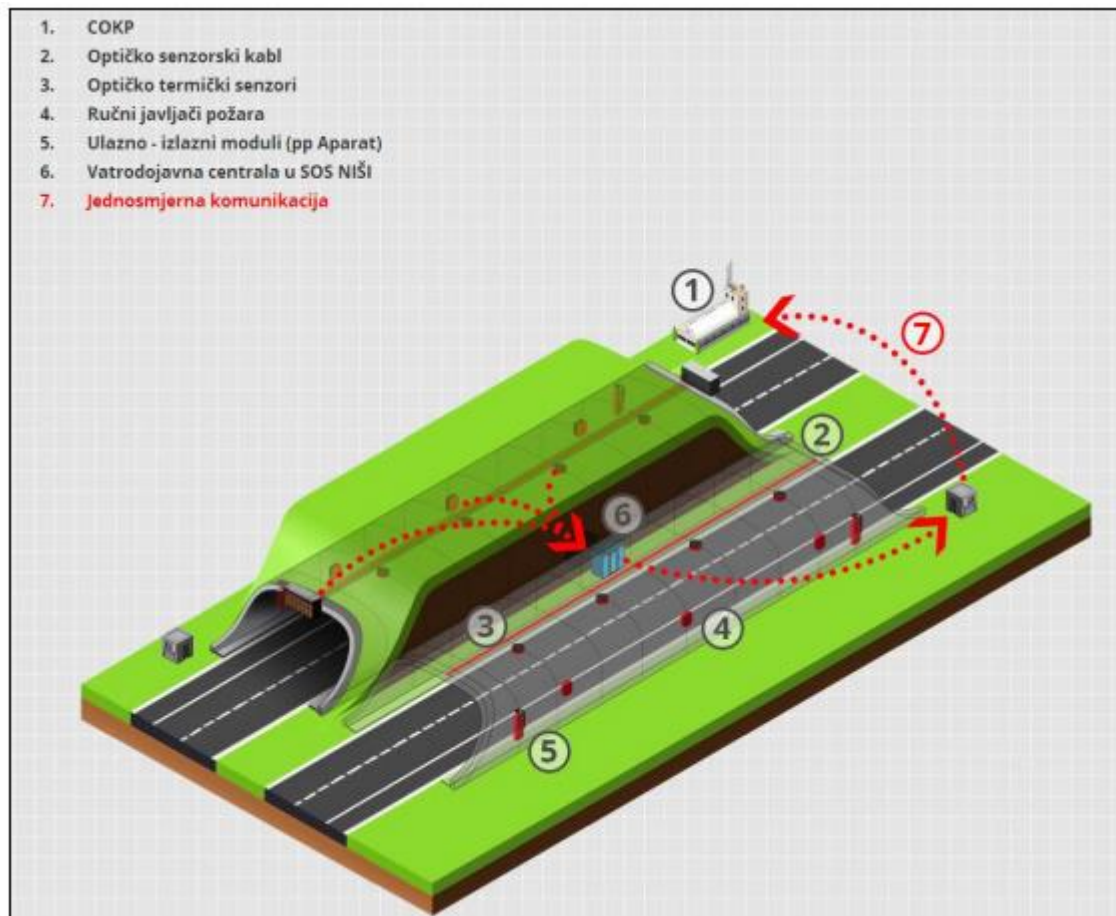
## 5.1. Kako povećati sigurnost kako ne bih dolazilo do nesreća?

Značajke požara u tunelima postavljaju sustavu vatrodjave izazovne zahtjeve. Sustav mora registrirati požar u što kraćem vremenu, mora biti pouzdan i otporan na lažne alarme, te po mogućnosti dati ostale informacije koje mogu biti od pomoći vatrogascima i spasilačkim službama u tunelu. Osnovni elementi vatrodjavnog sustava tunela ne razlikuju se bitno od sustava u nekom drugom objektu. Bitni elementi sustava su:

- napajanje,
- vatrodjavna centrala (u pravilu u COKP-i),
- optičko senzorski kabel i optičko termički senzori (automatski javljači požara),
- ručni javljači požara,
- elementi sustava za prosljeđivanje signala požara,
- elementi sustava za upravljanje sustavom za gašenje požara.

Posebna pažnja kod projektiranja vatrodjave u tunelima mora se posvetiti izboru automatskih javljača. To mogu biti točkasti javljači, ili u novije vrijeme sve zastupljeniji senzorski kabeli (linearni javljači). U pravilu su to javljači koji reagiraju na maksimalnu postavljenu temperaturu, ili temperaturni gradijent. Naime, mada dimni javljači mogu brže detektirati požar, zbog velike zagađenosti zraka u tunelima ispušnim plinovima vozila i prašinom, podložniji su lažnim alarmima.([www.prometna-signalizacija.com](http://www.prometna-signalizacija.com), Autori: mr.sc.Mladen Lozica dipl.ing.el., mr.sc. Miodrag Drakulić, dipl.ing.stroj. (15.07.2016)

**Slika 18.** Elementi sustava vatrodojave



Izvor: [www.fpz.unizg.hr](http://www.fpz.unizg.hr) (15.07.2016)

## 5.2. Prijedlozi poboljšanja postojećih sustava za upravljanje prometom u tunelima

Svi sustavi, oprema, programska rješenja i načini upravljanja tunelima uvijek se mogu nadograditi, zamijeniti, ili jednostavno rečeno optimizirati kako bi sigurnost u tunelima bila što veća.

U nastavku će se elaborirati nekoliko prijedloga poboljšanja postojećih sustava, a radi se o sljedećim:

- optimizacija prometnih znakova, signalizacije i opreme ispred tunela i u tunelu,
- implementacija sustava automatskog nadzora brzine u tunelima,
- implementacija sustava detekcije temperature pneumatika i motora vozila (ispred

tunela),

- implementacija sustava detekcije vozila koja prevoze opasne terete,
- zamjena postojećih rasvjetnih tijela s rasvjetnim tijelima u LED tehnologiji.

### 5.3 Statistika prometnih nesreća

**Tablica 1.** Prometne nesreće u tunelima

Godina	Država	Tunel	Duljina (m)	Broj smrtno stradalih
1978	Nizozemska	Velsen	770	5
1979	Japan	Nihonzaka	2.000	7
1980	Japan	Sakai	460	5
1982	SAD	Caldecott	1.100	7
1983	Italija	Pecorile	660	9
1989	Austrija	Brenner	412	2
1995	Austrija	Pfander	6.880	3
1996	Italija	Isola d. Femmine	148	5
1999	Francuska - Italija	Mont-Blanc	11.600	39
1999	Austrija	Tauern	6.400	12
2001	Austrija	Gleinalm	8.300	5
2002	Švicarska	St. Gothard	16.900	11
2006	Švicarska	Viamala	750	9
2006	Hrvatska	Ledenik	768	4

Izvor: file:///F:/Bozo/huzjan\_petra\_fpz\_2016\_zavrs\_sveuc.pdf (13,06,2016)

#### **5.4. Povećanje sigurnosti u budućnosti**

Planovi za budućnost sigurnosti prometa u svijetu i u Hrvatskoj zahtijevaju nove tehnike i tehnologije kako bi se spriječile prometne nesreće te kako bi se smanjio samim time i broj poginulih te osiguralo sigurno putovanje dolazi do sve veće primjene ITS (inteligentni prometni sustav).

ITS se može definirati kao holistička, upravljačka i informacijsko komunikacijska nadgradnja klasičnog sustava prometa i transporta kojom se postiže znatno poboljšanje karakteristika, odvijanje prometa, učinkovitiji transport putnika i roba, povećanje sigurnosti u prometu, udobnosti i zaštite putnika, manje onečišćenja okoliša, itd. (Bošnjak-2006)

U okviru ITS-a razvijaju se:

- inteligentna vozila,
- inteligentne prometnice,
- bežične “pametne” kartice za plaćanje cestarina,
- dinamički navigacijski sustavi,
- adaptivni sustavi semaforiziranih raskrižja,
- učinkovitiji javni prijevoz,
- brza distribucija pošiljaka podržana internetom,
- automatsko javljanje i pozicioniranje vozila u nesreći,
- biometrijski sustavi zaštite putnika.

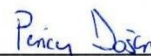
## 6. ZAKLJUČAK

Sigurnost u cestovnom prometu prepoznata je na globalnoj razini kao jedan od najaktualnijih problema današnjice. Iako broj prometnih nesreća u tunelima ne odstupa od ostatka infrastrukture, slične prometne nesreće u tunelu mogu imati značajno teže posljedice nego ako se dogode na otvorenom dijelu ceste. Ovo se posebice odnosi na one prometne nesreće koje rezultiraju požarom, rasipanjem opasnih tvari, a uvažavajući tunel kao zatvoreni prostor gdje dim može biti koban, a koji na otvorenim dionicama cesta nema značajan utjecaj na sigurnost sudionika u prometu.

Kod nas najpoznatiji tuneli Mala Kapela i Sveti Rok upravljaju prometom pomoću najmodernijih sustava za nadzor i upravljanje prometom, upravljanje i nadzor se provode svakodnevno, 24 sata iz Centara za upravljanje i kontrolu prometa (COKP-e). Opremljeni su video kamerama, a kroz sustav svjetlosne promjenjive signalizacije provodi se informiranje u vidu upozorenja ili ograničenja vozačima.

Najpoznatiji tuneli po svijetu poput Laerdala i Gottharda u potpunosti su automatizirani tako da se i najmanja nepravilnost odmah uočava te se pokušava riješiti.

Promet u cijelosti pa tako i promet koji prolazi kroz tunele teži za što većom sigurnošću te smanjenjem broja prometnih nesreća pa se zbog toga pokušavaju uvesti nove tehnologije a najisplativija i najuspješnija je dosad pojava ITS te se polako teži k tome da u budućnosti cijeli prometni sustav bude povezan ITS-om.



(potpis studenta)

## LITERATURA

### Knjige:

1. Bošnjak, Ivan: **INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI - ITS 1**, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2006.
2. Kljaić, Z., Ivković, V.: **Inteligentni Transportni Sustavi** – novo poglavlje telekom industrije, mjesto i godina

### Internet:

1. <https://repositorij.fpz>
2. <http://hac.hr>
3. <http://www.prometna-signalizacija.com/informacijsko-komunikacijski-sustavi-u-prometu/sustavi-vatrodjave-u-cestovnim-tunelima/>
4. <http://wol.jw.org>
5. <http://www.autoportal.hr>
6. <http://www.medias.rs>
7. <http://www.jutarnji.hr>
8. <http://www.vecernji.hr>
9. <http://www.huka.hr/v2/objekti/zakonodavstvo/zakonodavstvo-eu/DIREKTIVA%20%20o%20sigurnosti%20u%20tunelima%20HRV%202004-54-EC.pdf>
10. <http://www.enciklopedija.hr>
11. <http://dnevnik.hr>
12. <http://wol.jw.org/hr/wol/d/r19/lp-c/102002487>
13. <http://hac.hr/odnosi-s-javnoscju/informacije-i-obavijesti/sveti-rok-i-mala-kapela>

## **POPIS SLIKA I TABLICA**

### **Popis slika**

Slika 1. Tunel(13.06.2016)

Slika 2. Mont Blanc (15.07.2016)

Slika 3. Gotthard (15.07.2016)

Slika 4. Yamate (15.07.2016)

Slika 5. Guoliang (15.07.2016)

Slika 6. Ledenik (15.07.2016)

Slika 7. Učka (15.07.2016)

Slika 8. Kontrolna soba (13.06.2016)

Slika 9. Tunel Mala Kapela (13.06.2016)

Slika 10. Laerdal prometnica (13.06.2016)

Slika 11. Laerdal kružni tok (13.06.2016)

Slika 12. Laerdal parkiralište (13.06.2016)

Slika 13. Laerdal parkiralište za autobus (13.06.2016)

Slika 14. Pogled kroz tunel (13.06.2016)

Slika 15. LaManche (13.06.2016)

Slika 16. Gotthard (07.07.2016)

Slika 17. Požar u tunelu Mont-Blanc (13.06.2016)

Slika 18. Elementi sustava vatrodojave (15.07.2016)



## **Popis tablica**

Tablica 1. Prometne nesreće u tunelima