# Analiza utjecaja vozila i ceste na sigurnost cestovnog prometa

**Došlić, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2015**

*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:119:965703

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-26**

*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Ivan Došlić**

# ANALIZA UTJECAJA VOZILA I CESTE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2015.**

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

# ZAVRŠNI RAD

## ANALIZA UTJECAJA VOZILA I CESTE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

## IMPACT ANALYSIS OF A VEHICLE AND ROAD ON THE ROAD SAFETY

Mentor: izv. prof. dr. sc. Grgo Luburić
Student: Ivan Došlić, 0119008230

Zagreb, rujan 2015.

ANALIZA UTJECAJA VOZILA I CESTE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

SAŽETAK

Osnovni čimbenici sigurnosti prometa su čovjek, vozilo i cesta. Vozilo, na sigurnost prometa, utječe svojim konstrukcijskim i eksploatacijskim karakteristikama, što pokazuju i podatci o uzrocima prometnih nezgoda. Svi čimbenici vozila koji utječu na sigurnost dijele se u dvije skupine na aktivne i pasivne čimbenike. Smanjenje broja prometnih nezgoda, uzrokovanih čimbenikom vozilom, može se postići donošenjem propisa o uvjetima koje mora u pogledu konstrukcije, uređaja i opreme ispuniti vozilo. Tehničko rješenje ceste je često uzrok nastanka prometne nezgode. Da bi cesta, kao čimbenik sigurnosti, bila što manje uzrok prometnih nezgoda treba posvetiti pažnju projektiranju novih prometnica i prometnih čvorišta, kao i rekonstrukciji postojećih prometnica. Potrebno je što bolje izvesti trasu ceste, kako zbog sigurnosti vožnje tako i zbog psihološkog djelovanja na čovjeka. Isto tako, bitno je pravovremeno i kvalitetno održavanje prometnice koje dovodi do smanjenja broja prometnih nezgoda. Oprema prometnica također ima značajan utjecaj na sigurnost vožnje.

KLJUČNE RIJEČI: sigurnost; vozilo; cesta; nezgoda

---

SUMMARY

The main factors of road safety are the human being, the vechile and the road. Vechile, on the traffic certainty, affects by its constructional and exploitational characteristics, which data about the causes of traffic accidents also show. All vechile factors which affect on safety are divided into two groups on active and passive factors. The reduction in the number of traffic accidents, caused by the factor vechile, can be achieved by establishing regulation about circumstances which vechile has to fullfil in a way of construction, devices and equipment. The techincal solution of the road is often the cause of road accidents. In order that road, as the certainty factor, would be the less cause of traffic accidents, it should pay attention to the development of new highways and interchanges, as well as reconstruction of the existing roads. It is necessary to perform a track road, for driving safety and for psychological effect on humans. Also, it is important timely and quality maintenance of roads, resulting in a reduction in the number of road accidents. The equipment of roads has a significant impact on driving safety, too.

KEYWORDS: certainty; vehicle; road; accident

# SADRŽAJ

1. Uvod ... 1
2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa ... 2
2.1. Pasivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa ... 2
2.1.1. Karoserija vozila ... 3
2.1.2. Vrata vozila ... 4
2.1.3. Vjetrobranska stakla i zrcala ... 4
2.1.4. Položaj motora ... 6
2.1.5. Položaj spremnika goriva, rezervnog kotača i akumulatora ... 6
2.1.6. Odbojnici ... 7
2.1.7. Sigurnosni pojasevi i nasloni za glavu ... 7
2.1.8. Sigurnosni zračni jastuk ... 9
2.2. Aktivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa ... 10
2.2.1. Pneumatici ... 10
2.2.2. Kočioni sustav ... 11
2.2.3. Upravljački mehanizam ... 12
2.2.4. Konstrukcija sjedala ... 13
2.2.5. Svjetlosni i signalni uređaji ... 14
2.2.6. Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača ... 14
2.2.7. Usmjerivači zraka ... 15
2.2.8. Uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila ... 15
2.2.9. Vibracije vozila i buka ... 16
3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa ... 17
3.1. Osobine prometnice i sigurnost ... 17
3.1.1. Koeficijent otpora klizanja kotača po kolniku ... 18
3.1.2. Dužina puta kočenja ... 19
3.1.3. Dužina preglednosti ... 21
3.1.4. Elementi poprečnog profila prometnice ... 24
3.1.5. Proširenje kolnika u zavoju ... 26
3.1.6. Zaokretnice (serpentine) ... 27
3.2. Raskrižja ... 27
3.3. Propusna sposobnost prometnice i sigurnost prometa ... 28

4. Projektiranje novih prometnica i rekonstrukcija postojećih sa stajališta sigurnosti prometa ..... 31
4.1. Prometno planiranje kao element urbanističkog planiranja ..... 31
4.2. Sadržaj prometnog planiranja ..... 32
4.3. Trasa ceste ..... 33
5. Stanje kolnika i oprema prometnice ..... 35
5.1 Održavanje i popravak ceste ..... 37
5.2. Objekti na prometnici ..... 38
6. Prijedlozi poboljšanja za vozilo i cestu u svrhu povećanja sigurnosti cestovnog prometa ..... 39
6.1. Prijedlozi poboljšanja za vozilo u svrhu povećanja sigurnosti ..... 39
6.2. Prijedlozi poboljšanja za cestu u svrhu povećanja sigurnosti ..... 41
7. Zaključak ..... 44
Literatura ..... 45
Popis slika ..... 46
Popis tablica ..... 47
Popis grafikona ..... 48

# 1. UVOD

U posljednje vrijeme cestovni promet se razvijao vrlo brzo, te je zauzeo važno mjesto u društvenom i gospodarskom životu svih zemalja. Objektivno je da u većini prometnih nesreća, cesta i tehnička ispravnost vozila, imaju daleko veću ulogu njihovim događajima, nego se to očituje u brojčanim, odnosno statističkim pokazateljima.

Tema završnog rada je **Analiza utjecaja vozila i ceste na sigurnost cestovnog prometa**. Cilj završnog rada je analizirati čimbenike koji utječu na sigurnost cestovnog prometa, te predložiti rješenja radi povećanja sigurnosti. U ovom radu obrađeno je vozilo i cesta kao čimbenici sigurnosti cestovnog prometa. Vozilo na sigurnost prometa utječe preko aktivnih elemenata, koji sprječavaju nastanak prometnih nesreća i pasivnih elemenata koji umanjuju posljedice pri nastanku prometnih nesreća. Cesta često svojim tehničkim nedostatcima kao i neodgovarajućom opremom utječe na sigurnost prometa. Rad se sastoji od sedam poglavlja:

1. **Uvod**
2. **Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa**
3. **Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa**
4. **Projektiranje novih prometnica i rekonstrukcija postojećih sa stajališta sigurnosti prometa**
5. **Stanje kolnika i oprema prometnice**
6. **Prijedlozi poboljšanja za vozilo i cestu u svrhu povećanja sigurnosti cestovnog prometa**
7. **Zaključak**

U prvom dijelu rada opisani su vozilo i cesta kao čimbenici sigurnosti, te elementi i načini na koje oni mogu utjecati na sigurnost prometa. U drugom dijelu rada obrađeno je projektiranje i rekonstrukcija prometnica sa stajališta sigurnosti prometa te utjecaj stanja kolnika i opreme prometnica na sigurnost prometa. U trećem dijelu rada dati su prijedlozi poboljšanja za vozilo i cestu u svrhu povećanja sigurnosti cestovnog prometa.

# 2. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Vozilo je prijevozno sredstvo za prijevoz ljudi i tereta, a može se gibati po pravcu ili kroz zavoj jednolikom brzinom, usporeno ili ubrzano. Vozilo svojim eksploatacijskim značajkama i konstrukcijskim elementima znatno utječe na sigurnost prometa. Prema statističkim podatcima, za 3-5 posto prometnih nezgoda smatra se da im je uzrok tehnički nedostatak na vozilu. Međutim, taj postotak je mnogo veći jer se pri očevidu nakon prometne nezgode ne mogu do kraja odrediti pojedini parametri vozila kao uzročnika prometne nezgode. Uzima se u obzir samo jasno izražen kvar, primjerice prijelom nekog dijela, potpuno otkazivanje uređaja za kočenje i slično.[1]

Iz gore navedenog se vidi da je utjecaj vozila na sigurnost dosta kompleksan. Da bi vozilo predstavljalo čimbenika sigurnosti u prometu treba utvrditi odgovarajuće karakteristike, te koje sve utjecajne parametre točno ili jednoznačno određuju. Treba također utvrditi potrebne kriterije za određivanje svih karakteristika prikladnih za praktičnu primjenu. To se može postići određivanjem metoda ispitivanja, mjerne opreme i slično.[2]

Vozilo na sigurnost prometa utječe preko pasivnih i aktivnih elemenata.

## 2.1. Pasivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa

Pasivni čimbenici kod vozila koji utječu na sigurnost cestovnog prometa su ona tehnička rješenja čija je zadaća ublažiti posljedice ako je prometna nezgoda već nastala. U pasivne elemente sigurnosti mogu se ubrojiti:

- karoserija vozila,
- vrata vozila,
- vjetrobranska stakla i zrcala,
- položaj motora,
- položaj spremnika goriva, rezervnog kotača i akumulatora,
- odbojnici,
- sigurnosni pojasevi i nasloni za glavu,
- sigurnosni zračni jastuk.

[1] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.41
[2] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-1

### 2.1.1. Karoserija vozila

Karoserija vozila ima namjenu smještaja putnika i vozača, a pričvršćena je za okvir. Kod novijih modela vozila izvodi se i kao samonosiva konstrukcija, dok teretna vozila, autobusi i specijalna vozila imaju karoseriju i šasiju. Karoserija mora biti elastična, čvrsta, otporna na udar, savijanje i lom te aerodinamičnog oblika.

Sastoji se od tri dijela:

- prednjeg dijela, koji služi za smještaj pogona motora,
- srednjeg dijela, koji služi za smještaj putnika,
- stražnjeg dijela, koji služi za smještaj prtljage.[3]

Srednji dio karoserije, koji služi za smještaj putnika trebao bi biti izveden kao kruta kutija neovisna o prednjem i stražnjem dijelu. Prednji i stražnji dio trebali bi biti što elastičniji kako bi apsorbirali što veći dio kinetičke energije i tako zaštitili srednji dio. Vanjski dio karoserije bi trebao biti izveden sa što manje oštrih rubova a više glatkih ili zaobljenih površina. Karoserija vozila prikazana je na slici 1.

**Slika 1.** Karoserija vozila

Izvor:http://auto.blog.rs/blog/auto/vesti/2010/10/21/mazda-uz-skyactive-u-buducnosti, 20.5.2015.

[3] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.49

U današnje vrijeme konstruktori sve veću pažnju posvećuju sigurnosti, oblikovanju i funkcionalnosti unutrašnjosti vozila. Zbog sigurnosti osoba u vozilu pri projektiranju karoserije teži se ostvarenju ciljeva:

- što intenzivnijem umanjenju trenutnih maksimalnih inercijskih opterećenja,
- što blažem porastu usporenja,
- svođenju na minimum početnog udarca koji osjeti osoba u vozilu u početnom trenutku udara,
- osiguranju dovoljnog slobodnog prostora za eventualno pomicanje osoba u vozilu.[4]

Možemo zaključiti kako karoserija nije samo ukrasni oblog, koja treba svojim izgledom oduševiti kupca, već ona ima zadaću pružanja što veće sigurnosti putnika u vozilu.

### 2.1.2. Vrata vozila

Konstrukcijsko rješenje vrata na vozilu vrlo je bitno sa stajališta sigurnosti putnika u vozilu. Zadaća vrata vozila je da spriječe savijanje karoserije i da izdrže sva udarna opterećenja. Na vratima mora biti ugrađen sustav koji će blokirati otvaranje vrata pri udaru, a istovremeno omogućiti lako otvaranje pri spašavanju ozlijeđenih osoba.

Provedena ispitivanja su pokazala da su za sigurnost putnika najbolja takozvana klizno-pomična vrata koja naliježu na vozilo a pomiču s vanjske strane, a pomiču se, odnosno klize, uzduž osi vozila. Ovaj način konstrukcijskog izvođenja vrata je efikasan pri direktnom bočnom sudaru, odnosno prevrtanju jer se vrata ne mogu otvoriti.

Klizno-pomična vrata je konstruktivno jako teško izvesti na osobnim automobilima. U slučaju kada dođe do sudara, klizači po kojima se vrata otvaraju, se deformiraju i vrata se teško otvaraju bez dodatne opreme što predstavlja problem pri brzom spašavanju unesrećenih.

### 2.1.3. Vjetrobranska stakla i zrcala

Vjetrobranska stakla uzrok su oko 90 posto svih ozljeda glave, pa pri konstrukciji vozila treba nastojati povećati razmak između putnika i vjetrobranskog stakla.[5] Isto je bitno da i nosači vjetrobranskog stakla budu što lakše konstrukcije kako bi se u slučaju potrebe što više deformirali i na taj način smanjili mogućnost nastanka ozljede.

[4] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-8
[5] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.51

Vjetrobransko staklo, kao i ostale zastakljene površine, ne smiju.

- izazvati ozljede o posjekotina,
- oštetiti oko,
- mora štititi od vanjskih stranih tijela ,
- mora ostati providno nakon naglog loma.[6]

Prometni i medicinski stručnjaci su pri istraživanju težih prometnih nezgoda utvrdili da mnoge ozljede nastaju kao posljedica pucanja vjetrobranskog stakla. Danas se upotrebljavaju dva tipa vjetrobranskih stakala, to su slojevito staklo i kaljeno staklo. Pri pucanju ovih vrsta stakala nema oštrih rubova koji bi mogli uzrokovati ozljede.

Nedostatak kaljenog vjetrobranskog stakla je što pri udaru kamena ili nekog predmeta puca na sitne komadiće što uzrokuje gubitak vidljivosti, kao na slici 2, a posljedice toga mogu biti kobne za putnike u vozilu.

**Slika 2.** Lom kaljenog vjetrobranskog stakla uslijed vanjskog udara

Izvor: http://www.tos.hr/laminirana-stakla.html, 25.5.2015.

Kod slojevitog vjetrobranskog stakla je situacija drugačija. To je staklo spoj dvaju pokrovnih slojeva silikonskog stakla s jednim organskim međuslojem, koji ih spaja i za koji oba pokrivna sloja dobro prianjaju ili se dobro slijepe, a oblici koji nastaju razbijanjem ovog stakla moraju ostati spojeni s međuslojem da bi se spriječilo stvaranje oštrih rubova, koji

[6] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-11

mogu izazvati posjekotine. Nakon loma ovog stakla vidljivost iz vozila je sačuvana tako da vozač može sigurno zaustaviti vozilo, a ako je pukotina na rubnim dijelovima vjetrobranskog stakla, vožnja se može nastaviti.[7]

### 2.1.4. Položaj motora

Motor se u vozilu može smjestiti na tri načina, i to:

- s prednje strane vozila,
- centralno,
- sa stražnje strane vozila.

Položaj motora u prednjem dijelu najbolje je rješenje jer u sudaru motor preuzima najveći dio kinetičke energije te na taj način štiti srednji dio gdje se nalaze putnici.[8] Danas se najčešće proizvode vozila sa motorom u prednjem dijelu i pogonom na prednje kotače.

Centralno postavljanje motora izvodi se obično kod sportskih vozila koja se konstruiraju za utrke, ili kod maloserijskih automobila, a to su obično dvosjedi. Dobra strana ovog načina smještanja motora je što je težina ravnomjerno raspoređena na obe osovine.

Smještanje motora u stražnji dio vozila je danas zastarjeli način pa je rijetkost da se uopće i primjenjuje. Mana ovakve izvedbe je ta što je prednji dio karoserije nezaštićen, a najčešće u tim slučajevima je rezervoar goriva smješten u prednjem dijelu, te je pri sudaru velika mogućnost zapaljenja.

### 2.1.5. Položaj spremnika goriva, rezervnog kotača i akumulatora

Nema univerzalnog rješenja za sigurno mjesto postavljanja spremnika goriva. Za svaki tip vozila mora se provesti ispitivanje kako bi se postiglo najbolje rješenje. Danas imamo ova rješenja:

- motor s prednje strane – spremnik goriva naprijed,
- motor sa stražnje strane – spremnik u sredini,
- motor sa stražnje strane – spremnik goriva sa stražnje strane, ispod vozila.[9]

[7] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-12
[8] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.51
[9] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-14

Svako rješenje ima svoje prednosti i nedostatke, ali ako uzimamo u obzir da frontalni sudari izazivaju najteže nezgode, a nalijetanja sa stražnje strane su uglavnom pri manjim brzinama pa zaključujemo da je najbolje rješenje spremnik goriva sa stražnje strane.

Rezervni kotač je u pravilu najbolje postaviti u prednji dio vozila kako bi pri sudaru preuzeo na sebe dio kinetičke energije, ali treba voditi računa i o estetskom izgledu, posebice osobnih automobila, te uzeti u obzir da ne smije povećavati gabarite vozila i otpora zraka.

Kod postavljanja akumulatora je bitno da ne bude u istom prostoru sa putnicima i u istom prostornom dijelu sa spremnikom goriva, jer je ambalaža akumulatora lomljiva a njegov sadržaj samozapaljiv.

### 2.1.6. Odbojnici

Odbojnik (branik) je u početku razvoja automobilske industrije služio kao ukras a ne kao ublaživač udara u trenutku nastanka nezgode. Danas im je svrha da na sebe prime dio kinetičke energije i pričvršćuju se na prednji i stražnji dio vozila, a trebali bi, ako je to moguće, biti opremljeni gumenim elementima. Danas se koriste i odbojnici sa ugrađenima amortizerima. Takvi odbojnici mogu ostati nedeformirani pri čelnom sudaru do brzine od 20 km/h.

U posljednje vrijeme izrađuju se odbojnici od posebne vrste plastike koji su, zbog svojih značajki (mala težina, ne podliježu koroziji, ne deformiraju se pri sudaru pri malim brzinama) bolji nego čelični odbojnici.

### 2.1.7. Sigurnosni pojasevi i nasloni za glavu

Uslijed čelnih udara, tijelo na koje djeluje inercija biva odbačeno prema naprijed, odnosno prema upravljaču i vjetrobranskom staklu, a posljedice mogu biti smrtonosne. Kako bi ljudsko tijelo za vrijeme čelnog udara ostalo u sjedalu, napravljeni su sigurnosni pojasevi kako bi spriječili izlijetanje tijela iz vozila.

Sigurnosni pojasevi najvažniji su elementi pasivne sigurnosti. Primjenom sigurnosnih pojaseva smanjuje se broj teže ozlijeđenih tri puta, a broj smrtno stradalih 60 posto. Sigurnosni pojasevi koji se danas upotrebljavaju mogu zaštititi putnika pri čelnom sudaru pri brzini 80 km/h, a inače može doći do ozljeda sa smrtnim posljedicama već pri brzini 25

km/h.[10] U tablici 1 prikazan je broj poginulih i ozlijeđenih sa korištenjem sigurnosnog pojasa i bez korištenja.

**Tablica 1.** Nastradali vozači i putnici osobnih vozila prema korištenju sigurnosnog pojasa u 2013. godini

| **Vozači i putnici u osobnim vozilima** | **Poginuli** | | **Ozlijeđeni** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Ukupno** | **%** | **Teško** | **%** | **Lakše** | **%** |
| Koristili su sigurnosni pojas | 97 | 49,7 | 795 | 69,0 | 6.613 | 79,0 |
| Nisu koristili sigurnosni pojas | 63 | 32,3 | 141 | 12,2 | 342 | 4,1 |
| Nepoznato | 35 | 17,9 | 216 | 18,8 | 1.420 | 17,0 |
| **UKUPNO** | **195** | **100,0** | **1.152** | **100,0** | **8.375** | **100,0** |

Izvor: [3.]

Svaki pojas ima svoje osnovne dijelove, a to su remen, kopča za vezanje i razvezivanje remena i spojnica za pričvršćivanje remena na vozilo.

Postoje dvije izvedbe pojasa, takozvani „Y“ i „H“ pojas. Najčešće se upotrebljava „Y“ pojas dok pojas „H“ pruža maksimalnu zaštitu a rabi se uglavnom u vozilima za utrke i u zrakoplovstvu. On pri sudaru ravnomjerno raspoređuje pritisak na tijelo, pa je mogućnost ozljeda svedena na minimalnu razinu. Nedostatak mu je što se vozač teško može iz njega osloboditi ako to bude potrebno.

Nasloni za glavu se ugrađuju u vozilu kao bi zadržali, odnosno poduprli glavu pri nagloj inerciji unazad što dovodi do ozljeda vratne kralježnice. Postavljaju se na naslone sjedala i tako onemogućuju zabacivanje glave unazad tako da se djelovanje sile inercije prenosi na potiljak, što je skoro bezopasno.

Engleski standardi naslona za glavu propisuju da sigurnosni naslon za glavu ima:

- os težišta jastučića – to je točka gdje se vrši podešavanje nagiba ili najviša točka gdje se naslon čvrsto drži – treba biti u istoj osi s težištem glave, koja je negdje u visini očiju,
- nema oštrih rubova i dodataka sa zadnje strane naslona,

[10] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.50

- dovoljno čvrst naslon koji u odnosu na os trupa ne dozvoljava kretanje glave unazad za više od 45°.

Sigurnosni naslon za glavu treba ispunjavati sljedeće uvjete:

- mora izdržati silu od 1000 N,
- treba prilijegati uz potiljak,
- mora biti lako podnošljiv, kako bi ublažio silu, a i djelovanje na potiljak,
- naslon sjedala, a i naslon za glavu ne smiju biti prejako obloženi,
- vozaču i putnicima ne smiju smanjivati vidljivost iz vozila.[11]

Sigurnosni pojasevi i nasloni za glavu su pasivni čimbenici sigurnosti koji su neodvojivi jedan od drugoga i najučinkovitiji su ako djeluju zajedno.

### 2.1.8. Sigurnosni zračni jastuk

Sigurnosni zračni jastuk se aktivira automatski u trenutku sudara i to u vremenu od 26 tisućinki sekunde. U tom vremenu biva izbačen iz upravljačkog kola ili prednjeg dijela vozila te se napuni plinom dušika kako bi dočekao tijelo putnika. Tako napunjen jastuk ostaje oko pola sekunde i za to vrijeme štiti tijelo od udara, a nakon toga iz njega izlazi plin. Zračni jastuk ne pruža zaštitu pri drugom udaru ni pri prevrtanju.

Testovi na vozilima potvrdili su trajanje zračnih jastuka 10 godina. Ako je zračni jastuk bio otvoren prilikom sudara, mora se zamijeniti kolo upravljača sa zračnim jastukom i elektroničkim sustavom. Upravo ovo je nedostatak zračnih jastuka jer se nakon upotrebe ne mogu ponovno koristiti, već se moraju ponovno ugraditi, a i nije moguća ugradnja u starija vozila.

[11] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-24

## 2.2. Aktivni elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa

Aktivni čimbenici kod vozila koji utječu na sigurnost cestovnog prometa su ona tehnička rješenja čija je zadaća osigurati da do prometne nezgode niti ne dođe. U aktivne elemente sigurnosti mogu se ubrojiti:

- pneumatici,
- kočioni sustav,
- upravljački mehanizam,
- konstrukcija sjedala,
- svjetlosni i signalni uređaji,
- uređaji koji povećavaju vidno polje vozača,
- usmjerivači zraka,
- uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila,
- vibracije vozila i buka

### 2.2.1. Pneumatici

Pneumatici su jedan od najvažnijih čimbenika koji utječu na sigurnost vožnje, osobito u lošim vremenskim uvjetima kao što su kiša, snijeg ili magla. Glavna zadaća pneumatika je da obavlja prianjanje između kotača i podloge. Pneumatik uz pomoć trenja između kotača i podloge pozitivno djeluje na vučne sposobnosti, kočenje i upravljanje odnosno na stabilno kretanje vozila. Zadaća pneumatika je i da nosi teret vozila, a na neravnim površinama ublaži udarce i vozilo čini udobnijim.

Pneumatikom se obično naziva vanjska i unutarnja guma dok kod novijih vozila ima samo vanjska guma bez unutarnje.

Za dobro prianjanje pneumatika je bitan njegov gazni sloj, odnosno narezi po pneumatiku koji ne bi smjeli biti, po dubini, manji od jednog milimetra za osobne automobile i dva milimetra za teretna vozila, a izvedba nareza ovisi o namjeni pneumatika.

Po izvedbi nareza pneumatici se dijele na dijagonalne i radijalne. Prednosti radijalnih pneumatika prema dijagonalnima su sljedeće:

- za vrijeme vožnje manje se griju, a vijek trajanja im je dulji,
- bolje je iskorištenje snage motora pri većim ubrzanjima,

- bolja je stabilnost vozila, osobito kod niskoprofilnih pneumatika,
- kraći je put kočenja,
- smanjuju potrošnju goriva,
- za 25 % su sigurnije na mokroj cesti i omogućuju lakše upravljanje vozilom.[12]

Pneumatici moraju biti sigurni i ispravni za vožnju. To je zakonska obveza, a ispravnost pneumatika kontroliraju stanice za tehnički pregled i prometna policija.

### 2.2.2. Kočioni sustav

Kočioni sustav je vrlo važan čimbenik u sigurnosti odvijanja prometa na cesti. Uređaji za kočenje služe za usporavanje vozila ili za njegovo potpuno zaustavljanje, a to se postiže pretvaranjem kinetičke energije vozila u toplinsku energiju koja nastaje uslijed trenja na površinama diskova za kočenje. Ovdje je problem odvodnje topline koja nastaje pri kočenje, a taj problem rješavaju konstruktori različitim izvedbama dijelova uređaja za kočenje.

Vozači najčešće upotrebljavaju kočnice pri različitim vrstama kočenja:

- sporo kočenje koje nastaje kada vozač na vrijeme uoči crveno svjetlo na uređaju za davanje svjetlosnih znakova,
- nepredviđeno naglo kočenje koje nastaje ako se prepreka iznenada pojavi pa zahtjeva brzo i odlučno pritiskanje papučice kočnice,
- dugo neprekidno kočenje uzrokovano vožnjom na dugoj nizbrdici,
- kočenje zbog parkiranja uz upotrebu parkirne kočnice,[13]

Danas se proizvode tri tipa sustava za kočenje, a to su sustav bubanj kočnica, sustav disk kočnica i kombinirani sustav. U vozila se većinom ugrađuju disk kočnice koje imaju izrazite prednosti u odnosu na bubanj kočnice i neznatne nedostatke. Kod kočnica je važno da budu u direktnoj struji zraka i da su dobro hlađene, a disk kočnice su djelotvorne i kad se zagriju, jer se pri višoj temperaturi disk širi i približava kočnim papučicama. Disk kočnice koče usklađeno i ravnomjerno, a nedostatci nastaju zbog zagrijavanja kočne tekućine.

Kod mješovitog sustava na prednje kotače se ugrađuju disk kočnice, a na stražnje bubanj kočnice, dok pri naglom kočenju bolje djeluju disk kočnice jer se težina prenosi naprijed.

[12] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.44
[13] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-30

Najveća opasnost za sigurnost prometa pri naglom kočenju je blokiranje kotača jer se pri tome gubi 60 % sile kočenja.[14] Ako dođe do blokiranja prednjih kotača onemogućeno je upravljanje, a ako blokiraju stražnji kotači dolazi do zanošenja vozila. Da bi se spriječilo blokiranje kotača, danas se ugrađuju sustavi protiv blokiranja, takozvani antiblok sustavi, poznati kao A-B-S.

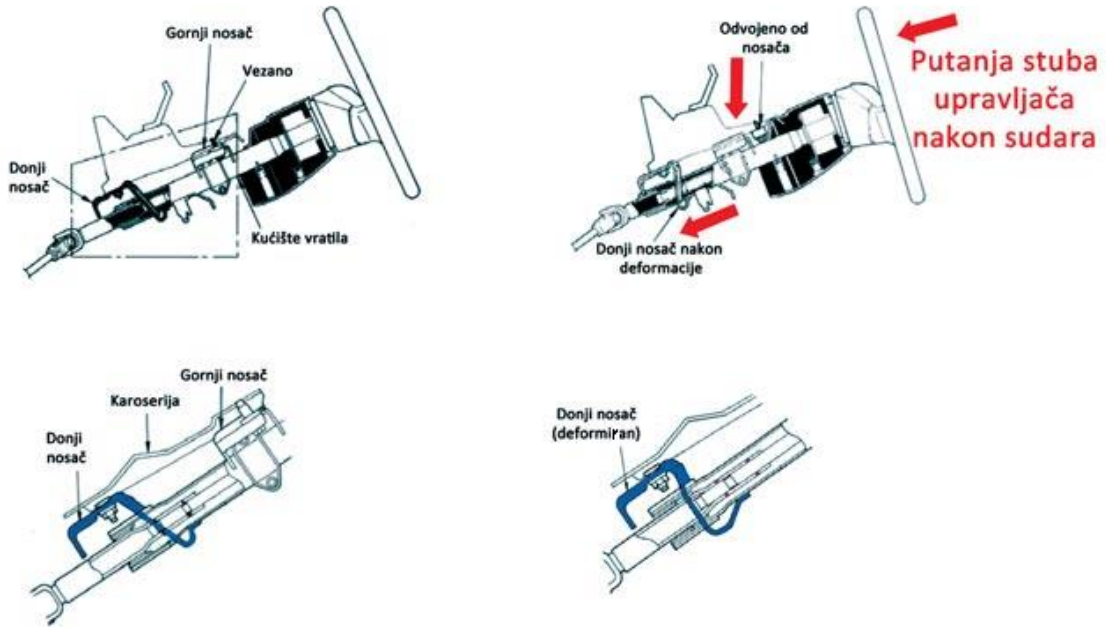
### 2.2.3. Upravljački mehanizam

Najteže ozljede pri čelnom sudara nastaju pri udaru vozača prsnim košem u kolo upravljača. Da bi se riješio taj problem konstruktori su izgradili sigurnosne upravljače koji će pri sudaru amortizirati udarac prsnog koša o kolo upravljača. To apsorbiranje energije je moguće ostvariti otporom trenja i plastičnim deformacijama cijevi.

Gornji i donji dio osovine upravljača međusobno su spojeni plastičnim zakovicama. Budući da se apsorbiranje energije u ovom uređaju postiže pomoću trenja, površine na omotaču i stupu koje se međusobno dodiruju, kao i površine na gornjem i donjem dijelu osovine upravljača, moraju biti na odgovarajući način obrađene. Kod čelnog sudara obično dolazi do pomicanja naprijed prijenosnika upravljačkog mehanizma. Pri tome dolazi do smicanja plastičnih zakovica na osovinu upravljača, kao na slici 3, tako da se pomicanje stupa svodi na najmanju mjeru. U drugom dijelu sudara imamo sljedeće:

- vozač udara prsnim košem u upravljač, koji prenosi silu udara na stup,
- smiču se plastične zakovice koje spajaju stup s oblogom,
- stup se uvlači u oblogu, svladavajući pri tome otpor trenja prve i četvrte ogrlice ,
- konusni dio stupa prolazi kroz drugu, a zatim kroz treću i četvrtu ogrlicu.[15]

[14] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.42
[15] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-34




**Slika 3.** Upravljački mehanizam

Izvor: http://www.vrelegume.rs/test/sistem-upravljanja/ ,30.5.2015.

### 2.2.4. Konstrukcija sjedala

Konstrukcija sjedala je bitna zbog pravilnog pridržavanja tijela vozača tijekom vožnje. U velikom broju vozila sjedala nisu pravilno konstrukcijski izvedena te ne pridržavaju dovoljno dobro tijelo vozača pri djelovanju centrifugalne sile i ne osiguravaju potrebnu vidljivost vozača, što može utjecati na sigurnost vožnje i vozača.

Dobro i učinkovito riješeno automobilsko sjedalo mora zadovoljavati dva osnovna zahtjeva:

- sjedalo mora pružati pouzdan oslonac tijelu vozača i putnika u toku vožnje, a to je moguće samo ako je prilagođeno anatomiji tijela,

- ono mora biti tako izvedeno da svojim oprugama ne izaziva dodatno njihanje tijela, već da ublažava njihanje izazvano gibanjem vozila.[16]

### 2.2.5. Svjetlosni i signalni uređaji

Svjetlosnim i signalnim uređajima se osvjetljuje cesta pred vozilom, označuje se položaj vozila na kolniku, te se daju određeni signali. Svjetlosni i signalni uređaji se nalaze na prednjoj i stražnjoj strani vozila. Na prednjoj strani su duga i kratka svjetla, svjetla za maglu, svjetla za označavanje vozila i pokazivači smjera, dok su na stražnjoj strani stop-svjetla, stražnja svjetla za označavanje vozila, pokazivači smjera i svjetla za vožnju unatrag i za osvjetljavanje registarske oznake.

Pravilnom upotrebom svjetlosnih i signalnih uređaja se povećava sigurnost vožnje u prometu, a provedena istraživanja su pokazala da je biti viđen u prometu, jednako važno kao i vidjeti. Svjetlosni i signalni uređaji moraju zadovoljavati, sa stajališta sigurnosti, ove uvjete:

- za vrijeme vožnje noću moraju rasvjetljavati cestu i njezinu bližu okolicu,
- moraju omogućavati promet vozila i u uvjetima slabe vidljivosti (magla, snijeg i sl.),
- moraju upozoravati ostale sudionike u prometu o svakoj promjeni pravca i brzine kretanja vozila,
- stalni svjetlosni izvori ili reflektirajuća svjetla moraju obilježavati vozila s prednje i sa stražnje strane.[17]

### 2.2.6. Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača

Vidljivost iz vozila utječe na učinkovito upravljanje vozilom i pravodobno reagiranje, zato je potrebno da vidno polje vozača bude što veće. Vozač tijekom vožnje dobiva informacije neprekidnom kontrolom ispred sebe, sa strane i iza sebe.

Među uređaje koji povećavaju vidno polje vozača ubrajaju se:

- prozorska stakla na vozilu,
- brisači i perači vjetrobrana,
- vozačka zrcala (retrovizori).[18]

[16]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-35
[17]Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.46

Prozorska stakla na vozilu (vjetrobranska i bočna prozorska stakla) moraju biti prozirna i ne iskrivljavati sliku. Brisači i perači vjetrobrana služe za čišćenje nečistoća sa vjetrobranskog stakla kako bi omogućili što bolju vidljivost pri lošim vremenskim uvjetima. Vozačka zrcala služe za praćenje prometa iza vozila, a za maksimalnu preglednost vozila potrebno je pravilno namjestiti zrcala, jer su loše namještena vozačka zrcala čest uzrok prometnih nezgoda.

### 2.2.7. Usmjerivači zraka

Usmjerivači zraka (spojleri) su dijelovi karoserije vozila, a zadaća im je smanjenje otpora zraka i povećanje stabilnosti vozila pri velikim brzinama. Kod velikih brzina vožnje, smanjena je težina prednjeg dijela vozila, pa usmjerivači zraka imaju zadaću da usmjeravajući zrak preko prednjeg dijela karoserije povećaju težinu prednjeg dijela vozila, isto tako usmjeravaju zrak preko krova vozila na stražnje staklo koje je zbog toga čistije. Postavljanje usmjerivača zraka zahtjeva ispitivanja, jer pogrešno postavljeni usmjerivači mogu dovesti do neželjenih posljedica.

### 2.2.8. Uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila

Uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje vozila, bitni su za sigurnost vožnje, jer radna sposobnost vozača znatno opada ako radi u hladnim, toplim ili zagušljivim prostorima. Stoga je potrebno imati uređaje koji će dobro provjetravati i grijati prostor vozila u kome su vozač i putnici. Zimi bi srednja temperatura u vozilu trebala iznositi 17°C do 22°C, a ljeti do 28°C. Temperatura ne bi smjela biti manja od 13°C ili veća od 30°C jer tada radna sposobnost čovjeka znatno opada.

Provjetravanje je bitno jer ustajali zrak također smanjuje radnu sposobnost vozača. Medicinski zahtjevi koji se postavljaju za dobru klimatizaciju vozila jesu protok zraka od 15 do 20 m³ na sat po osobi, pro brzini strujanja zraka od najviše 0,5 m/s. Kao ugodno, označeno je područje relativne vlažnosti između 30 i 70 %.[19]

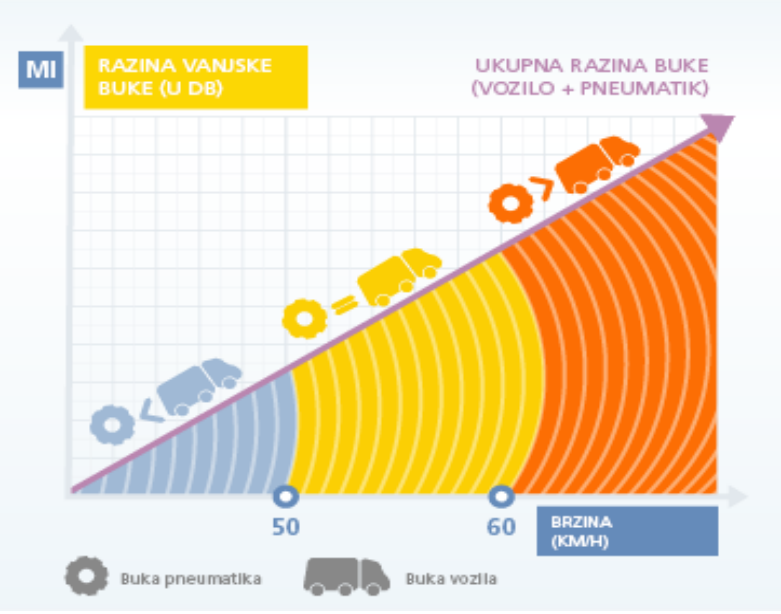
[18]Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.46
[19]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.3-47

### 2.2.9. Vibracije vozila i buka

Vibracije su oscilacije veće učestalosti koje čovjek ne osjeća izolirano već ih osjeti sve zajedno kao vibraciju. U vozilu su putnici i vozači djelomično izolirani od vibracija s pomoću sjedala i naslona, ali se velik dio vibracija prenosi preko stopala na ostale dijelove tijela. Najveći utjecaj na čovjeka imaju vibracije karoserije. Dugotrajna izloženost vibracijama na razne načine utječe na sposobnost čovjeka i njegovo zdravlje, a tako i na sigurnost vožnje.

Buka je jak i neugodan zvuk koji kod čovjeka izaziva neugodan osjećaj. Buka negativno utječe na živčani sustav i na unutarnje organe, izaziva glavobolju, vrtoglavost, razdražljivost te smanjuje radnu sposobnost vozača, a djelovanje buke iznad 80 dB štetno je za organe sluha, dok buka u prostoru za putnike ne bi smjela prelaziti 70 dB. Buka se u prostoru za smještaj putnika može smanjiti uz primjenu akustičnih izolacija i konstrukcijom vozila.

Buka ovisi ponajprije o brzini vožnje, zato je sa gledišta sigurnosti prometa, važno smanjiti brzinu vožnje radi što manje buke koja negativno utječe na vozača i ostale putnike. Na razinu buke još utječe i pneumatik, ali i vrsta podloge po kojoj se kreće pneumatik, te motor čija buka ovisi o izolaciji prostora u kojem je smješten motor. Odnos buke pneumatika i vozila u ovisnosti o brzini vožnje vidljiv je na slici 4.




**Slika 4.** Odnos Buka pneumatika / Buka vozila ovisno o brzini

Izvor: http://trucks.michelin.com.hr/Savjeti/Vodi%C4%8D-kroz-pneumatike, 24.6.2015.

# 3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Cesta na sigurnost prometa ponajviše utječe tehničkim rješenjem ceste, kojem se daje previše mali značaj sa gledišta sigurnosti prometa. Tehnički nedostaci ceste nastaju pri njenom projektiranju ili pri izvedbi ceste, dok utjecaj konstruktivnih elemenata dolazi do izražaja pri oblikovanju i utvrđivanju dimenzija i konstruktivnih obilježja ceste.

Cestu kao čimbenika sigurnosti prometa obilježavaju:

- trasa ceste,
- tehnički elementi ceste,
- stanje kolnika,
- oprema ceste,
- rasvjeta ceste,
- križanja,
- utjecaj bočne zapreke,
- održavanje ceste.

## 3.1. Osobine prometnice i sigurnost

Osobine prometnice imaju veliki značaj za sigurnost prometa, a možemo ih promatrati kroz konstruktivne elemente prometnice i eksploatacijske elemente prometnice.

Osobine prometnice bitne za sigurnost odvijanja prometa su:

- koeficijent otpora klizanja kotača po kolniku,
- dužina puta kočenja,
- dužina preglednosti,
- elementi poprečnog profila prometnice (širina i broj prometnih traka),
- proširenje kolnika u zavoju,
- zaokretnice (serpentine),
- propusna moć ceste.

Na većini naših prometnica ovi elementi često nisu zastupljeni, a to značajno utječe na učestalost prometnih nezgoda i posljedice koje nastanu u tim nezgodama. Često se na stare ceste stavi novi asfaltni sloj bez rekonstrukcijskih zahvata što vozače navede na veće brzine koje mogu imati neželjene posljedice.

### 3.1.1. Koeficijent otpora klizanja kotača po kolniku

Da bi vožnja bila sigurna, cestovni površinski sloj mora pružati dobru vrijednost prianjanja između kolnika i kotača, kako bi se spriječilo klizanje, zanošenje vozila, okretanje kotača na mjestu, te da vrijednost prianjanja neznatno opada povećanjem brzine.

Prosječan koeficijent prianjanja na našim cestama iznosi oko 0,4. Na koeficijent prianjanja između kotača i kolnika ima utjecaj i godišnje doba, kao i doba dana. U tablici 2 je prikazana zavisnost između koeficijenta prianjanja i prometnih nezgoda.

**Tablica 2.**Prikaz zavisnosti između koeficijenta prianjanja na prometnici i prometnih nezgoda

| Koeficijent prianjanja | Prometne nezgode koje nastaju zbog klizanja po čistom i mokrom zastoru |
|---|---|
| 0,80 | Nema prometnih nezgoda |
| 0,75 – 0,80 | Nezgode su rijetke, a nastaju samo zbog greške vozača ili teže greške na vozilu |
| 0,70 – 0,75 | Češće nezgode zbog grešaka na vozilu (istrošeni pneumatici) ili grešaka vozača |
| Manje od 0,70 | Uzroci nezgode teško se mogu utvrditi, bilo zbog grešaka na vozilu ili grešaka vozača |

Izvor: [1.]

Vanjski čimbenici koji utječu na koeficijent prianjanja između kotača i podloge su:

- mokar kolnik i vodeni klin,
- uprljan i blatan kolnik,
- temperatura zraka,
- istrošenost pneumatika,
- ravna površina ceste,
- nagib ceste,
- snijeg, odnosno led.[20]

Prema statističkim podacima Ministarstva unutarnjih poslova, nedovoljna hrapavost i prianjanje na kolniku prouzrokovalo je oko 8% nezgoda, a od toga na zaprljani kolnik otpada 2%, na mokar kolnik oko 4%, dok na kolniku pokriven snijegom 2%. [21]

[20]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-3
[21]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-3

Na koeficijent prianjanja između kolnika i pneumatika ima utjecaj i brzina vožnje, te je potrebno smanjiti brzinu vožnje ako je kolnik mokar,kao što je to vidljivo iz tablice 3.

**Tablica 3.** Odnos između brzine gibanja na suhom i mokrom kolniku

| Brzina na suhom kolniku (km/h) | Brzina na mokrom kolniku (km/h) |
|---|---|
| 120 | 100 |
| 110 | 92 |
| 100 | 83 |
| 90 | 75 |
| 80 | 67 |
| 70 | 59 |
| 60 | 51 |
| 50 | 43 |

Izvor: [2.]

### 3.1.2. Dužina puta kočenja

Dok je vozilo u kretanju ono ima određenu kinetičku energiju koja se prilikom kočenja pretvara u toplinsku energiju. Sila kočenja nastaje trenjem između kočionih obloga i bubnja ili diska, te između kotača i zastora kolnika (blokirani kotači). Sila kočenja usporava vožnju i usmjerena je suprotno smjeru gibanja vozila, te mora djelovati podjednako na svim kotačima vozila kako ne bi došlo do zanošenja vozila.

Put kočenja je put koji vozilo prijeđe, za vrijeme dok se kreće usporeno, od trenutka djelovanja sile kočenja do potpunog zaustavljanja vozila.

#### *3.1.2.1. Intenzivno kočenje i sigurnost*

U slučaju trenutnog djelovanja sile kočenja u punoj veličini, cijelo vrijeme kočenja, kretanje vozila bit će jednoliko usporeno, a nagli prirast i prestanak djelovanja sile kočenja izazvat će uzdužni udar (trzaj). Veličina uzdužnog udara bit će veća ako je vrijeme iniciranja sile kočenja kraće, tj. ako je potisak na kočnicu bio nagliji. Takvo kočenje se naziva intenzivnim (forsiranim) kočenjem.[22]

[22]Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.104

Put intenzivnog kočenja se dobije tako da se rad sile kočenja, na duljini puta kočenja, izjednači s kinetičkom energijom koju treba poništiti.

Put intenzivnog kočenja može se prikazati formulom:

$$l_k = \frac{V^2}{254 * \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)} [m]$$

U kojoj je:

$l_K$ – put intenzivnog kočenja

V - brzina vožnje vozila prije početka kočenja $\left[\frac{km}{h}\right]$

$v\left[\frac{m}{s}\right] = \frac{V}{3,6}\left[\frac{km}{h}\right]$

u – uzdužni nagib[%]

Sa motrišta sigurnosti vožnje, intenzivno kočenje nije pogodno zbog uzdužnog udara koji može izazvati neželjene posljedice na vozača i putnike u vozilu. Duljina puta intenzivnog kočenja je kraća nego što je to kod slobodnog kočenja te je intenzivno kočenje potrebno primijeniti samo u slučajevima kad se želi postići što manji put kočenja ili ako je put kočenja ograničen zbog neke prepreke na cesti i slično.

*3.1.2.2. Slobodno kočenje i sigurnost*

Ako je na početku kočenja postupan prirast, a na kraju postupno opadanje sile kočenja (uzdužni udar nalazi se u određenim granicama), veličina usporenja vozila je promjenjiva na početku i na kraju kočenja, dok je u sredini konstantna. Takvo kočenje naziva se postupno ili slobodno kočenja.[23]

Put slobodnog kočenja može se prikazati formulom:

$$l_{SK} = \frac{V^2}{254 * \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)} + 1,36 * \frac{V * \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)}{s_u} [m]$$

U kojoj je:

[23]Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.104

$l_{SK}$ – put slobodnog kočenja

V - brzina vožnje vozila prije početka kočenja$\left[\frac{\text{km}}{\text{h}}\right]$

v $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] = \frac{\text{V}}{3{,}6}\left[\frac{\text{km}}{\text{h}}\right]$

u – uzdužni nagib[%]

$s_u$ – uzdužni udar (trzaj); može se uzeti $s_u = 1{,}5\left[\frac{\text{m}}{s^2}\right]$

Sa motrišta sigurnosti vožnje, slobodno kočenje je povoljnije jer je vožnja udobnija, a razlog tomu je što se uzdužni udar nalazi u određenim granicama, ali je put kočenja dulji nego je to kod intenzivnog kočenja.

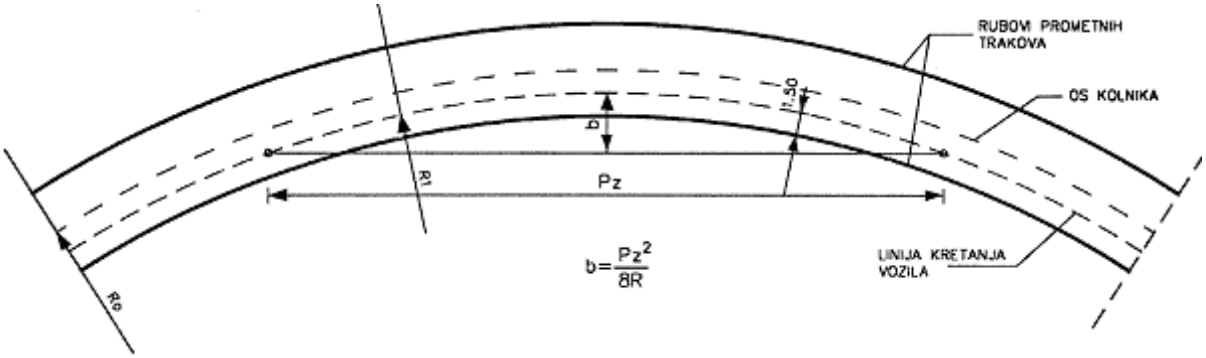
### 3.1.3. Dužina preglednosti

Uzduž cijele trase ceste treba biti osigurana dovoljna duljina preglednosti, koja odgovara duljini zaustavljanja pred nepomičnom zaprekom. U praksi se razlikuje horizontalna i vertikalna preglednost.

#### *3.1.3.1. Horizontalna preglednost i sigurnost*

Osiguravanje horizontalne preglednosti od velikog je značaja kod zavoja polumjera manjeg od 1000 m. Ako nije moguće osigurati dovoljnu horizontalnu preglednost s unutarnje strane zavoja, mora se projektom predvidjeti drugi način osiguranja prometa. Na slici 5 prikazani su elementi horizontalne preglednosti, gdje je:

- b (m) – širina preglednosti
- Pz (m) – tražena dužina preglednosti
- R (m) – polumjer zavoja




**Slika 5.** Elementi horizontalne preglednosti, [5.]

Horizontalna preglednost u zavoju mora osiguravati preglednost za:

- sigurno zaustavljanje vozila pred nepomičnom zaprekom
- pretjecanje vozila

Horizontalna preglednost u zavoju jednaka je zaustavnom putu pri zaustavljanju vozila pred nepomičnom zaprekom. Pri tome se može raditi o tri slučaja:

- određivanje duljine preglednosti u slučaju kad je zavoj u niskom nasipu
- određivanje duljine preglednosti u slučaju kad je zavoj u usjeku
- određivanje minimalne duljine preglednosti[24]

Ako je zavoj u niskom nasipu, onda mora biti osigurana preglednost tako da ništa ne zadire s unutarnje strane zavoja.

Ako je cesta u usjeku onda se preglednost osigurava iskopom berme kako bi se osigurala preglednost s unutarnje strane zavoja. Širina berme se nanosi horizontalno na udaljenosti 1,5 m od unutarnjeg ruba kolnika, dok se kao visina oko vozača uzima visina od 1,2 m, ali zbog mogućnosti uočavanja nižih zapreka, kao što je kamenje na cesti, proširuje se pojas uz kolnik.

Horizontalnu preglednost je potrebo osigurati i radi sigurnog pretjecanja vozila. Ako je cesta u pravcu, vidljivost je jednaka u oba smjera, a ako je cesta u zavoju, preglednost se naizmjenično otvara za jedan ili drugi smjer vožnje. To bi značilo da može biti najviše 50 % ceste u dvosmjernom prometu u kome se može pretjecati u jednom smjeru. Na dvosmjernim cestama velikog intenziteta prometa potrebno je za svaki smjer na određenoj duljini ceste osigurati preglednost za pretjecanje. Zbog velikih duljina preglednosti nemoguće je ukloniti

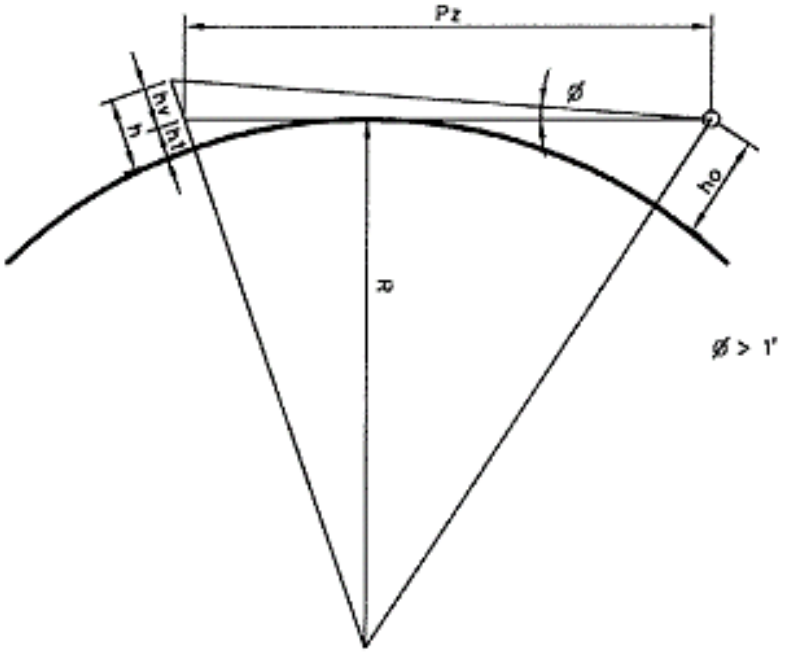
[24]Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.111

sve građevine s unutarnje strane zavoja, ali je poželjno ukloniti sve privremene građevinei ne saditi drvorede u pojasu preglednosti.

*3.1.3.2. Vertikalna preglednost i sigurnost*

Kod promjene nagiba nivelete mogu nastati prijelomi koji mogu biti konkavni i konveksni. Oni se zaobljuju kružnim lukom, kvadratnom parabolom (najčešće) ili klotoidom. Zaobljenjima prijeloma nivelete ublažuje se nagla promjena otpora nagiba i osigurava se sigurno kretanje vozila.

Osnovni parametri za određivanje vertikalne preglednosti kod konveksnog prijeloma nivelete su visina oka vozača $h_0$ = 1,2 m i visina zapreke $h_1$ = 0,1 m. Duljina vertikalne preglednosti računa se za zaustavljanje vozila pred nepomičnom zaprekom i za pretjecanje vozila. Na slici 6 prikazani su elementi vertikalne preglednosti.




**Slika 6.** Elementi vertikalne preglednosti, [5.]

Preglednost treba biti jednaka duljini zaustavnog puta u slučaju zaustavljanja pred nepomičnom zaprekom. Kod proračuna vertikalnog zaobljenja (konveksnog) zanemareni su uvjeti vožnje noću. Kako bi zapreka bila vidljiva noću potrebno je da bude osvijetljena svjetlima vozila koji su smješteni na manjoj visini od oka vozača. Isto tako, prepreka mora biti vidljiva u punoj veličini a ne samo u gornjem rubu.

Pri određivanju duljine preglednosti u slučaju pretjecanja vozila uzima se visina (pomične zapreke) vozila $h_1$ = 1.0 m, a visina oka vozača ostaje ista, tj. $h_o$ = 1,2 m. U tom je slučaju duljina vertikalne preglednosti jednaka duljini puta preglednosti kod pretjecanja vozila.[25]

Pri konkavnom prijelomu nivelete preglednost nije ugrožena, ali zbog centrifugalne sile dolazi do povećane težine vozila. Prema našim propisima, polumjer vertikalnog zaobljenja pri konkavnom prijelomu ne smije biti manji od dvije trećine susjednog polumjera vertikalnog zaobljenja pri konveksnom prijelomu nivelete.[26]

### 3.1.4. Elementi poprečnog profila prometnice

Elementi poprečnog profila, kao što su širina i broj prometnih traka je u ovisnosti od stupnja nesreće. Poprečni nagib kolnika u pravcu kreće se u intervalu od 1,5% do 4,%, u ovisnosti od vrste zastora i količine oborina, koji na cestama izvan naselja mora biti jednostran. Poprečni nagib kolnika u zavoju kreće se u intervalu do 3% do 7%, a kod serpentina i do 9%. Veličina poprečnog nagiba kolnika u zavoju ovisi o računskoj brzini, tj. potrebno je djelovanje centrifugalne sile svesti na što manji iznos, a nagib mora biti jednostran prema unutrašnjoj strani zavoja.[27]

Velika opasnost za sigurnost prometa je nepropisna širina kolnika, osobito pri prometovanju teretnih vozila. Istraživanja su pokazala da se povećanjem širine prometnih trakova smanjuje broj prometnih nezgoda. U tablici 4 prikazan je broj prometnih nezgoda u ovisnosti o širini kolnika s dva prometna traka na kojima se odvija promet u oba smjera.

**Tablica 4.** Broj prometnih nezgoda u ovisnosti o širini kolnika

| Širina kolnika s dva traka (m) | 4,5-5,5 | 5,5-6,5 | 6,5-7,5 | 7,5-8,5 | >8,5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Broj nezgoda na milijun prijeđenih kilometara | 7,40 | 5,70 | 4,84 | 3,80 | 2,45 |

Izvor: [1.]

[25]Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.118
[26]Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.119
[27]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-5

Na cestama za mješoviti problem, čest su problem biciklisti koji izazivaju velik broj prometnih nezgoda. Da bi se smanji broj prometnih nezgoda potrebno je predvidjeti biciklističke staze u područjima sa razvijenim biciklističkim prometom, te odvojiti biciklističke i pješačke staze od kolnika zaštitnim trakom ili ih izvesti nadvišene.

Rubnim trakom se postiže bolje iskorištenje površine kolnika, a njihovom izradom se sigurnost poveća zbog psihološkog djelovanja na vozača. Rubni trakovi služe i za zaustavljanje vozila u kvaru. Na autocestama se obavezno moraju izvesti rubni trakovi, a na ostalim cestama, ako nije moguće izvesti rubne trakove, onda je potrebno označiti rubne crte, koje imaju značajnu ulogu, sa gledišta sigurnosti, pri vožnji po magli i slaboj vidljivosti, jer uz pomoć njih vozač dobiva optičko sredstvo vođenja.

Broj prometnih nezgoda je u ovisnosti o širini bankine, jer povećanjem širine bankine se povećava sigurnost vožnje i smanjuje broj prometnih nezgoda kao što se vidi iz tablice 5.

**Tablica 5.** Broj prometnih nezgoda u ovisnosti o širini bankine

| Širina bankine (m) | 0 | 0,6-0,9 | 1,2-1,5 | 1,8-2,1 | >2,4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Broj nezgoda na milijun prijeđenih kilometara | 2,14 | 1,56 | 1,12 | 1,12 | 1,03 |

Izvor: [1.]

Uz elemente poprečnog presjeka kolnika, sa gledišta sigurnosti prometa, potrebno je istaknuti i uzdužni nagib kolnika. Na usponima koji prelaze 4 % problem predstavljaju teretna vozila koja gube brzinu i na taj način ometaju normalno odvijanje prometa. Povećanjem broja teretnih vozila znatno se poveća i broj prometnih nezgoda kao što se vidi iz tablice 6.

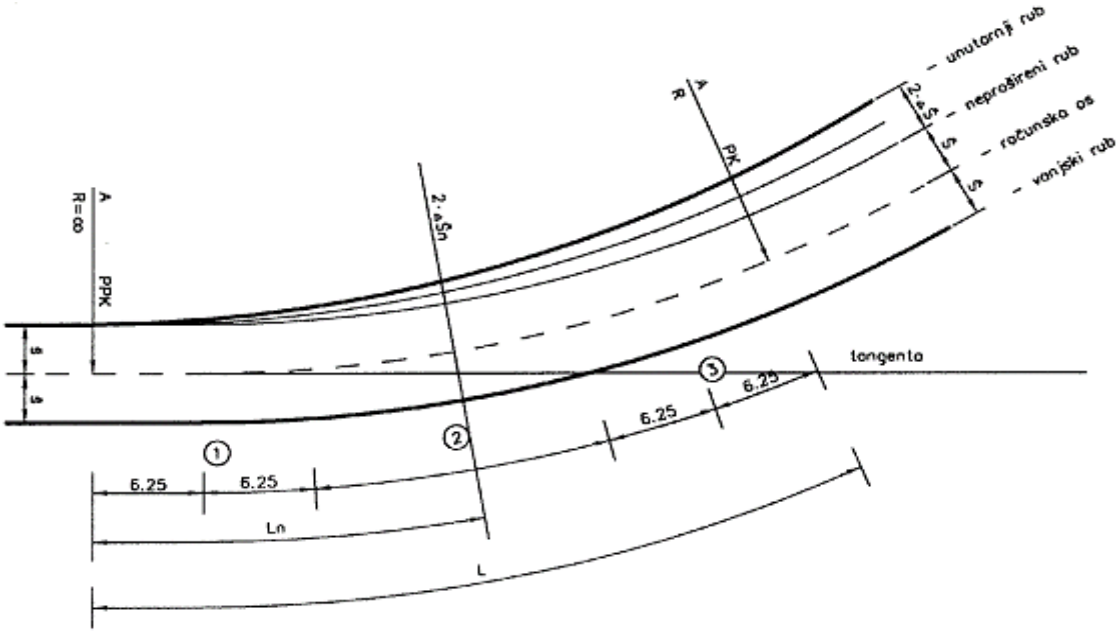
**Tablica 6.** Broj prometnih nezgoda u ovisnosti o broju teretnih vozila

| Postotak udjela teretnih vozila | 13,0 | 21,0 | 22,6 | 24,3 | 27,0 | 28,5 | 32,5 | 44,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nezgoda na milijun kilometara | 0,43 | 0,97 | 1,42 | 1,18 | 1,45 | 1,84 | 1,95 | 2,60 |

Izvor: [1.]

### 3.1.5. Proširenje kolnika u zavoju

Prolazeći kroz zavoj, stražnji kotači ne prate luk skretanja prednjih kotača te vozilo zauzima veću širinu nego je to u pravcu. Iz toga razloga se izvodi proširenje kolnika na unutarnju stranu zavoja za oba prometna traka zajedno, kao što je prikazano na slici 7.Proširenje se izvodi na duljini prijelaznice do pune vrijednosti u kružnom luku. Proširenje kolnika ovisi o polumjeru zavoja i o tehničkim elementima vozila, kao što su širina i razmak osovina.




**Slika 7.** Oblikovanje proširivanja (dvotračnog) kolnika u prijelaznici, [5.]

Vrijednost potrebnog proširenja jednog prometnog traka Δš izračuna se prema izrazima:

- $\Delta š = \frac{42}{R}$, za teretno vozilo s prikolicom
- $\Delta š = \frac{32}{R}$, za teretno vozilo ili autobus
- $\Delta š = \frac{10}{R}$, za osobni automobil

Minimalno proširenje u kružnom luku iznosi ovisi o ukupnoj širini kolnika š i iznosi 0,20 m za $š \leq 6{,}0$ m i 0,30 m za $š > 6$ m. Za manje vrijednosti proširenje se ne predviđa.

Proširenje uzduž prijelaznice izvodi se po zasebnom obrascu, a nanosi se okomito na liniju ne proširenog kolnika s njegove unutarnje strane. [28]

Sa motrišta sigurnosti prometa, proširenje kolnika u zavoju je neophodno i svakako ga treba izvesti zbog povećanja sigurnosti vožnje.

### 3.1.6. Zaokretnice (serpentine)

Zaokretnice ili serpentine se izvode na mjestima gdje je teško polagati trasu ceste u granicama dopuštenog uzdužnog nagiba, a to su obično brdoviti i planinski tereni. Izgrađuju se na mjestima gdje cesta mijenja smjer za više od 180° te je pri razvijanju trase potrebno svladati velike visinske razlike. Promet preko zaokretnica se teško i sporo odvija, te se zato one grade na cestama sa manjim intenzitetom prometa i manjim brzinama.

Polumjer kružnog luka zaokretnice ovisi o terenskim prilikama, a mora biti najmanje 1,5 puta veći od najmanjeg polumjera koji uvjetuje konstrukcija mjerodavnog vozila (autobus, teretno vozilo s prikolicom itd.). Za ceste 1. i 2. razreda polumjer zaokretnice ne smije biti manji od 20 m, dok polumjeri priključnih (susjednih) kružnih lukova moraju biti dva do četiri puta veći.[29]

## 3.2. Raskrižja

Raskrižja su točke u kojima se povezuju dvije ili više cesta. U raskrižju se prometni tokovi spajaju, razdvajaju, križaju ili prepliću. Pri konstrukciji raskrižja potrebno je svaki slučaj detaljno proučiti, jer lošom izvedbom raskrižja ugrožena je sigurnost. Kod projektiranja raskrižja potrebno je ispuniti sljedeće zahtjeve:

- sigurnost prometa,
- kvaliteta odvijanja prometa,
- utjecaj na okolinu,
- ekonomska isplativost.

Sigurnost vožnje je jedan od najvažnijih kriterija kod oblikovanja raskrižja, a da bi sigurnost bila osigurana potrebno je pri projektiranju uzeti u obzir četiri osnovna načela:

[28]Legac, I.: Cestovne prometnice 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.72
[29]Legac, I.: Cestovne prometnice 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., p.73

- vidljivost,
- preglednost,
- prilagodljivost,
- protočnost.

S gledišta sigurnosti treba voditi računa o tome da se prometni tokovi što manje sukobljavaju, te smanjiti broj konfliktnih točaka u čvorištu. Ovisno o značenju cestovnog pravca, križanja se izvode u istoj razini za ceste nižeg reda i u dvije ili više razina za ceste višeg reda.

Cestovna čvorišta u istoj razini su najzastupljenija, najčešće se primjenjuje na lokalnim i regionalnim cestama, a mogu zadovoljiti ako promet nije veći od 800 voz./h u oba smjera. Na takvim čvorištima je smanjena sigurnost zbog velikog broja konfliktnih točaka.

Cestovna čvorišta u više razina se izvode na cestama višeg reda i sa većim intenzitetom prometa. Takvo rješenje čvorišta osigurava siguran i brz promet jer nema direktnog sukobljavanja prometnih tokova.

Raskrižja su mjesta gdje se događa najveći broj nesreća, a u naseljima broj nezgoda na raskrižjima se kreće oko 40 do 50% od ukupnog broja nesreća. Ukoliko nije moguće izvesti raskrižje u dvije ili više razina, potrebo je osigurati dobru preglednost za sve smjerove kretanja i dobro upravljanje prometom.[30]

## 3.3. Propusna sposobnost prometnice i sigurnost prometa

Propusna moć (kapacitet) maksimalan je broj vozila koji može proći u jedinici vremena kroz promatrani presjek cestovne prometnice. Na osnovi poznavanja propusne moći N [voz./h] mogu se procijeniti nedostatci postojeće cestovne mreže i predložiti odgovarajuće izmjene. Propusna moć služi kao osnovica za sve intervencije i zahvate na određenom dijelu ceste. Isto tako, pri projektiranju novih cesta i čvorišta poznavanje propusne moći i prometnog opterećenja nužan je preduvjet da se može pristupiti tehničkim analizama, uspoređivanju varijanata i izboru najpovoljnijeg rješenja.[31]

Propusna sposobnost ovisi o brzini kretanja vozila i o sigurnosnom razmaku između vozila, koji je potreban iz razloga da, kada se naglo zaustavi prednje vozilo, stražnje se može

[30]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-9
[31]Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.189

sigurno zaustaviti. Za jednu prometnu traku, propusna sposobnost prometnice „N“ može se izraziti jednadžbom:

$$N = \frac{60\times60\times v}{rs} = \frac{3600\times V}{3{,}6\times rs} = \frac{1000\times V}{rs}\left[\frac{voz}{h}\right]$$, u kojoj je:

N - propusna sposobnost broja vozila tokom jednog sata

v - brzina vožnje vozila $\left[\frac{m}{s}\right]$

V - brzina vožnje vozila $\left[\frac{km}{h}\right]$

$v\left[\frac{m}{s}\right] = \frac{V}{3{,}6}\left[\frac{km}{h}\right]$

rs - sigurnosni razmak između vozila u kretanju [m]

Ako za jedan smjer vožnje postoji više prometnih trakova, propusna moć biti će veća, ali ne razmjerno s povećanjem prometnih traka, nego umanjena za redukcijski koeficijent γ, kao što je vidljivo iz jednadžbe:

$Nn = \gamma \times n \times N$ [voz/h], u kojoj je:

Nn – propusna moć više prometnih trakova

n – broj prometnih trakova

γ – redukcijski koeficijent

Vrijednosti koeficijenta γ dobiju se pokusima i prikazane su u tablici 7.

**Tablica 7.** Odnos vrijednosti koeficijenta γ i broja prometnih trakova

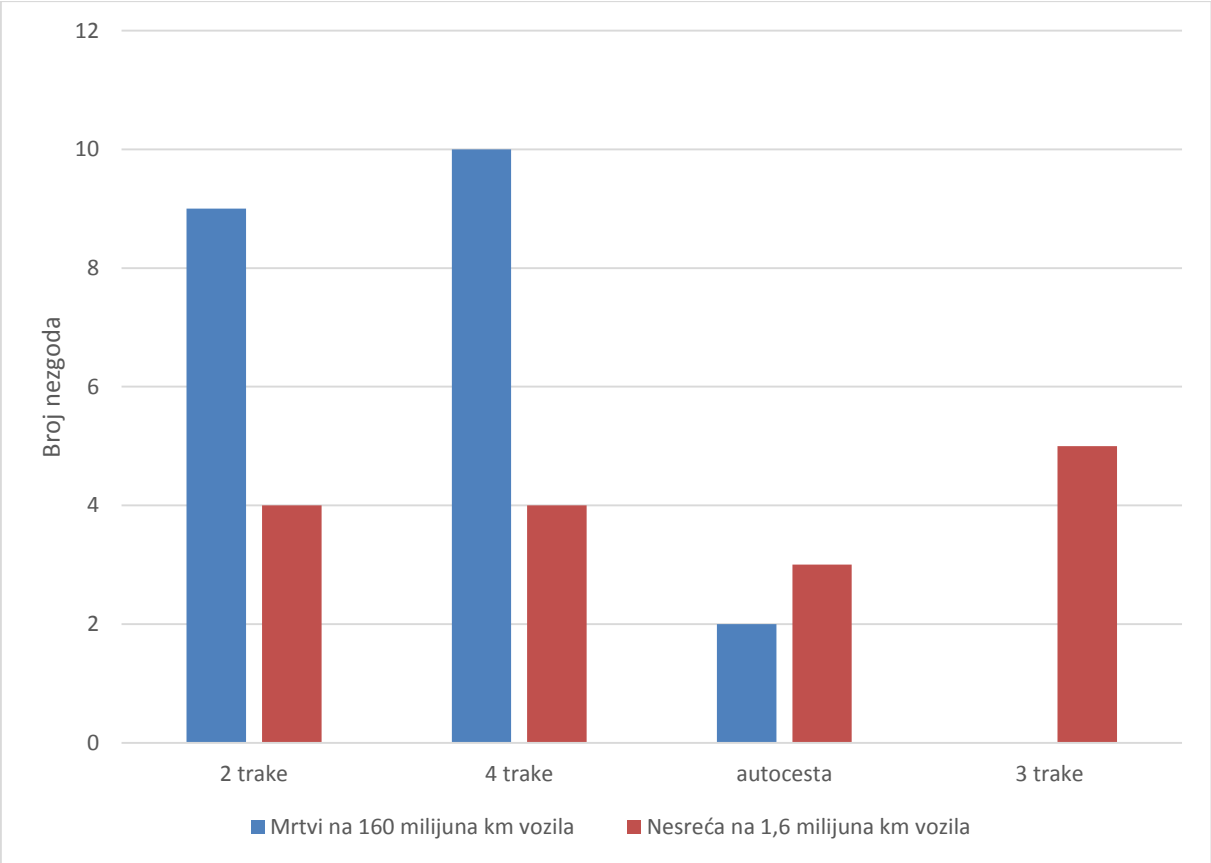
| Broj prometnih trakova „n“ | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| Koeficijent γ | 1,00 | 0,90 | 0,75-0,78 | 0,60-0,65 |

Izvor: [4.]

Takav način proračuna moguć je samo ako je prometni tok homogen, odnosno ako su sva vozila u prometnom toku jednakih tehničkih svojstava, ako su na svim cestama osigurani jednaki uvjeti i ako svi vozači imaju jednaka psihofizička svojstva. Takav prometni tok u stvarnosti, naravno, ne postoji te se pri proračunu propusne moći koriste jednadžbe dobivene na temelju stvarnog prometnog toka, gledajući širinu prometnih traka, vidljivost, udaljenost

bočnih smetnji, sigurnost, udobnost, čimbenik vršnog sata, tehničke elemente ceste, strukturu prometa i slično.

Najveća propusna moć je moguća kod cesta sa odvojenim prometnim trakama za svaki smjer vožnje, kod brzina 20 – 60 km/h i bez raskrižja u razini. Tada propusna sposobnost prometnice iznosi 1100 – 1600 vozila u jednom satu. Na mogućnost nastanka prometne nezgode utječe broje vozila koji se nalaze na cesti. Veći broj vozila znači i veću vjerojatnost nastanka prometnih nezgoda što je vidljivo na grafikonu 1, gdje je broje smrtno stradalih osoba na prometnici s četiri prometne trake (dva traka za jedan smjer) četiri puta veći nego na autocesti.




**Grafikon 1.** Utjecaj tipa prometnice na broj prometnih nezgoda

Izvor: [2.]

# 4. PROJEKTIRANJE NOVIH PROMETNICA I REKONSTRUKCIJA POSTOJEĆIH SA STAJALIŠTA SIGURNOSTI PROMETA

Pri projektiranju novih cesta, najvažnije je voditi računa o računskoj brzini, a računska brzina je navedena u Tehničkim propisima o elementima i osnovnim uvjetima koji se primjenjuju kod projektiranja javnih cesta i objekata na njima, što znači na cijeloj dionici ceste, odnosno njenim većim dijelovima.[32]

Uz računsku brzinu, potrebno je odrediti pravilne dimenzije elemenata ceste, uzevši u obzir vozno-dinamičke uvjete. Također je potrebno oblikovati trasu ceste tako da pozitivno utječe na psihu vozača i da bude estetski što bolje oblikovana.

Rekonstrukcija kolnika se ne bi smjela svoditi samo na zamjenu zastora kolnika. Potrebno je, uz zamjenu zastora kolnika, urediti konstruktivne elemente ceste i prilagoditi ih sadašnjim i budućim potrebama prometa. Novi kolnički zastor navodi vozače na povećanje brzine vožnje jer daje osjećaj sigurnosti, ali ako nisu uređeni elementi ceste to može dovesti do prometnih nezgoda.

## 4.1. Prometno planiranje kao element urbanističkog planiranja

Za razvoj svake društvene zajednice bitno je prometno planiranje, a ono je sastavni dio urbanističkog planiranja. Svrha i cilj prometnog planiranja je što bolje iskorištenje postojećih prometnica, te prilagoditi budući razvoj prometnica očekivanim potrebama, da bi se osiguralo sigurno kretanje ljudi i dobara.

Kod planiranja novih ili rekonstrukcije starih prometnica treba obavezno ispitati parametre toga zahvata. Analiza se provodi pomoću kapaciteta prometnice, odnosno propusne moći koju pretpostavimo za ceste nižeg reda, dok se za ceste višeg reda provode istraživanja. Na osnovi ove analize procjenjuju se nedostatci postojeće cestovne mreže i predlažu se rješenja vezana za rekonstrukcijske zahvate ceste.

Kod svakog tehničkog dimenzioniranja ili prometno-regulativne intervencije, bitan je pokazatelj mjerodavno prometno opterećenje. On se traži unutar skupa maksimalnih satnih opterećenja, te se kao mjerodavno satno opterećenje uzima tek trideseto do šezdeseto po veličini satno opterećenje, a izračunava se pomoću formule:

[32]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-10

$$N = \frac{SOn}{PGDP} * 100\ [\%]$$

Gdje je:

- SOn - postotni odnos prometnog opterećenja „n-tog sata“
- PGDP - prosječan godišnji dnevni promet

## 4.2. Sadržaj prometnog planiranja

Prometno planiranje je relativno novo planiranje, a njegovo je značenje posebno došlo do izražaja zbog brzog razvoja prometa. Prometni plan se sastoji od:

- tehničkog dijela,
- prometne studije,
- ekonomskog elaborata.

U **tehničkom dijelu** je sadržano idejno rješenje, odnosno idejni projekt, uz kojeg je i prijedlog za prihvaćanje najbolje varijante. **Prometna studija** obuhvaća analizu sadašnjeg stanja prometa, dok za tehnički dio daje prometnu prognozu, koja je izrađena na temelju čimbenika koji utječu na razvoj budućeg prometa. **Ekonomski elaborat** se izrađuje na osnovi tehničkog dijela i prometne studije, a sadrži ekonomsku analizu razvoja područja buduće ceste, transportnu ekonomiku i konačno vrednovanje projekta.

Prometno planiranje obuhvaća:

- prometnu dijagnozu,
- prometnu prognozu,
- prometnu „terapiju“.

Sadržaj, odnosno zadaća **prometne dijagnoze** je ispitivanje cjelokupne prometne mreže na području obuhvata, utvrđivanje topografskih, urbanističkih i prometnih značajki područja, snimanje prometa za sve vrste prometa i pješake, utvrđivanje stanja izgrađenosti i utvrđivanje broja prometnih nezgoda.

Da bi se moglo pristupiti projektiranju ceste potrebno je odrediti prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) koji se dobije kontinuiranim brojenjem automatskim brojačima tijekom cijele godine, te prosječni dnevni promet (PDP) koji se dobije brojenjem tijekom prosječnih mjeseci u godini, i to barem sedam dana ili više.

**Prometna prognoza** daje prognozu budućeg stanja prometa, a uzima u obzir očekivano povećanje prometa i nedostatke prometa u području obuhvata. Prometna prognoza se provodi uz pomoć metoda prognoze kao što su metoda Fratar, metoda multipne korelacije i gravitacijski model. Za izgradnju novih prometnica, prometna prognoza se radi za 20 godina, za veće rekonstrukcije 15 godina a za manje rekonstrukcije 10 godina. Tijekom izrade prometne prognoze ne smije se zanemariti čimbenici kao što su povećanje broja stanovnika, stupanj motorizacije, razvoj gospodarstva i slično.

**Prometna „terapija“** na temelju prometno-tehničkog proračuna donosi rješenja, te daje cijelu plansku koncepciju. Ona je završni dio prometnog planiranja i daje rješenje prometne građevine, uzevši u obzir dano opterećenje iz prometne prognoze.

Projektiranje ceste i cestovnih građevina je zahtjevan i složen proces koji mora pronaći najbolje rješenje iz raznih ponuđenih varijanti. Projektiranje se provodi postupkom koji se temelji na maksimalnom broju obavijesti i informacija, a izbor najbolje varijante mora zadovoljiti primarni cilj izgradnje, odnosno rješenja trebaju zadovoljavati sve zahtjeve prometa, da su prostorno i ekološki prihvatljiva, da ubrzavaju razvoj područja i što je najvažnije da jamče sigurnost.

## 4.3. Trasa ceste

Trasa ceste se sastoji od pravaca, zavoja i prijelaznih krivulja, a ti elementi moraju biti usklađeni kako bi osiguravali sigurno kretanje vozila pri računskoj brzini. Trasom ceste se određuju smjer i visinski položaj ceste, a treba biti homogena odnosno treba osiguravati jednoličnu brzinu kretanja vozila, jer svaka nagla promjena brzine može biti uzrok prometne nezgode. Prometne nezgode također mogu izazvati zavoji izvedeni sa minimalnim polumjerom i ako su pravci ispred takvih zavoja dugi, vozač ne očekuje takav zavoj i tu dolazi do prometnih nezgoda.

Zavoji i duljine pravaca trebaju biti međusobno usklađeni, jer kratak zavoj između dvaju dugih pravaca i kratak pravac između dvaju zavoja djeluju kao lom. Osim tehničke sigurnosti, treba biti osigurana i psihološka sigurnost koja se dobije pravilnim vođenjem trase, oblikovanjem usjeka, nasipa i zasjeka, te sadnjom raslinja.

Da bi se zadovoljili sigurnosni uvjeti treba postići što bolje optičko vođenje ceste, jer se tako stvara vizualni dojam koji upućuje na daljnji tok kolnika pa čak i tamo gdje on nije

jasno uočljiv. Kao optičko vođenje može poslužiti kolnički zastor jer se ravnom plohom izdvaja od okoline i ima drugačiju svjetlosnu refleksiju. To optičko vođenje danas se postiže rubnim trakovima ili crtama, ogradama i slično.

Na cestama s dvosmjernim prometom, zbog nedovoljne preglednosti daljeg toka ceste, na konveksnim prijelomima i pri nepreglednim horizontalnim zavojima uvode se srednji trakovi za fizičko odvajanje suprotnih smjerova vožnje, kao što se vidi na slici 8. Njima se postiže veća sigurnost vožnje i bolje optičko vođenje trase ceste.[33]

**Slika 8.** Trasiranje ceste sa srednjim trakom za fizičko odvajanje suprotnih smjerova vožnje

Izvor: http://poskok.info/wp/wp-content/uploads/2012/12/a32ef37ea3de705206a12518525b37d0.jpg, 25.6.2015.

[33]Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., p.53

# 5. STANJE KOLNIKA I OPREMA PROMETNICE

Slabo stanje kolnika očituje se u udarnim rupama i vrlo glatkoj površini kolnika. Udarne rupe najčešće nastaju iz razloga:

- loše kvalitete gornjeg sloja zastora,
- nepravilnog održavanja ceste i lošeg vremena,
- posljedica zamrzavanja.

Udarne rupe mogu prouzrokovati prometne nezgode, zbog skretanja vozila u suprotni prometni trak, i to pri brzinama većima od 40 km/h, ali i ozbiljna oštećenja vozila. Udarne rupe djeluju i na psihofizičke osobine vozača zbog njihovog stalnog izbjegavanja. Tablica 8 pokazuje učestalost prometnih nezgoda ovisno o stanju površine kolnika.

**Tablica 8.** Prometne nezgode prema stanju kolnika u 2013. godini

| **Stanje površine kolnika** | **Prometne nezgode** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Ukupno** | **%** | **s poginulim osobama** | **%** | **s ozlijeđenim osobama** | **%** |
| Suh-čist | 23.995 | 70,5 | 246 | 75,05 | 7.848 | 72,0 |
| Suh-pijesak, šljunak | 434 | 1,3 | 5 | 1,5 | 128 | 1,2 |
| Mokar | 8.321 | 24,4 | 72 | 22,0 | 2.663 | 24,4 |
| Blato | 37 | 0,1 | | | 9 | 0,1 |
| Snijeg razgrnut | 549 | 1,6 | 1 | 0,3 | 99 | 0,9 |
| Snijeg nerazgrnut | 385 | 1,1 | 2 | 0,6 | 73 | 0,7 |
| Zaleđen posut | 35 | 0,1 | | | 4 | 0,0 |
| Zaleđen neposut | 130 | 0,4 | 2 | 0,6 | 41 | 0,4 |
| Odron kamenja | 29 | 0,1 | | | 1 | 0,0 |
| Zemlja suha | 57 | 0,2 | | | 14 | 0,1 |
| Zemlja mokra | 27 | 0,1 | | | 1 | 0,0 |
| Ulje i slično | 31 | 0,1 | | | 16 | 0,1 |
| **UKUPNO** | **34.021** | **100,0** | **328** | **100,0** | **10.897** | **100,0** |

Izvor: [3.]

Za sigurnost prometa na cestama važna je slijedeća oprema:

- smjerokazi,
- zaštitne ograde,
- kilometarski stupići,
- granični stupići,
- živica (zeleni pojas uz cestu),
- ograde,
- odbojne ograde,
- reflektirajuće oznake,
- prometni znaci i oznake ,
- i ostalo.[34]

Ova oprema se postavlja prema propisima i ono je sastavni dio cestovnog projekta, a što za posljedicu ima smanjenje broja prometnih nezgoda. Potrebno je naglasiti postavljanje prometnih znakova i oznaka na kolniku i ostalim površinama. Znakovi i oznake na kolniku nisu postavljeni, na našim cestama, na svim mjestima gdje su potrebni, ili su krivo postavljeni i na krivim mjestima tako da ih vozači ne uočavaju pravodobno.

Istraživanja provedena u SAD-u i Francuskoj dokazala su da broj nesreća u noćnim satima opada za 20 do 30%, ukoliko se na dužim dionicama primjeni tehnički savršena rasvjeta. No rasvjetu na javnim cestama izvan naselja ne susrećemo, ni kod nas i u svijetu, već samo u naseljima gdje se prema istraživanjima preporučuje rasvjeta ulica ako broj vozila noću premaši granicu od 200 vozila na sat. [35]

Poželjno je da se na cestama izvan naselja osvijetle kritične točke, kao što su raskrižja, veći objekti, prijelazi za pješake i slično.

Pri rasvjeti ceste trebaju biti ispunjeni slijedeći uvjeti:

- bolja vidljivost koja omogućuje veću ukupnu svjetlosnu razinu,
- bolja preglednost ceste koja omogućuje ravnomjerniju svjetlosnu razinu,
- isključenje iz uporabe svjetiljke koje uzrokuju bliještanje,
- izvor svijetlosti ne smije biti u vidnom polju vozača,

[34]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-10
[35]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-11

- razmak između svjetiljki i visina postavljanja svjetiljki iznad kolnika trebaju omogućiti bolju vidljivost, kao i smanjiti zasljepljenje.[36]

Moramo napomenuti kako je, uz rasvjetu prometnica, sa stajališta sigurnosti bitna i rasvjeta tunela, a najviše pri ulasku u tunel zbog adaptacije oka na tamu.

## 5.1 Održavanje i popravak ceste

Za sigurnost prometa važno je i održavanje ceste, koje je u nadležnosti poduzeća za održavanje i popravak cesta. Radovi na održavanju javnih cesta moraju se obavljati redovno i pravovremeno, a među njih spadaju:

- mjestimični popravci kolnika, trupa ceste, potpornih zidova, obloga i objekata na cesti,
- čišćenje kolnika,
- zaštita kosina nasipa, usjeka i zasjeka,
- čišćenje odronjenog materijala iz usjeka, zasjeka, jaraka i kolnika,
- čišćenje objekata za odvodnju,
- postavljanje i uređenje, zamjena i popravak horizontalne i vertikalne signalizacije i ostale opreme na cesti,
- košenje trave i održavanje zelenih površina na cestovnom zemljištu,
- čišćenje snijega s kolnika,
- posipavanje kolnika na zavojima i većim nagibima ceste, na vijaduktima i mostovima u slučaju poledice,
- te drugi slični radovi na cestovnom zemljištu i objektima na cesti.[37]

Održavanje i popravak ceste ima direktan utjecaj na sigurnost vožnje. Tablica 9 prikazuje broje prometnih nezgoda u ovisnosti o stanju kolničke konstrukcije.

[36]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-11
[37]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-12

**Tablica 9.** Prometne nezgode prema stanju kolničke konstrukcije u 2013. godini

| Stanje kolničke konstrukcije | Prometne nezgode | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Ukupno** | **%** | **s poginulim osobama** | **%** | **s ozlijeđenim osobama** | **%** |
| Dobro | 33.091 | 97,3 | 314 | 95,7 | 10.636 | 97,6 |
| Manja oštećenja | 537 | 1,6 | 10 | 3,0 | 170 | 1,6 |
| Loše | 393 | 1,2 | 4 | 1,2 | 91 | 0,8 |
| **UKUPNO** | **34.021** | **100,0** | **328** | **100,0** | **10.897** | **100,0** |

Izvor: [3.]

U popravke ceste mogu se ubrojiti radovi:zamjena ili obnavljanje starih kolničkih zastora,ispravak zavoja, ublažavanje nagiba i zaštita čeličnih mostova i ostalih elemenata od korozije.

## 5.2. Objekti na prometnici

Objekti na prometnici su:mostovi,nadvožnjaci,vijadukti, tuneli i podvožnjaci. Svi navedeni objekti osiguravaju sigurno odvijanje prometa, ali pod uvjetom da se vozači njima pravilno i po propisima koriste.

Konstrukcija tunela predstavlja gotovo uvijek suženje u prometnom toku. Ulazak u tunel kod nekih vozača izaziva psihološku nesigurnost zbog smanjene vidljivosti, ograničenja prostora, užeg kolnika za mogućnost kretanja i slobodnog manevriranja, zagađenosti zraka i slično. U tunelu je prisutna i mogućnost pojave podzemnih voda, što uvjetuje povećan broj nezgoda. Psihološka nesigurnost vozača proizlazi iz prilagodbe osjetila vida (akomodacija) na naglu promjenu intenziteta svijetlosti (sa svijetla u tamu i obratno).[38] Akomodacija oko pri prijelazu sa svjetla u tamu iznosi 30-35 sekundi, dok akomodacija oko pri prijelazu iz tame na svjetlo iznosi 4-6 sekundi.

Opasnost za vožnju predstavljaju cestovni objekti kao što su mostovi i nadvožnjaci, jer je na njima veća mogućnost proklizavanja i zanošenja, zbog skliskog kolnika uslijed vlažnosti koja je na objektima veća nego na dijelovima ceste koja se pruža po zemljanoj podlozi.

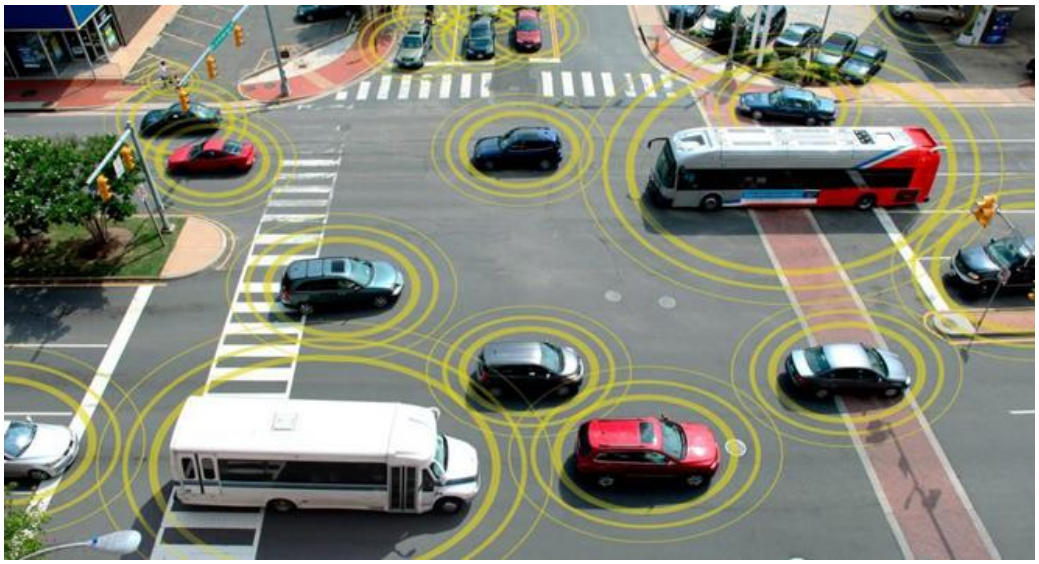
[38]Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994., p.4-14

# 6. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA ZA VOZILO I CESTU U SVRHU POVEĆANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Primarni cilj kod projektiranja i proizvodnje vozila, kao i kod projektiranja i izrade ceste je osigurati dovoljnu sigurnost za vozača i putnike. Da bi sigurnost bila zadovoljena potrebno je što kvalitetnije projektirati vozilo i cestu kao i kvalitetno održavanje istih. Također, napretkom tehnike i tehnologije potrebno je uvođenje novih i modernih sustava koji će utjecati na povećanje sigurnosti u cestovnom prometu.

## 6.1. Prijedlozi poboljšanja za vozilo u svrhu povećanja sigurnosti

Danas je nemoguće zamisliti moderan automobil bez hrpe elektronike. Putno računalo, multimedijalni sustavi, senzori za parkiranje i razne kamere postale su dio automobilske svakodnevnice. Budućnost donosi još naprednije korištenje računalnih tehnologija s ciljem stvaranja posve autonomnog vozila, koje će samo određivati kada se prestrojiti u određenu prometnu traku, imat će mogućnost biranja najpovoljnijeg cestovnog pravca kao i izbjegavanja rizičnih situacija u prometu, kao na slici 9.



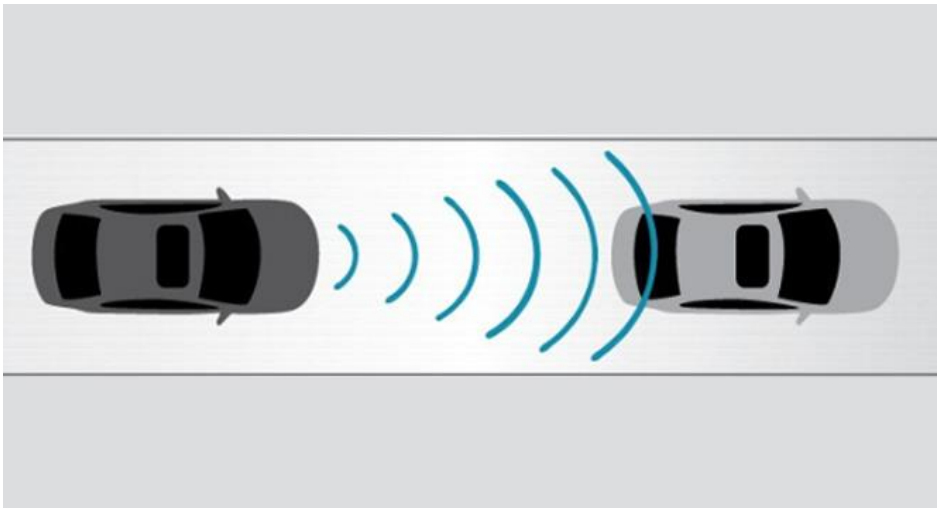
**Slika 9.** Autonomna vozila prate stanje na cesti

Izvor: http://recenzije.com/2013/10/proizvodaci-automobila-imaju-velike-planove-za-autonomna-vozila/, 23.7.2015.

Mnogobrojne tehnologije koje se danas primjenjuju u vozilima potrebno je prilagoditi ponašanju vozača u modernom prometnom okruženju, koje se stalno mijenja. Sve veći broj

vozača tijekom vožnje razgovara na telefon, provjeravaju poruke i slično, pa se te stavke trebaju uzeti u obzir pri izradi novih sigurnosnih tehnologija. Uz sve te nove tehnologije, potrebno je napomenuti da je od velike važnosti i redovito održavanje vozila i servisiranje radi ustanovljavanja mogućeg kvara i popravka.

**Autonomous Driving Support sustav** je sustav, koji je poželjan u modernom automobilu, a pomaže vozaču da ostane u svojoj prometnoj traci i da prati ritam prometa. Ovaj sustav pomaže vozaču da, tijekom vožnje u koloni, održava potreban razmak između svoga vozila i vozila ispred sebe. Automobil, koristeći dobivene podatke od kamere i radara, prati vozilo ispred sebe te automatski koči, ubrzava i upravlja, kao što se vidi na slici 10. Ako vozilo ispred napravi nagli manevar radi izbjegavanja neke prepreke, ovaj sustav će automatski to isto napraviti samostalno. Ipak, vozač može reagirati u bilo kojem trenutku i kontrolirati vožnju.



**Slika 10.** Vozilo prati stanje na cesti i održava potreban razmak

Izvor: http://recenzije.com/2013/11/engleski-gradic-uvodi-autonomna-vozila/, 23.7.2015.

Još jedna od mogućnosti za povećanje sigurnosti je uvođenje **ISA sustava (Intelligent speed assistance - pametni sustav za brzinu)**. Taj sustav bi trebao biti nezaobilazan u automobilskoj industriji. Koristi GPS podatke i kamere koje prepoznaju prometne znakove, te tako pomaže vozačima da se drže ograničenja brzine.

Također bi bilo poželjno ugradnju **sustava za kretanje izvan obilježene prometne trake (LDWS - lane departure warning systems)** u sva nova vozila. Taj sustav upozorava

vozača da je vozilo „iskliznulo“ iz obilježene prometne trake, što može biti znak ometenosti ili umora. Ovaj sustav je već obvezan za autobuse i teretna vozila.

Poznato je da su raskrižja točke sa velikim brojem prometnih nezgoda, zato je poželjno ugraditi **intersection support sustav** koji automatski upozorava i koči vozilo na raskrižju. Ovaj sustav uz pomoć senzora nadgleda događanja na križanju, i ako registrira opasnu situaciju, intervenira istog trenutka. Ovo je posebno važno kod skretanja, odnosno naleta vozila koje je prošlo kroz crveno, kada se aktivira kočenje. Ovaj sustav je dobar jer „razmišlja“ i o postupcima drugih vozača.

Uz povećanje sigurnosti aktivnim čimbenicima na vozilu, nikako ne bi trebalo zanemariti ni pasivne čimbenike. Sigurnost vozača i putnika pri nastanku prometne nezgode može se povećati ugradnjom:

- dvostupanjskih zračnih jastuka za vozača i suvozača,
- bočnih zračnih jastuka za putnike na prednjim sjedalima,
- ISOFIX-a (sustav za pričvršćivanje dječjih sjedalica),
- ograničenja sile zatezanja prednjih pojaseva,
- stražnjeg središnjeg pojasa s tri točke pričvršćenja,
- svjetala za maglu sa prednje i stražnje strane.

## 6.2. Prijedlozi poboljšanja za cestu u svrhu povećanja sigurnosti

Dobro projektirana i kvalitetno održavana cesta je preduvjet za sigurnu vožnju. Pri gradnji novih cesta najvažnije je kvalitetno isprojektirati trasu i elemente ceste, dok je kod već postojećih cesta najbitnije kvalitetno održavanje i ustanovljavanje nesigurnih dijelova ceste. Procjene sigurnosti novih projekata, također su od velike važnosti.

Kao što je već rečeno, pri projektiranju ceste trebalo bi što više pažnje posvetiti **polaganju trase ceste**, kao i kvalitetnom **projektiranju elemenata ceste**. Pošto se velik broj prometnih nezgoda dogodi na raskrižjima, potrebno je pri projektiranju ceste što kvalitetnije isprojektirati raskrižja, a to se može postići **uvođenjem kružnih raskrižja**, kao na slici 11, na svima mjestima gdje je to moguće.

**Slika 11.** Kružno raskrižje

Izvor: http://umag.hr/prva.aspx?stranica=9979, 23.7.2015.

Prednosti ovih križanja su brojnije od nedostataka, a to su:

- veća sigurnost,
- smanjenje brzine vožnje kroz raskrižje,
- manje posljedice prometnih nezgoda,
- manji trošak održavanja (nema svjetlosne signalizacije),
- smanjenje buke i emisija ispušnih plinova,
- dobro uklapanje u krajobraz.

Neki od nedostataka su:

- nemogućnost izgradnje u urbanim područjima,
- pri povećanom broju prometnih tokova je smanjena sigurnost,
- dva ili više raskrižja uzastopno remete prometni tok,
- te otežavaju kretanje biciklista i pješaka.

Također je bitno kod raskrižja da se **kanaliziranjem prometa** osigura što veća sigurnost i propusna moć križanja, te da se osigura potrebna **preglednost čvorišta**, kao i prometnice.

Na našim cestama sigurnost ugrožavaju uspornici, koji su obično nepravilno i nesukladno propisima izvedeni na kolniku, te kao takvi ugrožavaju sigurnost vožnje i dovode do oštećenja vozila. Alternativa tome bi mogla biti i **izmicanje osi ceste**, čime bi se „natjeralo“ vozače da uspore i prilagode vožnju uvjetima na cesti. Ovim postupkom je ispunjen cilj, odnosno smanjena je brzina vožnje, a ujedno nije potrebno na kolnik stavljati uspornike koji oštećuju vozila i prepreka su za čišćenje prometnice zimi.

Mjere za povećanje sigurnosti prometnica, koje bi se trebale primijeniti pri održavanju prometnica, mogu biti **proširenje kolnika i fizičko odvajanje smjerova prometnih trakova**, kao i **jasno označavanje i uočavanje prednosti vožnje**. Od velike važnosti za sigurnost je **povećanje hrapavosti kolnika**, što bi trebala biti neizostavna aktivnost pri održavanju prometnice.

# 7. ZAKLJUČAK

Stanje sigurnosti cestovnog prometa može se promatrati kroz povećanje i smanjenje broja prometnih nezgoda, ali i najvažnije, kroz stradavanje ljudi u tim nezgodama. To stanje je moguće podići na višu razinu, samo povezanošću svih subjekata kojima je vezan djelokrug rada uz cestovni promet.

Vozilo na sigurnost prometa utječe mnogo više nego to pokazuju statistički podaci, a razlozi za ovakvu procjenu su brojni. Kod teških nezgoda, skoro je nemoguće utvrditi koji parametar na vozilu je uzrok nezgode. Kada je vozilo uzrok nezgode navode se kvarovi kao što su lom, otkazivanje nekog sustava i slično a ne i svi kvarovi koji predstavljaju neispravnost, a mogu dovesti do prometne nezgode. Iz navedenog se zaključuje da je utjecaj vozila na sigurnost vrlo kompleksan.

Cesta kao čimbenik sigurnosti prema statističkim podacima, s obzirom na broj nezgoda, sudjeluje s malim postotkom, ali istraživanja, koja su provedena to opovrgavaju, te se može zaključiti da postotak učešća u prometnim nezgodama iznosi preko 20%. Da bi cesta bila što manji uzrok prometnih nezgoda, potrebno je kvalitetno projektiranje i održavanje ceste, kao i pravovremena i kvalitetna rekonstrukcija ceste.

# LITERATURA


[1.] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.

[2.] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994.

[3.] Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2013., Zagreb, 2014.

[4.] Legac, I.: Cestovne prometnice 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

[5.] Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti, NN 110/01.

[6.] Luburić, G.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1- radni materijal za predavanja, Fakultet prometnih znanosti, 2010.

[7.] Perić, T., Čedomir, I.: Zaštita u prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.

[8.] Todorović, P.: Stabilnost upravljanja vozilom, Školska knjiga, Zagreb, 1988.

[9.] Bilješke s predavanja kolegija Osnove prometne infrastrukture, akademska godina2012./2013.

[10.] Bilješke s predavanja kolegija Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1, akademska godina 2014./2015.

[11.] Bilješke s predavanja kolegija Cestovne prometnice 1, akademska godina 2013./2014.

**Internet izvori:**

[12.] http://www.sigurno-voziti.net/crtice/crtica09.htm, 15.6.2015.

[13.] http://www.poslovniforum.hr/about/sigurnost_prometa.asp, 20.6.2015.

[14.] http://www.jutarnji.hr/grad-ulaze-240-milijuna-kuna-u-rekonstrukciju-40-prometnica/1291493/, 21.6.2015.

[15.] http://www.automotoportal.hr/2012/07/10/volvo-razvija-nove-sigurnosne-sustave-koji-ce-dodatno-povecati-sigurnost-njegovih-automobila-video/, 1.7.2015.

[16.] http://zastita.info/hr/novosti/eu-treba-osigurati-brze-povecanje-sigurnosti-prometa,16266.html, 1.7.2015.

## POPIS SLIKA:

**Slika 1.** Karoserija vozila

**Slika 2.** Lom kaljenog vjetrobranskog stakla uslijed vanjskog udara

**Slika 3.** Upravljački mehanizam

**Slika 4.** Odnos Buka pneumatika / Buka vozila ovisno o brzini

**Slika 5.** Elementi horizontalne preglednosti

**Slika 6.** Elementi vertikalne preglednosti

**Slika 7.** Oblikovanje proširivanja (dvotračnog) kolnika u prijelaznici

**Slika 8.** Trasiranje ceste sa srednjim trakom za fizičko odvajanje suprotnih smjerova vožnje

**Slika 9.** Autonomna vozila prate stanje na cesti

**Slika 10.** Vozilo prati stanje na cesti i održava potreban razmak

**Slika 11.** Kružno raskrižje

# POPIS TABLICA:

**Tablica 1.** Nastradali vozači i putnici osobnih vozila prema korištenju sigurnosnog pojasa u 2013. godini

**Tablica 2.** Prikaz zavisnosti između koeficijenta prianjanja na prometnici i prometnih nezgoda

**Tablica 3.** Odnos između brzine gibanja na suhom i mokrom kolniku

**Tablica 4.** Broj prometnih nezgoda u ovisnosti o širini kolnika

**Tablica 5.** Broj prometnih nezgoda u ovisnosti o širini bankine

**Tablica 6.** Broj prometnih nezgoda u ovisnosti o broju teretnih vozila

**Tablica 7.** Odnos vrijednosti koeficijenta $\gamma$ i broja prometnih trakova

**Tablica 8.** Prometne nezgode prema stanju kolnika u 2013. Godini

**Tablica 9.** Prometne nezgode prema stanju kolničke konstrukcije u 2013. godini

## POPIS GRAFIKONA:

**Grafikon 1.** Utjecaj tipa prometnice na broj prometnih nezgoda