

Elementi puta kočenja vozila u funkciji sigurnosti cestovnog prometa

Vidaković, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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:119:413192>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-03**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marija Vidaković

ELEMENTI PUTA KOČENJA VOZILA U FUNKCIJI
SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 3. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4664


Pristupnik: **Marija Vidaković (0135244137)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Elementi puta kočenja vozila u funkciji sigurnosti cestovnog prometa**

Opis zadatka:

U radu potrebno je navesti različitosti značajke sustava za kočenje kod motornih vozila. Analizirati utjecanje čimbenike koji određuju zaustavni put vozila. Odrediti elemente koji određuju put kočenja u funkciji sigurnosti cestovnog prometa.

Mentor:



doc. dr. sc. Rajko Horvat

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ELEMENTI PUTA KOČENJA VOZILA U FUNKCIJI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

VEHICLE BRAKING ELEMENTS IN THE FUNCTION OF ROAD TRAFFIC SAFETY

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Student: Vidaković Marija,

JMBAG: 0135244137

Zagreb, rujan 2018.

ELEMENTI PUTA KOČENJA VOZILA U FUNKCIJI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

SAŽETAK

Sigurnost u cestovnom prometu ima veliku važnost. Jedan od elemenata koji utječe na sigurnost u cestovnom prometu je zaustavni put vozila. Zaustavni put se sastoji od puta reagiranja i puta kočenja te sigurnosnog razmaka. Put reagiranja uvelike ovisi o osobinama vozača, psihomotoričkim sposobnostima i uvjetima okoline. Put koji vozilo prijeđe od trenutka uočavanja opasnosti do trenutka djelovanja na kočnicu je put reagiranja. Put kočenja vozila ovisi o brojnim elementima kao što su: kočioni sustav vozila, pneumatici, stanje kolnika, vremenske neprilike i slično. Put kočenja je put koji vozilo prijeđe od trenutka djelovanja na kočnicu, pa sve do njegovog zaustavljanja. Znatno povećanje sigurnosti bi se postiglo s utjecajem na pojedine čimbenike koji određuju zaustavni put vozila poput povećanja koeficijenta trenja između pneumatika i kolnika, održavanje hrapavosti kolnika, povećanjem tehničke ispravnosti vozila, prilagođavanjem brzine kretanja vozila u odnosu na stanje kolnika i okoline i pravovremeno obavješćavanje vozača o uvjetima na cesti.

Ključne riječi: elementi puta kočenja, zaustavni put, put reagiranja, put kočenja, sigurnost cestovnog prometa, vozač, vozilo, cesta

SUMMARY

Safety in a road traffic is a very important. One of the principles that affect the safety in a road traffic is stopping distance. It consists of the reaction time and braking distance. Way of reaction depends of a driver's skills and characteristics, psychomotor capabilities and conditions of the environment. The time vehicle meets the moment of danger until the action of breaking is the reaction time. Braking distance depends of many principles, such as: breaking system of the vehicle, tires, road condition, weather conditions etc. The time a vehicle goes from the moment of action on brakes, until the stopping is a stopping distance. Significantly increase in safety would be influenced by certain factors that determine the stopping distance of vehicles such as increased friction coefficient between the pneumatic and the roadway, maintenance of the roughness of the pavement, by increasing the technical accuracy of the vehicle, by adjusting the speed of movement of a vehicle in relation to the condition of the road and the environment and timely informing the driver of the road conditions.

Keywords: vehicle braking elements, stopping distance, reaction time, braking distance, roadsafety, driver, vehicle, road

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. AKTIVNI I PASIVNI ELEMENTI VOZILA U FUNKCIJI SIGURNOSTI	2
3. PROMETNO-OBLIKOVNI ELEMENTI CESTE U FUNKCIJI SIGURNOSTI	10
3.1. Trasa ceste	10
3.2. Tehnički elementi ceste	12
3.3. Stanje kolnika	17
3.4. Oprema ceste	18
3.5. Rasvjeta ceste	18
3.6. Raskrižja	19
3.7. Utjecaj bočne zapreke.....	20
3.8. Održavanje ceste.....	21
4. ELEMENTI ZAUSTAVNOG PUTA VOZILA U FUNKCIJI SIGURNOSTI	22
4.1. Put reagiranja.....	22
4.2. Put kočenja	23
4.2.1. Put intenzivnog kočenja	23
4.2.2. Put slobodnog kočenja	25
4.3. Sigurnosni razmak	27
4.4. Duljina zaustavnog puta pri intenzivnom kočenju	27
4.5. Duljina zaustavnog puta pri slobodnom kočenju	28
4.6. Utjecaj vozača na duljinu zaustavnog puta.....	28
4.7. Utjecaj pneumatika na duljinu zaustavnog puta.....	30
4.8. Utjecaj stanja kolnika na duljinu zaustavnog puta	31
4.9. Utjecaj kočnica na duljinu zaustavnog puta	33

5. PRIJEDLOG MJERA ZA POBOLJŠANJE ELEMENATA KOJI ODREĐUJU ZAUSTAVNI PUT VOZILA	35
6. ZAKLJUČAK	37
7. POPIS LITERATURE	39
8. POPIS SLIKA	41
9. POPIS TABLICA	42
10. POPIS GRAFIKONA	42

1. UVOD

Ubrzani razvoj cestovnog prometa rezultirao je problemima kao što su opterećenje cestovne mreže i povećano stradavanje svih sudionika u prometu. Većim brojem vozila dolazi do zagušenja prometnica što dovodi do većih vjerojatnosti nastanka prometnih nesreća.

Tema završnog rada je: Elementi puta kočenja vozila u funkciji sigurnosti cestovnog prometa. Osnovni cilj završnog rada usmjeren je prema definiranju elemenata i određivanju njihovog utjecaja na duljinu zaustavnog puta vozila. Cilj rada je i definiranje prijedloga mjera za poboljšanje elemenata kojim se određuje zaustavni put vozila.

Završni rad je podijeljen na sljedeće cjeline:

1. Uvod
2. Aktivni i pasivni elementi vozila u funkciji sigurnosti
3. Prometno-oblikovni elementi ceste u funkciji sigurnosti
4. Elementi zaustavnog puta vozila u funkciji sigurnosti
5. Prijedlog mjera za poboljšanje elemenata koji određuju zaustavni put vozila
6. Zaključak

U drugom poglavlju su navedeni aktivni i pasivni elementi vozila koji utječu na sigurnost cestovnog prometa te je opisan njihov utjecaj na sigurnost u cestovnom prometu.

U trećem poglavlju su objašnjeni svi prometno-oblikovni elementi ceste u funkciji sigurnosti.

U četvrtom poglavlju su navedeni elementi zaustavnog puta uz proračune i objašnjenja, također je napravljen detaljan opis elemenata koji utječu na zaustavni put vozila.

U petom poglavlju je izložen prijedlog mjera kojim bi se poboljšali elementi zaustavnog puta, a time i skratio zaustavni put.

2. AKTIVNI I PASIVNI ELEMENTI VOZILA U FUNKCIJI SIGURNOSTI

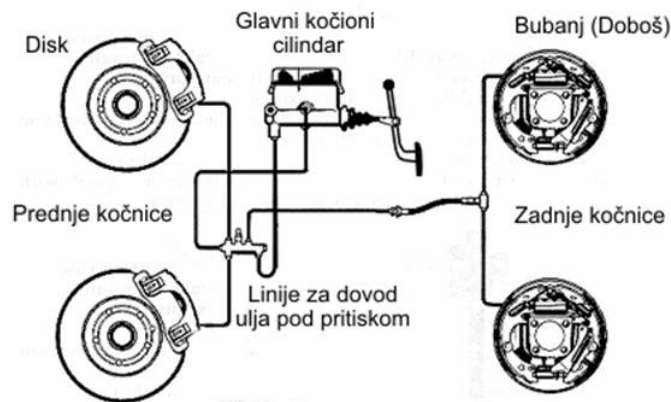
U početnoj fazi razvoja automobila elementi aktivne i pasivne sigurnosti nisu bili predmetom od posebnog značaja tadašnjih konstruktora. Sve većim zahtjevima za prometnom uslugom, zahtijevala se istodobno i udobnost i sigurnost vožnje. Stoga su se konstruktori posvetili istraživanju svakoj pojedinog elementa vozila kako bi povećali sigurnost u cestovnom prometu. Danas su ti elementi poznati svakom konstruktoru i svaki element ima svoju funkciju sigurnosti. Dijelimo ih na aktivne i pasivne elemente. U aktivne elemente sigurnosti se ubrajaju ona tehnička rješenja vozila čija je zadaća smanjiti mogućnost nastanka prometne nesreće. U pasivne elemente sigurnosti se ubrajaju rješenja koja imaju namjenu obaviti određene funkcije, ako nastane prometna nesreća i ublažiti njezine posljedice. Aktivni elementi sigurnosti vozila su:

- Kočnice
- Upravljački mehanizam
- Pneumatici
- Svjetlosni i signalni uređaji
- Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača
- Konstrukcija sjedala
- Usmjernivači zraka (spojleri)
- Uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila
- Vibracije vozila
- Buka

Kočnice su jedan od najvažnijih aktivnih elemenata sigurnosti vozila. One omogućavaju usporavanje kretanja vozila ili njegovo potpuno zaustavljanje. Vozilo mora biti opremljeno s dvije potpuno nezavisne kočnice: ručnom i nožnom. Sa stajališta sigurnosti prometa veću važnost ima nožna kočnica jer djeluje neposredno na sve kotače, dok ručna kočnica djeluje samo na zadnje kotače. Razlikujemo više sustava kočenja: kočenje pomoću disk-kočnica, kočenje pomoću bubnja i kombinirani sustav kočenja. Kod kombiniranog sustava kočenja, prikazanog na slici 1, disk-kočnice su na prednjim kotačima, a na stražnjim se koči pomoću bubnja.

Ručna kočnica upotrebljava se prilikom parkiranja vozila i za slučaj nužde, odnosno u slučaju kada nožna kočnica nije u funkciji zbog kvara ili u slučaju kada ona nije dovoljna za ostvarenje maksimalne sile kočenja. Kad se vozilo pokreće na usponu ručna kočnica ima posebnu funkciju. Naime, ona u takvim uvjetima omogućava da se vozilo pokrene iz stanja mirovanja bez da nastavi kretanje unatrag. Najčešće je ugrađena desno od vozača između sjedala. Bitno je spomenuti i sustav električne ručne kočnice koja svojim jednostavnim rukovanjem pomoću prekidača omogućava sigurno i automatsko zaustavljanje vozila. Električna ručna kočnica preko dva elektromotora djeluje na stražnje disk-kočnice. Omogućavaju automatsku aktivaciju prilikom gašenja motora, zaustavljanja na semaforu ili na dijelu ceste na nagibu. Također, omogućava automatsko isključivanje djelovanja električne ručne kočnice prilikom pokretanja vozila.

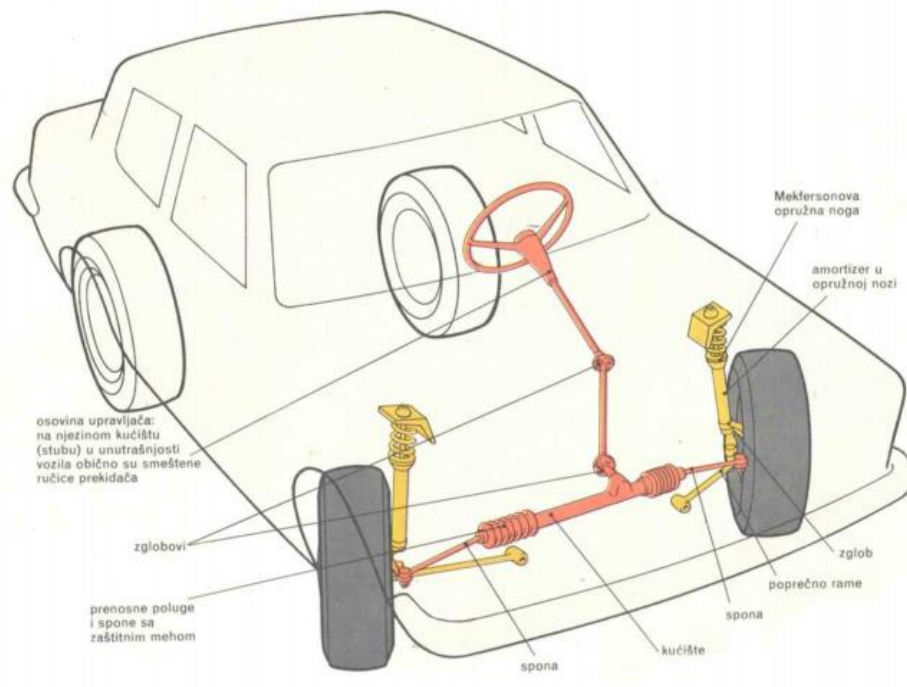
Nožna kočnica se aktivira pritiskom vozača na papučicu kočnice. Aktiviranjem nožne kočnice se moraju uključiti i stop svjetla kako bi se obavijestili drugi sudionici u prometu da vozač usporava ili zaustavlja vozilo.



Slika 1. Prikaz uobičajenog kombiniranog kočionog sustava [11]

Blokiranje kočnica je najveća opasnost za sigurnost prometa prilikom naglog kočenja vozila jer se pritom gubi 60% sile kočenja. Stoga je danas poznat antiblokirajući sustav, tzv. ABS. Najvažnija značajka koju ABS mora posjedovati je sprečavanje blokiranja kotača prilikom intenzivnog kočenja. Neke od ostalih značajki su da ABS sustav mora biti izdržljiv, projektiran i ugrađen u vozilo tako da ne zahtijeva posebno održavanje, efikasnost kočnog sustava mora biti zadržana bez obzira na eventualni kvar nekog elementa ABS-a, mora omogućiti stabilno kretanje vozila te lakoću upravljanja bez obzira na intenzitet kočenja po ravnoj cesti ili u zavoju.

Upravljački mehanizam je namijenjen za održavanje i promjenu pravca kretanja vozila, odnosno manevriranje vozila. Vozač uz pomoć upravljačkog kola djeluje na kotače. S obzirom na važnost upravljačkog mehanizma na sigurnost vozila, potrebno je da omogućava vozaču upravljanje vozilom bez djelovanja velikih sila i minimalno prenosi udare kotača zbog neravnina na cesti putem kola upravljača te omogućava potpuno kotrljanje svih kotača kod zakretanja vozila koje se ostvaruje zakretanjem upravljačkih kotača. Stoga je od iznimne važnosti na vrijeme izvršiti promjenu istrošenih dijelova upravljačkog mehanizma. Detaljan prikaz mehanizma je na slici 2.

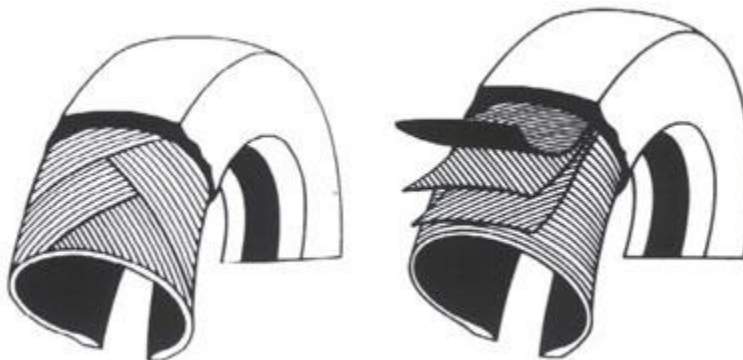


Slika 2. Upravljački mehanizam vozila
[12]

Pneumatici omogućavaju kretanje vozila i manevriranje vozilom, utječu na ravnomjernost gibanja, i omogućavaju prijanjanje između kotača i podloge. Za sigurnu vožnju važno je da gazeći sloj pneumatika ima dobra svojstva prijanjanja, a dubina utora ne smije biti manja od jednog milimetra za osobna i dva milimetra za teretna vozila i autobuse. Pneumatici se dijele na dijagonalne i radijalne.

Na slici 3 je prikazana razlika u konstrukciji između dijagonalnih i radijalnih pneumatika. Radijalni pneumatici imaju bitne prednosti u odnosu na dijagonalne, a to su manje zagrijavanje

tijekom vožnje što omogućava dulji vijek trajanja, bolje je iskorištenje snage motora pri većim ubrzanjima, zbog niže visine težišta omogućavaju veću stabilnost vozila, smanjuju potrošnju goriva i imaju kraći put kočenja.



Slika 3. Dijagonalna i radijalna guma – razlike u konstrukciji
[10]

Svjetlosni i signalni uređaji su bitni za vozača, ali i za ostale sudionike u prometu jer osvijetljavaju cestu ispred vozila, označavaju položaj vozila na kolniku ceste i daju odgovarajuće signale sa kojima pružaju informacije o namjeri kretanja vozila.

Na prednjoj strani vozila su:

- duga svjetla,
- kratka svjetla,
- svjetla za maglu,
- prednja svjetla i
- pokazivači smjera.

Na stražnjoj strani vozila se nalaze:

- stop-svjetla,
- stražnja svjetla,
- pokazivači smjera,
- svjetlo za maglu,
- svjetlo za vožnju unatrag i
- svjetlo za osvijetljavanje registarske pločice.

Sigurnost u prometu se povećava pravilnom uporabom svjetlosnih uređaja. Sva prednja svjetla na vozilu su bijele ili žute boje, a stražnja crvene. Pokazivači smjera su narančaste boje, a treptajućim signalom privlače više pažnje. Sudionici prometa kao što su pješaci, bicikli, traktori, ali i neosvijetljena spora vozila su posebna opasnost na cesti jer ih je teže uočiti. Svjetlosni i signalni uređaji imaju zadatak da rasvijetljavaju cestu i njezinu bližu okolicu, u uvjetima slabe vidljivosti omogućavaju nesmetani promet vozila, upozoravaju na svaku promjenu smjera kretanja vozila, te obilježavaju vozila s prednje i sa stražnje strane.

Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača su prozorska stakla, brisači i perači vjetrobrana te retrovizori. Vjetrobranska i bočna prozorska stakla moraju biti prozirna, neoštećena, ne smiju iskrivljivati sliku jer ako se radi o suprotnom slučaju, ona mogu biti ozbiljna prijetnja sigurnosti putnika u vozilu. Vjetrobranska stakla imaju bitnu zadaću, između ostalog, sprječavanje ispadanja putnika iz vozila. Kod loših vremenskih uvjeta koriste se brisači, bez brisača u lošim vremenskim uvjetima vožnja bi bila nemoguća. Ako vozilo nema brisače na stražnjem staklu, znatno se smanjuje sigurnost vožnje jer se time smanjuje i bitna funkcija središnjeg retrovizora u vozilu. Ako su farovi na vozilu onečišćeni jačina svjetla se smanjuje i do 50 posto. Praćenje prometa iza vozila omogućuju zrcala, tzv. retrovizori.

Konstrukcija sjedala je važan element sigurnosti vozila, ona mora biti konstruirana tako da omogućavaju udobnost, da pridržavaju vozača pri djelovanju centrifugalne sile u zavoju, da omogućavaju dobru vidljivost tijekom vožnje te da je optimalno udaljeno od uređaja za komandu vozila, a udaljenost ovisi o svakom vozaču zasebno.

Usmjerivači zraka su dijelovi karoserije vozila čija je zadaća smanjivanje otpora zraka i povećavanje stabilnosti vozila pri velikim brzinama. Smanjenje otpora zraka rezultira smanjenju potrošnje goriva.

Uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanja unutrašnjosti vozila važni su za radnu sposobnost vozača jer kontroliraju temperaturu u kabini vozila. Uz regulaciju temperature, koristi se i odmagljivanje stakla u vozilu. Optimalna temperatura u kabini vozila iznosi između 13-30°C. Na temperaturama ispod 13°C i iznad 30°C radna sposobnost vozača se značajno smanjuje.

Vibracije vozila uzrokovane prometom su niskofrekvencijski poremećaji nastali uslijed djelovanja sila na kotač. Vibracija je svako gibanje koje se ponavlja u vremenskom intervalu. Povećavaju se prilikom ubrzanja vozila, a prenose se putem stopala na ostale dijelove tijela.

Buka je zvuk koji je nepoželjan i neugodan, a loše utječe na vozača tijekom vožnje, smanjuje se koncentracija i djeluje na živčani sustav i unutarnje organe. Posljedice koje buka može izazvati su oštećenje sluha, glavobolja, vrtoglavica, smetnje u komunikaciji, umor i radnu sposobnost vozača. Da bi putnici ostvarili normalnu komunikaciju u vozilu, razina buke može biti najviše 70 dB. Sva buka iznad 80 dB štetno utječe na organe sluha. Buku je nemoguće izbjeći, ali ju je moguće izolirati upotrebom tehnologija. Buka se smanjuje prilagođenom konstrukcijom vozila tako da se primjenjuje akustična izolacija između mjesta gdje je smješten motor te kabine vozila gdje se nalaze putnici.

Cilj je pasivne sigurnosti smanjenje vjerojatnosti i težine povređivanja sudionika u prometu te vozača, putnika i pješaka u prometnim nesrećama. [3] U pasivne elemente sigurnosti se ubrajaju:

- Školjka (karoserija)
- Vrata
- Sigurnosni pojasevi
- Nasloni za glavu
- Vjetrobranska stakla i zrcala
- Položaj motora, spremnika, rezervnog kotača i akumulatora
- Odbojnik
- Sigurnosni zračni jastuk

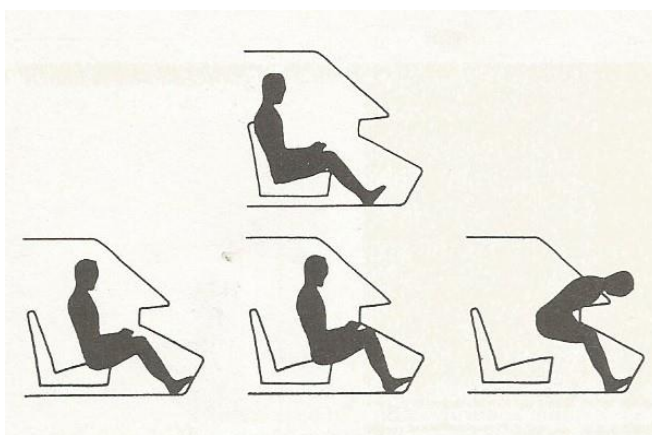
Školjka ili karoserija vozila namijenjena je za smještaj vozača, putnika i tereta. Kako bi povećala sigurnost mora imati čvrstoću, elastičnost i otpornost na udare, savijanje i lom. Sastoji se od tri dijela koja su vidljiva na slici 4, a to su: prednji, srednji i stražnji dio. Prednji dio školjke namijenjen je za smještaj motora, srednji za smještaj putnika, a stražnji za smještaj prtljage. Srednji dio školjke treba biti što manji u odnosu na prednji i stražnji dio i treba biti zaštićen tako što veću količinu kinetičke energije i maksimalni udar preuzimaju prednji i stražnji dio.



Slika 4. Karoserija vozila
[13]

Vrata na vozilu moraju izdržati sva udarna opterećenja i sprječavaju savijanje školjke. Kod lakšeg otvaranja vrata radi spašavanja ozlijeđenih putnika, vrata moraju imati sustav blokiranja protiv otvaranja kod udara.

Sigurnosni pojasevi predstavljaju najvažniji element pasivne sigurnosti. Sigurnosni pojasevi su konstruirani tako da zadržavaju ljudsko tijelo u sjedalu pri sudaru. Njihova je namjena sprečavanje odvajanje ljudskog tijela od sjedala, odnosno sprečavaju relativno kretanje tijela u odnosu na vozilo, ali i izbacivanje tijela iz vozila. Korištenjem sigurnosnih pojaseva sprečava se pri sudaru udar glavom u vjetrobransko staklo i udar prsним košem u upravljačko kolo. Za osobe koje ne koriste sigurnosni pojas kinematički tok pokreta pri čelnom sudaru prikazan je na slici 5. Za 60% se smanjuje broj smrtno stradalih osoba primjenom sigurnosnih pojaseva.



Slika 5. Faze pokreta osobe u vozilu pri čelnom sudaru kad osobe ne koriste sigurnosni pojas
[2]

Nasloni za glavu podupiru glavu i vrat, rasterećuju vratne kralješke jer kod iznenadnog udara u stražnji dio vozila glava se pokreće unatrag. Prema europskim normama nasloni za glavu trebaju izdržati minimalno silu od 1000 N.

Vjetrobranska stakla i zrcala kao i ostala stakla u vozilu moraju biti otporna na puknuća kod toplinskih i atmosferskih utjecaja. Kako bi se povećala sigurnost u vožnji težiti povećanju udaljenosti između putnika i vjetrobranskog stakla. Vjetrobransko staklo mora omogućavati prije svega dobru vidljivost, zaštitu od vremenskih neprilika, zaštitu od posljedica vanjskih udara, zaštitu od izbacivanja iz vozila.

Položaj motora, spremnika, rezervnom kotača i akumulatora mora biti takav da ne ugrožava sigurnost putnika u središnjem prostoru. Motor se nalazi u prednjem dijelu karoserije i tako preuzima najveći dio kinetičke energije pri sudaru. Spremnik za benzin i rezervni kotač su obično u stražnjem dijelu, ako je u prednjem motor. Akumulator ne smije biti u istom prostoru gdje se nalazi spremnik za gorivo jer je samozapaljiv.

Odbojnik je pasivni element sigurnosti koji pri sudaru apsorbira dio kinetičke energije. Nalazi se na prednjoj i stražnjoj strani vozila. Odbojnici se izrađuju od posebne vrste plastike, ne podliježu koroziji i male su težine.

Sigurnosni zračni jastuk je uz sigurnosne pojaseve najvažniji element pasivne sigurnosti vozila jer visoku zaštitu omogućuje isključivo u kombinaciji sa sigurnosnim pojasevima. Nakon sudara izbacuje se iz prednjeg dijela vozila u središnji dio i puni se dušikom. Jastuk ostaje pun oko pola sekunde, a onda izlazi plin. Ako dođe do aktiviranja zračnog jastuka nakon sudara, kolo upravljača sa zračnim jastukom i elektronskim sustavom se mora promijeniti jer ono nema mogućnost korištenja više od jednog puta što predstavlja njihov nedostatak.

3. PROMETNO-OBLIKOVNI ELEMENTI CESTE U FUNKCIJI SIGURNOSTI

Ceste i cestovnu infrastrukturu potrebno je planirati, projektirati, graditi i održavati na način da odgovara zahtjevima prometa i optimalnoj sigurnosti svih sudionika. Zbog toga je važno da se prilikom određivanja prometnih i oblikovnih elementa ceste primjenjuju optimalni, a ne minimalni elementi kako ne bi došlo do ugrožavanja sigurnosti sudionika u prometu. Osim odabira optimalnih prometnih i oblikovnih elemenata novo projektiranih cesta, u cilju poboljšanja sigurnosti potrebno je i kvalitetno održavanje već postojećih cesta i cestovne infrastrukture. Osnovne prometno oblikovne elemente ceste čine trasa, tehnički elementi trase i kolnik. Uređaji i oprema dodatni su elementi koji unaprjeđuju optičku i psihološku sigurnost sudionicima u prometu.

3.1. Trasa ceste

Trasa ceste je zamišljena linija osi ceste koja se sastoji od tri osnovne dimenzije:

- horizontalnom projekcijom (tlocrt)
- vertikalnom projekcijom kroz os ceste (uzdužni profil ceste)
- vertikalnom projekcijom okomito na os ceste (poprečni presjek ceste)

Cesta u tlocrtu se sastoji od pravaca, prijelaznih krivulja - prijelaznica oblika klotoide i kružnih lukova koji su prikazani na slici 6. Prijelazne krivulje služe za postupni prijelaz zakrivljenosti iz pravca u kružni luk, postupno proširenje kolnika iz širine u pravcu na širinu u kružnom luku te osiguravaju dovoljnu duljinu vitoperenja kolnika za prijelaz iz poprečnog nagiba u pravcu na poprečan nagib u kružnom luku. Vitoperenje kolnika je promjena poprečnog nagiba kolnika, izvodi se postupno na duljini prijelaznice.



Slika 6. Trasa ceste u tlocrtu
[6]

Uzdužni profil ceste se sastoji linije terena i linije nivelete i prikazuje visinski položaj ceste. Linija terena se dobiva očitavanjem stacionaža na trasi ceste u tlocrtu i nadmorskih visina točaka u kojima os trase siječe izohipse. Niveleta je linija površine kolnika koja prikazuje vertikalni tok trase ceste. Trasa ceste u tlocrtu i uzdužni profil ceste se izrađuju zajedno vodeći računa o pojedinim elementima koji ih oblikuju. Prilagođavanje trase konfiguraciji terena u tlocrtu i uzdužnom presjeku smanjuje troškove građenja.

Elementi poprečnog presjeka su prometni trak, rubni trak, bankina odnosno berma i rigol, uređaji za odvodnju, trakovi za zaustavljanje, trakovi za spora vozila, biciklističke trake i staze za pješake. Poprečni presjek ceste sadrži prikaz elemenata s njihovim dimenzijama.

Trasa ceste treba omogućavati jednoličnu brzinu kretanja vozila jer svaka nagla promjena brzine može uzrokovati prometnu nesreću. Zavoji projektirani s minimalnim određenim polumjerom mogu biti uzrok prometnih nesreća ako su izvedeni nakon dugih pravaca, jer ih vozač ne očekuje. Stoga se duljine pravaca i zavoja moraju međusobno uskladiti i osigurati sigurnost vožnje. S druge strane, kratka prijelaznica između dva zavoja također može ugroziti sigurnost vozača prilikom vožnje na tom dijelu trase ceste.

3.2. Tehnički elementi ceste

Tehnički elementi ceste su važan čimbenik sigurnosti prometa, a to su sljedeći elementi:

- Prometni trakovi
- Rubni trakovi
- Bankina i berma
- Rigol
- Oštri zavoji
- Trakovi za spora vozila
- Trakovi za zaustavljanje
- Razdjelni pojasevi
- Pješačke staze
- Biciklističke staze
- Horizontalna i vertikalna preglednost

Prometni trak je dio kolničkog traka čija je širina dovoljna za nesmetan promet jednog reda motornih vozila koja se kreću određenom računskom brzinom (V_r). Računska brzina je najveća očekivana brzina koju vozilo može postići u slobodnom prometnom toku uz dovoljnu sigurnost vožnje na određenoj dionici ceste, zavisno o tlocrtnim i visinskim elementima tog dijela dionice.

Nepropisna širina prometnog traka je velika opasnost za sigurnost prometa, naročito kod prolaska teretnih vozila. Mnogobrojna istraživanja ukazuju na to da se povećanjem širine prometnog traka smanjuje broj prometnih nesreća. Prema *Pravilniku o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljiti sa stajališta sigurnosti prometa* širina prometnog traka ovisi o projektnoj brzini (V_p). Projektna brzina je najveća brzina za koju je zajamčena potpuna sigurnost vožnje u slobodnom prometnom toku na cijelom potezu trase, kod optimalnih vremenskih uvjetima i u slučaju dobrog održavanja. U tablici 1 je vidljiva ovisnost širine prometnog traka o projektnoj brzini.

Tablica 1. Ovisnost širine prometnog traka o brzini V_p

V_p ceste(km/h)	120	100	90	80	70	60	50	40
\check{S}_{vt} (m)	3,75	3,50	3,50	3,25	3,00	3,00	3,00 (2,75)	2,75 (2,50)

Izvor: [8]

Rubni trakovi su elementi za obrublivanje kolnika i osiguranje kolnika od oštećenja. Postavljeni su između bankine i kolnika kao granični vizualni elementi ceste koji dodatno utječu na sigurnosti prometa. Izvode se u širinama od 0,2 m – 0,5 m ovisno o širini prometnog traka.

Bankina i berma su uz rubne trakove krajnji elementi krune ceste koja se sastoji od ostalih elemenata: kolnika s voznim i preticajnim trakovima, zaustavni trakovi i trakovi za spora vozila, rigoli, razdjelni pojas, nogostupi i biciklističke staze. Širina bankine i berme zasebno ovisi o kategoriji ceste i može biti od 1 m, 1,2 m i 1,5 m. Vanjski dio bankine namijenjen je za postavljanje stupova vertikalne prometne signalizacije.

Betonska ili kamena konstrukcija uzduž ruba kolnika je rigol koji ima funkciju preuzimanja površinske vode i njezinu odvodnju. Nalazi se između rubnog traka i berme i kod normalnog intenziteta oborina se uzima širina rigola od 0,5 m.

Oštri zavoji su određeni minimalnim polumjerima a nedostatak u lošoj usklađenost s prijelaznicama i susjednim zavojima opisana je u poglavlju 3.1.

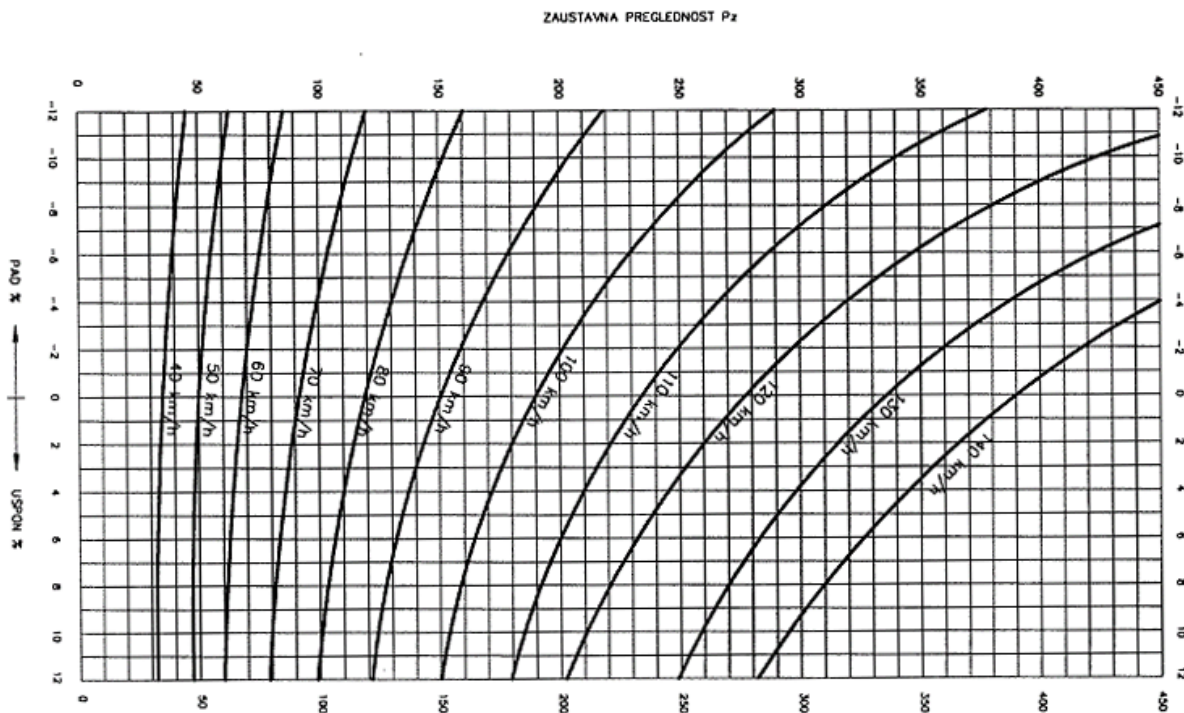
Trakovi za spora uobičajeno se planiraju na mjestima na kojima dolazi do zastoja promet zbog teretnih vozila. Prema našim propisima, kritična brzina pri kojoj teretna vozila moraju napustiti prometni trak i prestrojiti se u trak za spora vozila iznosi 50 km/h. Početak traka za spora vozila mora biti na onom mjestu gdje se brzina teretnog vozila smanji na 50 km/h, a završetak na mjestu gdje teretno vozilo može postići brzine veće od 50 km/h.

Kod dugih putovanja može doći do umora vozača, kvara na vozilu i ponekad je vrlo bitno imati prostor za zaustavljanje vozila, posebice na mjestima kao što su autoceste i brze ceste. Prema našim propisima, na autocestama, brzim cestama i cestama 1. i 2. razreda, gdje je veličina motornog prometa po danu veća od 7000 vozila/dan, moraju se izraditi trakovi za zaustavljanje vozila za oba smjera vožnje.

Veliki značaj u sigurnosti prometa imaju razdjelni pojasevi koji se izvode u presjeku ceste tako da fizički odvajaju dva kolnika s prometom u suprotnim smjerovima. U razdjelne pojaseve se postavljaju ograde koje sprečavaju prelazak vozila u suprotni trak, ali i sade se živice koje sprečavaju zasljepljivanje farovima od strane vozila koja dolaze u susret iz suprotnog traka. Prema *Pravilniku o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa* razdjelni pojas se obavezno izvodi kod autocesta s ukupno četiri ili više prometnih trakova u širinama od 4 m ili minimalno 3 m. Kod ceste 1. i 2. razreda za slučaj većeg prometnog opterećenja se izvodi razdjelni pojas širine 3 m i 2 m.

Pješačke i biciklističke staze se izvode odvojeno od prometnih površina za motorna vozila. Širina prometnog traka za bicikliste iznosi 1 m, a za dva reda biciklista iznosi $2 \times 0,90$, odnosno 1,8 m. Širina traka kod pješačkih staza iznosi 1,6 m u slučaju da je staza fizički odvojena od prometnih trakova, a u slučaju da je staza neposredno uz prometni trak ceste i odvojena je samo rubnjakom, širina iznosi 2,35 m. Povećanjem broja biciklista došlo je do potrebe za odgovarajućom infrastrukturom te su se izvodile biciklističke trake koje su odvojene samo razdjelnom crtom od prometne trake.

Preglednost na cesti je usko povezana s duljinom zaustavnog puta vozila. Duljina zaustavne preglednosti je jednaka duljini zaustavnog puta, a ovisi o računskoj brzini i uzdužnom nagibu. Na slici 1 je prikazan grafikon prema kojemu se određuje zaustavna preglednost vozila, zbog sigurnosti se uvijek uzima u obzir negativan postotak nagiba jer se njime očita veća duljina zaustavne preglednosti. Iznosi očitani s grafikona na slici 7 za iznos od 0% uzdužnog nagiba nalaze se u tablici 2.



Slika 7. Zaustavna preglednost
[8]

Sigurnost u prometu zahtjeva dovoljnu preglednost ceste kako bi vozač u svakom trenutku mogao pravodobno zaustaviti vozilo i svladati prepreku. Sukladno tome, u zavoju mora biti osigurana i horizontalna i vertikalna preglednost.

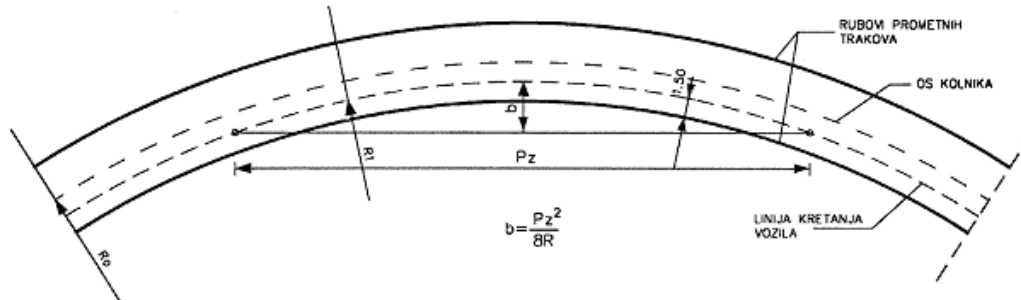
Tablica 2. Zaustavna preglednost P_z sa 0% uzdužnog nagiba

V_r (km/h) ceste	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
P_z (m)	25	35	50	70	90 (80)	120 (100)	150 (120)	190 (150)	230 (170)	280 (200)	340 (250)

Izvor: [8]

Ako postoje u unutarnjoj strani zavoja objekti, stabla, reklamni stupovi ili bilo koja zapreka koja onemogućava potrebnu preglednost, ili se pak zavoj nalazi u usjeku ili zasijeku potrebno je osigurati horizontalnu preglednost. Određivanje preglednosti je od posebne važnosti za sigurnost zaustavljanja vozila, ali i za pretjecanje vozila i omogućava se uklanjanjem svih prepreka na

unutrašnjoj strani horizontalnog zavoja. Prema slici 8 je vidljiv način izračuna potrebne širine preglednosti b od putanje oka vozača.



Slika 8. Elementi horizontalne preglednosti [8]

$$b = \frac{Pz^2}{8R}$$

b (m) - širina preglednosti

Pz (m) - tražena dužina preglednosti

R (m) - polumjer zavoja ($R_1 \gg R_0$)

Vertikalna preglednost ovisi o polumjeru zakrivljenosti vertikalnog zavoja. Na slici 9 je vidljiv polumjer R nastao konveksnim prijelomom nivelete. Niveleta je linija koja prikazuje vertikalni tok trase ceste. Minimalni polumjer konveksnog vertikalnog zaobljenja se dobije preko izraza:

$$R_{min} = \frac{Pz^2}{2 \times (\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})^2}$$

gdje je:

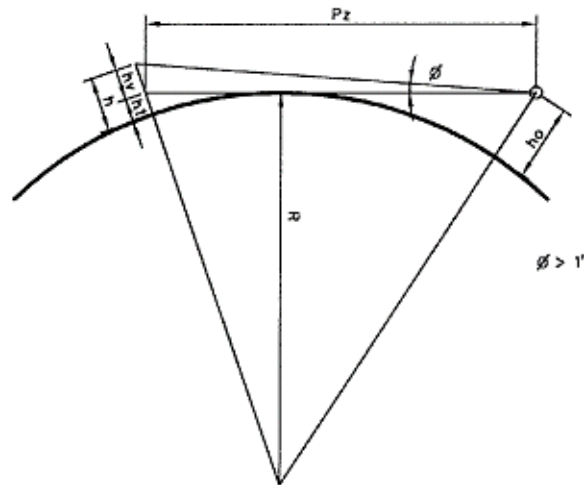
R_{min} – minimalni polumjer konveksnog vertikalnog zaobljenja

Pz – potrebna zaustavna preglednost

h_0 – visina oka vozača (1 m)

h_1 – visina skrivenog dijela zapreke (0,30 m)

Duljina vertikalne preglednosti se računa za zaustavljanje vozila ispred nepomične zapreke i za pretjecanje vozila. Konkavni prijelom nivelete ne ugrožava preglednost kao u slučaju konveksnog prijeloma.



Slika 9. Vertikalna preglednost u zavoju kod konveksnog prijeloma [8]

3.3. Stanje kolnika

Stanje kolnika utječe na koeficijent prijanjanja. Loša kvaliteta cestovnog zastora ili moker kolnik, nepravilnosti na kolniku nastale nepravilnim održavanjem (udarne rupe), vremenske neprilike (snijeg i led), visoka temperatura na površini kolnika, onečišćen kolnik i sl., utječu na smanjenje koeficijenta prijanjanja što dovodi do veće mogućnosti nastanka prometne nesreće uzrokovane proklizavanjem vozila. Udarne rupe su oštećenja kolnika, odnosno nepravilnosti na kolniku nastale posljedicom smrzavanja, lošeg vremena, dotrajalosti i loše kvalitete zastora.

Vrlo čest uzrok nastanka prometnih nesreća su nepravilnosti na kolniku, jer ih vozač ne očekuje i naglim pokretima ih pokušava izbjeći. Pri oštećenju kolnika većem od 15 posto potrebno je čitav kolnik obnoviti, a pri oštećenju do 15 posto treba ga popraviti. [1]

3.4. Oprema ceste

Oprema ceste u prometu se koristi za informiranje sudionika u prometu. Dobrom opremom se povećava sigurnost vozača i sigurnost prometa, što je posebno važno u uvjetima smanjene vidljivosti i kod velike gustoće prometa. Opremu ceste čine: prometni znakovi i signalizacija, kolobrani, ograde, živice, granični i kilometarski stupići, smjerokazi, snjegobrani i vjetrobani.

Prometni znakovi su najvažniji element opreme ceste jer omogućavaju neprestano obavještavanje, upozoravanje i komunikaciju s vozačem o stanju na prometnici. Prometna signalizacija se postavlja sukladno prema elaboratu o opremi i signalizaciji ceste. Kolobrani su niski kameni ili betonski stupići koji imaju funkciju zadržavanja vozila u slučaju skretanja s kolnika, a postavljaju se uz rub bankine. Danas se ugrađuju umjesto kolobrana ograde koje mogu biti za zaštitu vozila i pješaka. Koriste se odbojne elastične ograde kako bi omogućile promjenu pravca kretanja vozila pri slijetanju te bi ublažile jačinu udarca. Kilometarski stupići s oznakama koje obavještavaju vozača o njegovom položaju na cesti te omogućavaju informacije o udaljenostima do cilja kretanja vozača.

3.5. Rasvjeta ceste

Cestovna rasvjeta aktivno pridonosi smanjenju rizika od prometne nesreće i dolazi do izražaja noću kad je i najpotrebnija za sigurno odvijanje prometa. Rasvjeta mora omogućavati vozačima istu razinu sigurnosti vožnje po danu i po noći. U nekim slučajevima pješaci i biciklisti nisu osvijetljeni dovoljno dobro da ih vozači uoče. Dobra ulična rasvjeta mora vozaču omogućiti pravovremeno uočavanje opasnosti, pješaka i biciklista. Postavlja se u zonama povećane opasnosti kao na primjer: mostovi, tuneli, galerije, prometna čvorišta, granični prijelazi, dionice cesta i autocesta, prometno uslužni objekti i ceste u zavoju.

Primjer prometnice koja postiže gotovo iste uvjete preglednosti i rasvijetljenosti po danu i po noći je prikazana na slici 10. Projektom modernizacije energetske učinkovite i ekološke javne rasvjete u Grada Siska se zamijenila dotrajala i zastarjela javna rasvjeta sa LED javnom rasvjetom.

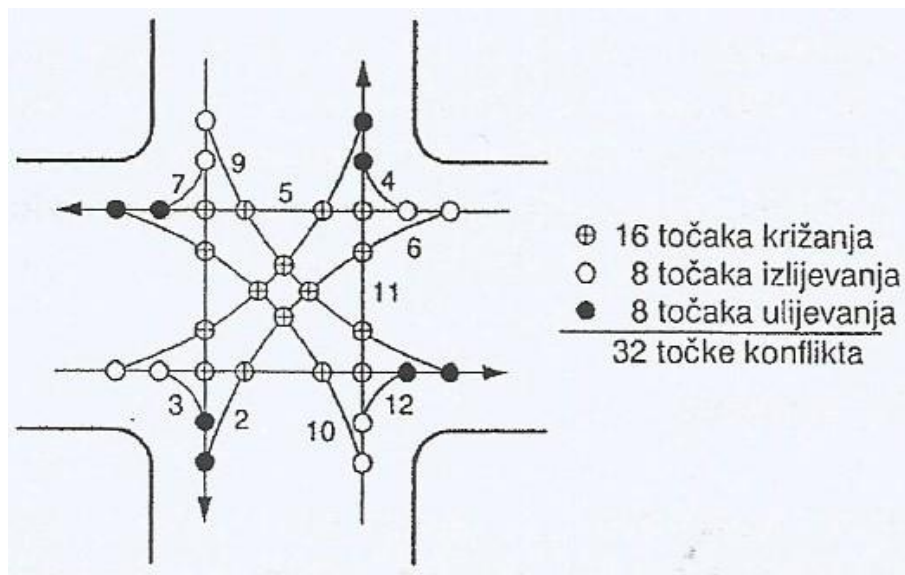
Nova LED rasvjeta postavljena 2016. godine povećala je sigurnost vožnje većim brzinama, a time i povećala propusnu moć prometnice, pridonijela je većem iskorištenju noću te većoj sigurnosti kretanja pješaka i biciklista.



Slika 10. Most Gromova u Sisku po danu (lijevo) i po noći (desno)
[14]

3.6. Raskrižja

Cestovna raskrižja su točke u cestovnoj mreži koja povezuju dvije ili više cesta i u kojima se križaju, razdvajaju, spajaju ili prepliću prometni tokovi. Raskrižja moraju biti pregledna, dobro osvijetljena, usklađena s ostalim raskrižjima, protočna i dobro opremljena svom potrebnom opremom i signalizacijom. Na raskrižjima se događa najveći broj nesreća na prometnicama stoga se preporučuje projektiranje i izgradnja raskrižja u dvije ili više razina, ako to nije moguće, potrebna je dobra regulacija prometa i dobra preglednost kako bi se spriječile moguće nesreće. Cestovna čvorišta u istoj razini su najčešći način povezivanja cesta, primjenjiva su na lokalnim i regionalnim cestama u slučaju da promet ne prelazi 800 vozila po satu u oba smjera. Najveći broj konfliktnih točaka je kod raskrižja u istoj razini, čak 32 konfliktne točke u slučaju spajanja dvije prometnice s dvosmjernim prometom (slika 11.)



Slika 11. Cestovno raskrižje u istoj razini
 [1]

3.7. Utjecaj bočne zapreke

Bočna zapreka može biti ograda, stabla, reklamni stupovi, strujni i telefonski drveni ili betonski stupovi. Zbog negativnog utjecaja na sigurnost prometa zabranjeno je postavljati stalne ili povremene zapreke na bankinu. Prema istraživanju u Engleskoj trećina vozača smrtno strana prilikom udara u stalnu zapreku. Blizina zapreke znatno utječe kod četverotračnih cesta koje nemaju odvojene kolnike. U Hrvatskoj udaljenost unutarnjeg ruba zaštitne ograde iznosi 0,7 m ako postoji trak za zaustavljanje, a ako nema traka za zaustavljanje, udaljenost ovisi o širini prometnog traka (tablica 3).

Tablica 3. Udaljenost unutarnjeg ruba zaštitne ograde u ovisnosti o širini prometnog traka

Širina prometnog traka (m)	Udaljenost unutarnjeg ruba zaštitne ograde (m)
3,50	0,90
3,25	0,80
3,00	0,65
2,75	0,50

Izvor: [1]

3.8. Održavanje ceste

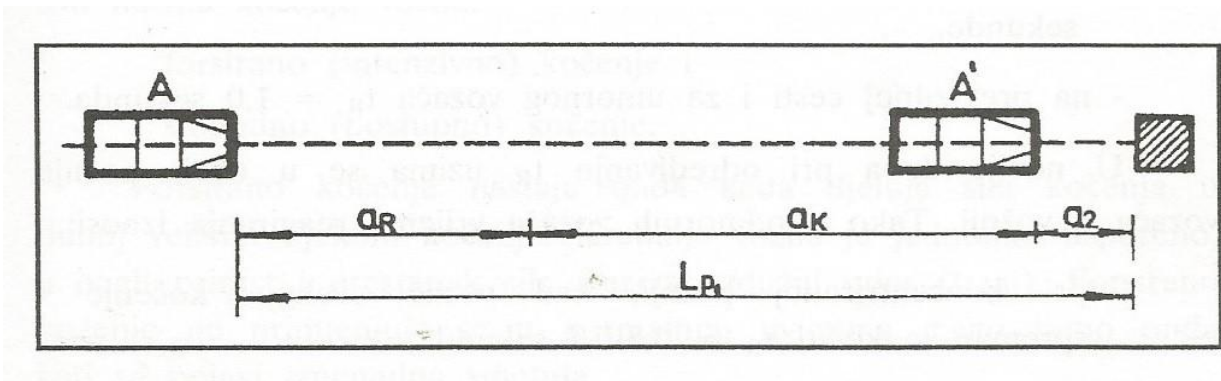
Radovi na održavanju cesta se obavljaju tijekom cijele godine kako bi se omogućilo sigurno i nesmetano odvijanje prometa. Zadaća i cilj održavanja ceste je njezino očuvanje u projektiranom stanju, čišćenje i zaštita okoliša koji može naštetiti cesti i sprečavanje propadanja cesta. Razlike su u redovitom i izvanrednom održavanju. Redovito održavanje obuhvaća radove malog opsega na cesti tijekom cijele godine, a izvanredno održavanje podrazumijeva dugoročno planirana održavanja zbog opsežnosti i zahtjevnosti radova, a cilj im je dugoročnije uređenje i poboljšanje pojedinih dijelova i trenutnog stanja ceste. Izvanredni radovi se izvode povremeno, u slučaju nepredviđenih događaja, a njihov opseg je vezan uz stupanj dotrajalosti ili oštećenja ceste.

Redovito održavanja su radovi na kolniku, prometnim površinama, odvodnji, donjem ustroju ceste, redovito održavanje opreme ceste, mostova i tunela, čišćenje ceste, osiguravanje preglednosti, redovito održavanje prometne signalizacije.

Izvanredno održavanje obuhvaća obnavljanje i zamjenu kolničkog zastora, obnavljanje kolnika, unaprjeđenje sustava odvodnje ceste, zamjena ili ugradnja nove prometne signalizacije i opreme ceste, sanacija odrona, klizišta, obložnih zidova, radovi na uređenju zelenila, ukrašavanje okoliša, obnova instalacija i uređaja na cesti, poboljšanje uvjeta odmorišta i ugibališta.

4. ELEMENTI ZAUSTAVNOG PUTA VOZILA U FUNKCIJI SIGURNOSTI

Put koji vozilo prijeđe od trenutka kada vozač uoči opasnost na cesti ili nepomičnu zapreku do trenutka zaustavljanja vozila naziva se zaustavni put vozila. Prema slici 12, osnovni elementi zaustavnog puta vozila su put reagiranja (a_R), put kočenja (a_K) i sigurnosni razmak (a_2). Iznos zaustavnog puta se može izračunati uz pomoć zbroja sva tri osnovna elementa. Na svaki od navedenih elemenata zaustavnog puta utječe jedan ili više čimbenika.



Slika 12. Zaustavni put
[5]

4.1. Put reagiranja

Put reagiranja je udaljenost koju vozilo prijeđe od trenutka uočavanja opasnosti ili zapreke do trenutka kada vozač počne kočiti. Put reagiranja ovisi o osobinama vozača, njegovom psihičkom i fizičkom stanju te uvjetima okoline. Da bi se odredio put reagiranja u karakterističnim prometnim uvjetima moguće je primijeniti slijedeći matematički izraz:

$$a_R = v \times t_R = \frac{V \times t_R}{3,6}$$

gdje je:

a_R – put reagiranja (m)

v – brzina vozila (m/s)

V – brzina vozila (km/h)

t_R – vrijeme reagiranja (s)

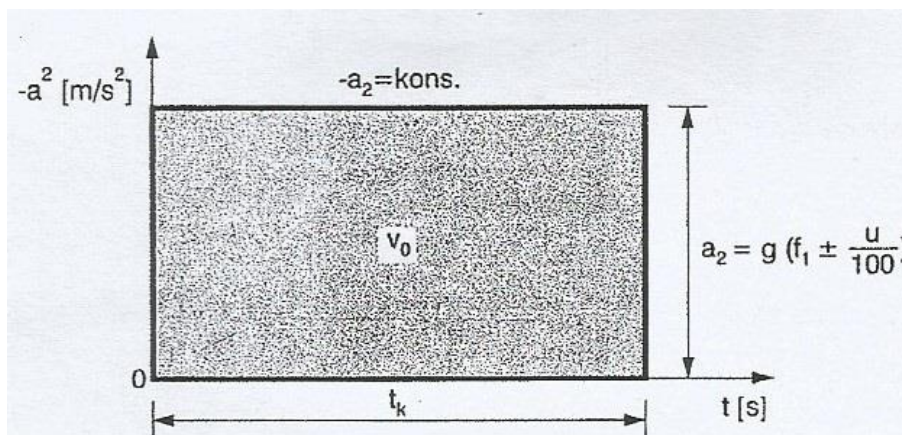
4.2. Put kočenja

Put kočenja je udaljenost koju vozilo prijeđe od početka kočenja do trenutka zaustavljanja vozila, a ovisi o brzini kretanja vozila neposredno prije kočenja, tipu, istrošenosti i stanju pneumatika, ispravnosti kočionog sustava, koeficijentu prijanjanja između kolnika i gume, stanju i vremenskim uvjetima na kolniku i slično. Postoje dva načina kočenja vozila: intenzivno (forsirano) i slobodno kočenje.

4.2.1. Put intenzivnog kočenja

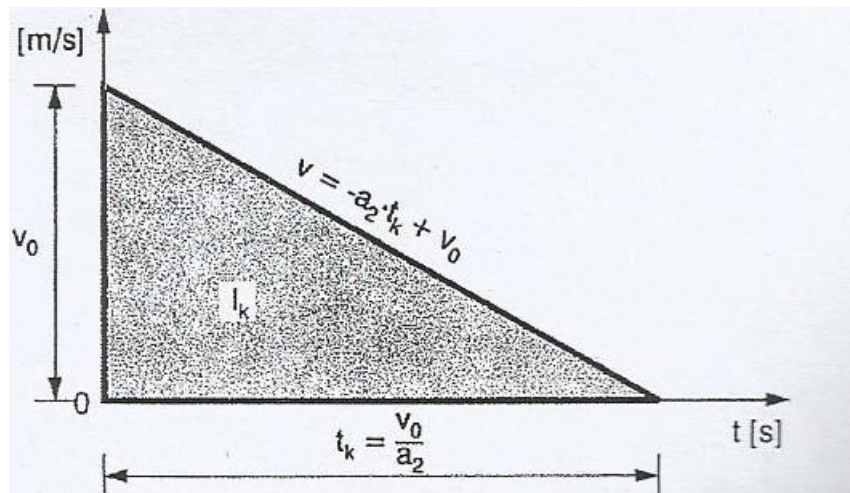
Intenzivno kočenje nastaje kada dođe trenutačnog povećanja sile kočenja u punoj veličini, od početka do kraja kočenja. Tijekom kočenja vozilo se kreće jednoliko usporeno, a naglo povećanje i prestanak sile izaziva trzaj. Intenzivno kočenje se primjenjuje isključivo kada se pojavi iznenadna smetnja na cesti.

Na slici 13 prikazan je dijagram ovisnosti usporenja ($-a$) o vremenu (t) kod intenzivnog kočenja pri čemu je usporavanje konstantno tijekom cijelog perioda kočenja t_k . Površina ispod dijagrama jednaka je početnoj brzini v_0 .



Slika 13. Dijagram usporenja u ovisnosti o vremenu pri intenzivnom kočenju [1]

Dijagram ovisnosti brzine vozila (v) o vremenu (t) prikazan je na slici 14. Zbog konstantnog usporavanja dolazi do konstantnog pada brzine vozila, s početne brzine v_0 do zaustavljanja vozila, odnosno $v = 0$ m/s.



Slika 14. Dijagram brzine u ovisnosti o vremenu pri intenzivnom kočenju [1]

Put intenzivnog kočenja se dobiva izjednačavanjem rada sile kočenja (P_k) na duljini puta kočenja sa kinetičkom energijom (E_k).

$$E_k = P_k \quad \leftrightarrow \quad \frac{m \cdot v^2}{2} = G \cdot f_1 \cdot l_k \quad \leftrightarrow \quad \frac{G \cdot v^2}{2 \cdot g} = G \cdot f_1 \cdot l_k$$

Gdje je:

G – ukupna težina vozila (u slučaju da se koči na sva četiri kotača) [N]

g – ubrzanje sile teže [9,81 m/s²]

f_1 – koeficijent tangencijalnog prianjanja

l_k – put kočenja [m]

Iz prethodnih jednadžbi dobivamo sljedeći izraz:

$$l_k = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot f_1} = \frac{V^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot 9,81 \cdot f_1} = \frac{V^2}{254 \cdot f_1} \text{ [m]}$$

Kod ceste u nagibu, duljina puta kočenja je jednaka izrazu:

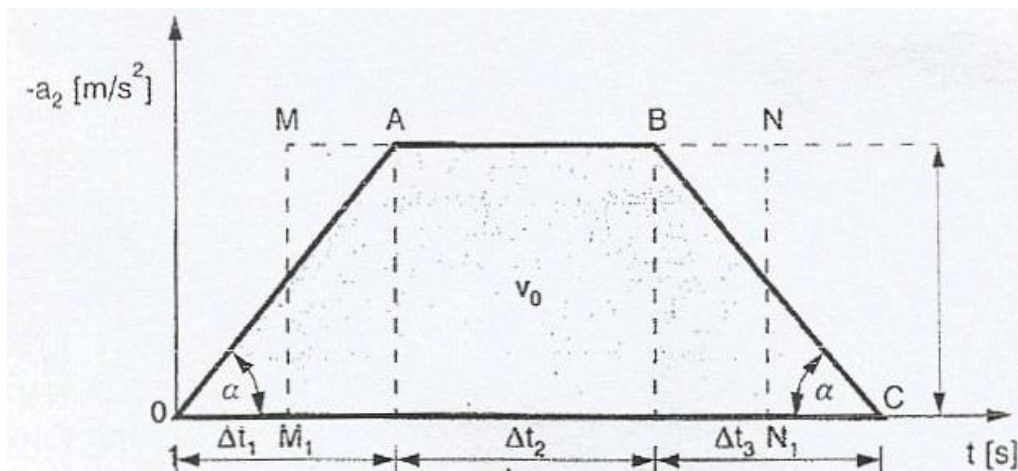
$$\frac{G \cdot v^2}{2 \cdot g} = G \cdot f_1 \cdot l_k \pm G \cdot \frac{u}{100} \cdot l_k$$

gdje je u oznaka za uzdužni nagib izražen u postotku, a predznak plus se uzima u slučaju da vozilo koči u usponu te predznak minus u slučaju da vozilo koči u padu. Sređivanjem jednadžbe dobivamo konačni izraz za duljinu puta kočenja:

$$l_k = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)} = \frac{V^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 3,6^2 \cdot \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)} [m] \quad \leftrightarrow \quad l_k = \frac{V^2}{254 \cdot \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)} [m]$$

4.2.2. Put slobodnog kočenja

Za razliku od intenzivnog kočenja, usporenje kod slobodnog kočenja nije konstantno za cijelo vrijeme kočenja (t_k) nego se mijenja po fazama. Prema slici 15 su vidljive tri faze. U prvoj fazi usporenje ($-a_2$) linearno raste u periodu Δt_1 od nule do vrijednosti a_2 , zatim se u drugoj fazi vrijednost usporenja zadržava na istoj vrijednosti za period Δt_2 . U trećoj fazi vrijednost usporenja linearno opada do nule za period Δt_3 .

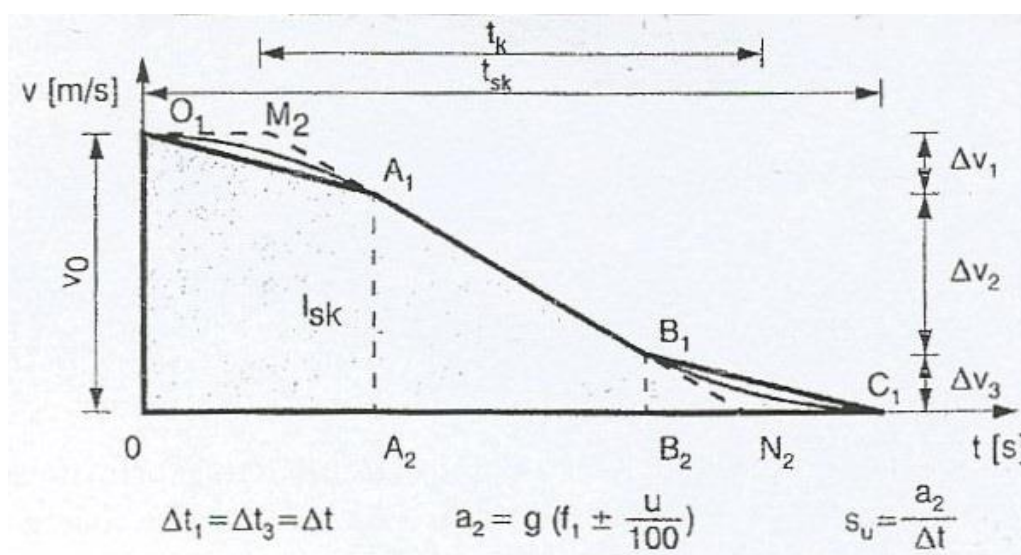


Slika 15. Dijagram usporenja u ovisnosti o vremenu pri slobodnom kočenju [1]

Kod slobodnog koćenja dolazi do uzdužnog udara ili trzaja, a njegova maksimalna vrijednost s_u iznosi $1,5 \text{ m/s}^3$. Njegova vrijednost se dobiva preko izraza:

$$s_u = \tan \alpha = \frac{da_2}{dt} = \frac{a_2}{t} = \frac{g \cdot \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)}{\Delta t}$$

Na slici 16 prikazan je dijagram ovisnosti brzine o vremenu $v(t)$. Zbog linearne promjene usporenja na dijagramu $a(t)$ u prvoj i trećoj fazi koćenja, brzina kretanja vozila se smanjuje po krivulji drugog stupnja. U drugoj fazi kod konstantnog usporenja a_2 , brzina se smanjuje linearno za vrijednost Δv_2 .



Slika 16. Dijagram brzine u ovisnosti o vremenu pri slobodnom koćenju [1]

Put slobodnog koćenja je jednak površini ispod dijagrama $v(t)$. Prema slici 16 se vidi da se površina neće promijeniti ako se iz prve faze oduzme iscrtkana površina i doda na površinu u trećoj fazi kako bi se dobila tri pravilna oblika, dva trapeza ($OO_1A_1A_2$ i $A_1A_2B_1B_2$) i trokuta ($B_1B_2C_1$). Stoga proračun površine jednak je

$$l_{sk} = \frac{v_0 + (v_0 - \Delta v_1)}{2} \cdot \Delta t_1 + \frac{(v_0 - \Delta v_1) + \Delta v_3}{2} \cdot \Delta t_2 + \frac{\Delta v_3 \cdot \Delta t_3}{2}$$

S obzirom na to da je usporenje jednako u prvoj i trećoj fazi koćenja proizlazi da je $\Delta t_1 = \Delta t_3$ i $\Delta v_1 = \Delta v_3 = \Delta v$, prema tome se dolazi do izraza

$$l_{sk} = \frac{v_0}{2} \cdot (2 \cdot \Delta t + \Delta t_2)$$

Uspoređivanjem dijagrama $a(t)$ i $v(t)$ od intenzivnog kočenja i dijagrama $a(t)$ i $v(t)$ od slobodnog kočenja dolazi se do izraza za put slobodnog kočenja:

$$l_{sk} = l_k + \frac{v_0 \cdot \Delta t}{2}$$

Ako je $s_u = \frac{a_2}{s_u}$, onda je $\Delta t = \frac{g \cdot \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)}{s_u}$. Uvrštavanjem vrijednosti l_k i Δt u prethodnu jednadžbu za put slobodnog kočenja i sređivanjem iste koja daje konačni izraz za duljinu puta slobodnog kočenja:

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

4.3. Sigurnosni razmak

Sigurnosni razmak je neophodan u slučaju kretanja vozila u koloni kako bi se vozilo prilikom kočenja zaustavilo sigurno bez udara u vozilo ispred. Kod zaustavnog puta sigurnosni razmak ovisi o vrsti kočenja vozila, u slučaju da vozilo koči intenzivno uzima se sigurnosni razmak od 5 m ili u suprotnom da vozilo koči slobodno uzima se sigurnosni razmak od 10 m.

4.4. Duljina zaustavnog puta pri intenzivnom kočenju

Pri intenzivnom kočenju duljina zaustavnog puta (L_{p1}) jednaka je:

$$L_{p1} = l_r + l_k + r_z$$

Uvrštavanjem pojedinih elemenata u prethodnu jednadžbu zaustavnog puta, dobit će se izraz:

$$L_{p1} = \frac{V \cdot t_r}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot f_1} + 5 \text{ [m]}$$

U slučaju ceste u nagibu L_{p1} iznosi:

$$L_{p1} = \frac{V \cdot t_r}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)} + 5 \text{ [m]}$$

4.5. Duljina zaustavnog puta pri slobodnom kočenju

Pri slobodnom kočenju duljina zaustavnog puta (L_{p2}) jednaka je:

$$L_{p2} = \frac{V \cdot t_r}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot f_1} + \frac{1,36 \cdot V \cdot f_1}{s_u} + 10 \text{ [m]}$$

Ako je cesta u nagibu iznosi:

$$L_{p2} = \frac{V \cdot t_r}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)} + \frac{1,36 \cdot V \cdot \left(f_1 \pm \frac{u}{100}\right)}{s_u} + 10 \text{ [m]}$$

4.6. Utjecaj vozača na duljinu zaustavnog puta

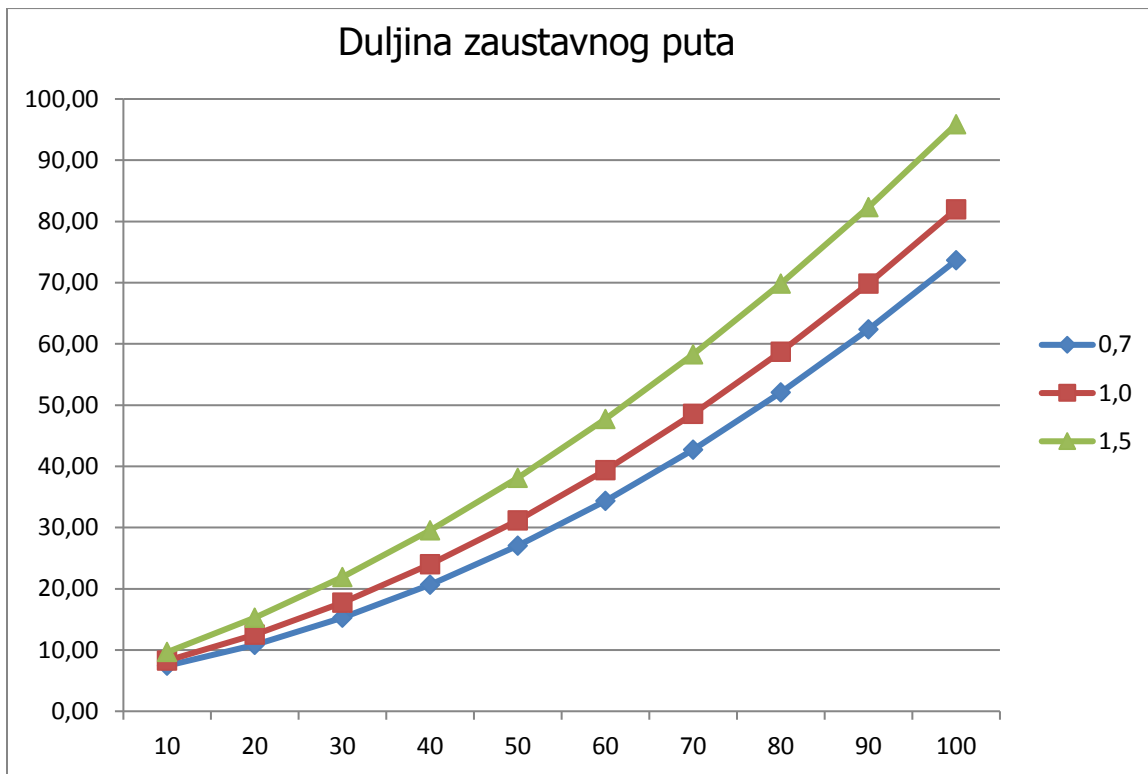
Vozač kao jedan od čimbenika sigurnosti cestovnog prometa ima značajnu ulogu u određivanju duljine zaustavnog puta vozila. On svojim ponašanjem i sposobnostima direktno utječe na odvijanje prometa, odnosno manevriranje vozila po prometnici. U vozačeve psihomotoričke sposobnosti se uz sklad pokreta i opažanja, brzinu izvođenja pokreta ubraja i brzina reagiranja. Vrijeme reagiranja se može podijeliti na četiri vremena, a to su: vrijeme zamjećivanja, vrijeme prepoznavanja, vrijeme procjene i vrijeme akcije. U vremenu zamjećivanja vozač uočava osjetilima potencijalnu opasnost, a pri vremenu prepoznavanja ju raspoznaje prema razinama opasnosti. Kod vremena procjene vozač odlučuje na koji način reagirati na opasnost. Vrijeme reakcije označava vrijeme u kojem se realizira odluka vozača.

Na vrijeme reagiranja sa svojim individualnim osobinama utječe vozač, isto tako utječe i njegova starosna dob, kondicija, umor i koncentracija. Vozači starosne dobi do 24. godine imaju približno vrijeme reagiranja od 0,44 sekunde, u dobi od 40. do 44. godine vrijeme reagiranja iznosi oko 0,46 sekunde, a u dobi od 60. do 64. godine oko 0,5 sekundi.

Zbog konzumiranja alkohola, droga ili lijekova te zbog premorenosti, vozač nije spreman za vožnju jer u slučaju umora ili djelovanja alkohola usporeno reagira na podražaje u prometu. Kod takvih vozača se put reagiranja udvostručuje. Droga i lijekovi imaju jači efekt na čovjeka, toliko da on ne može kontrolirati ponašanje što dovodi do zaključka da ne može ni upravljati vozilom zbog toga što dolazi do smanjenja pažnje i osjećaja u prostoru. U slučaju da osoba pod utjecajem droge ili lijekova upravlja vozilom na cesti, postoji velika mogućnost nastanka prometne nesreće, tada osoba ne drži sigurnosni razmak i predstavlja opasnost na cesti.

U slučaju da su normalni uvjeti na cesti i da je vozač odmoran, koncentriran na vožnju i spreman na kočenje, vrijeme reagiranja se procjenjuje na 0,5 - 0,7 sekundi. Ako vozač tijekom vožnje samo promatra vozila u prometu bez povećane koncentracije, vrijeme reagiranja iznosi oko 0,9 - 1,1 sekundi. U najgorem slučaju kada vozač ne prati vozila, cestu, okolinu, koristi mobitel, vrijeme reagiranja je od 1,4 - 1,8 sekundi. Do povećane koncentracije dolazi kada je vožnja u koloni, tada vozač očekuje kočenja vozila ispred i može ih odmah raspoznati po stop – svjetlima. Povećanjem razmaka između vozila u nizu, povećava se i vrijeme reagiranja.

Na grafikonu 1 prikazana je krivuljama ovisnost duljine zaustavnog puta o vremenu reagiranja vozača (t_R). Na osi apscisa navedeni su iznosi brzina kretanja vozila u km/h, a na osi ordinata iznosi zaustavnog puta u metrima. Iznosi vremena reagiranja vozača su izraženi u sekundama. Pri tome su se koristili nepromjenjivi iznosi: sigurnosni razmak od 5 metara, koeficijent tangencijalnog prijanjanja - 0,8. Poznato je da se proporcionalno povećanju vremena reagiranja, povećava i duljina zaustavnog puta. Iz grafikona se zaključuje da se i povećanjem brzine znatno povećava zaustavni put. Na primjer, pri brzini od 60 km/h i vremenu reagiranja 0,7 sec, zaustavni put iznosi 34,38 m, ako produljimo vrijeme reagiranja na 1,5 sec, zaustavni put iznosi 47,72 m što je razlika od čak 13,34 m duljine.



Grafikon 1. Duljina zaustavnog puta u ovisnosti o t_R

4.7. Utjecaj pneumatika na duljinu zaustavnog puta

Za svaki pneumatik je propisan raspon tlakova za određeno vozilo i pod određenim uvjetima opterećenja. Tlak u pneumaticima određuje ponašanje vozila što znatno utječe na sigurnost u prometu. Gazni sloj ovisi o tlaku u pneumaticima, prema slici 17 prikazane su situacije sa tlakom zraka u pneumaticima. Kod nedovoljnog tlaka pneumatik se uvija i dolazi do trošenja samo bočnih strana gaznog sloja, a kod prevelikog tlaka se troši samo središnji dio gaznog sloja. Samim time što je gazni sloj manji nego u slučaju optimalnog tlaka, dolazi do zanošenja vozila i produljuje se zaustavni put vozila. Stoga je jako bitno provjeravati tlak u gumama u periodu od svaka dva do tri tjedna.



Slika 17. Tlak zraka u pneumaticima
[7]

Zbog razlika u temperaturama i stanju kolnika potrebno je izmjenjivati zimske i ljetne pneumatike tijekom godine. Razlika je u sastavu, strukturi i uzorku na gaznoj površini. Zimski pneumatici su mekaniji i to im omogućava bolje povezivanje sa površinom što je bitno kod snijega i leda na kolniku, imaju veću dubinu reza i gotovo pet puta više kanala i šara od ljetnih pneumatika. Zimski pneumatici se najbolje ponašaju na temperaturama ispod 7°C , a ljetni iznad 7°C . Vožnjom ljetnih pneumatika zimi po ledu ili snijegu dolazi do proklizavanja što produljuje zaustavni put vozila.

Proizvođači proizvode pneumatik koji ima sigurnosnu funkciju i ljeti i zimi. Univerzalne gume se ne preporučuju jer su prevelike razlike u temperaturama da bi pneumatici dobro podnosili promjene u temperaturama. Testiranjem se dolazi do zaključka da su one loše zimi jer su tada pretvrde, a ljeti su premekane.

4.8. Utjecaj stanja kolnika na duljinu zaustavnog puta

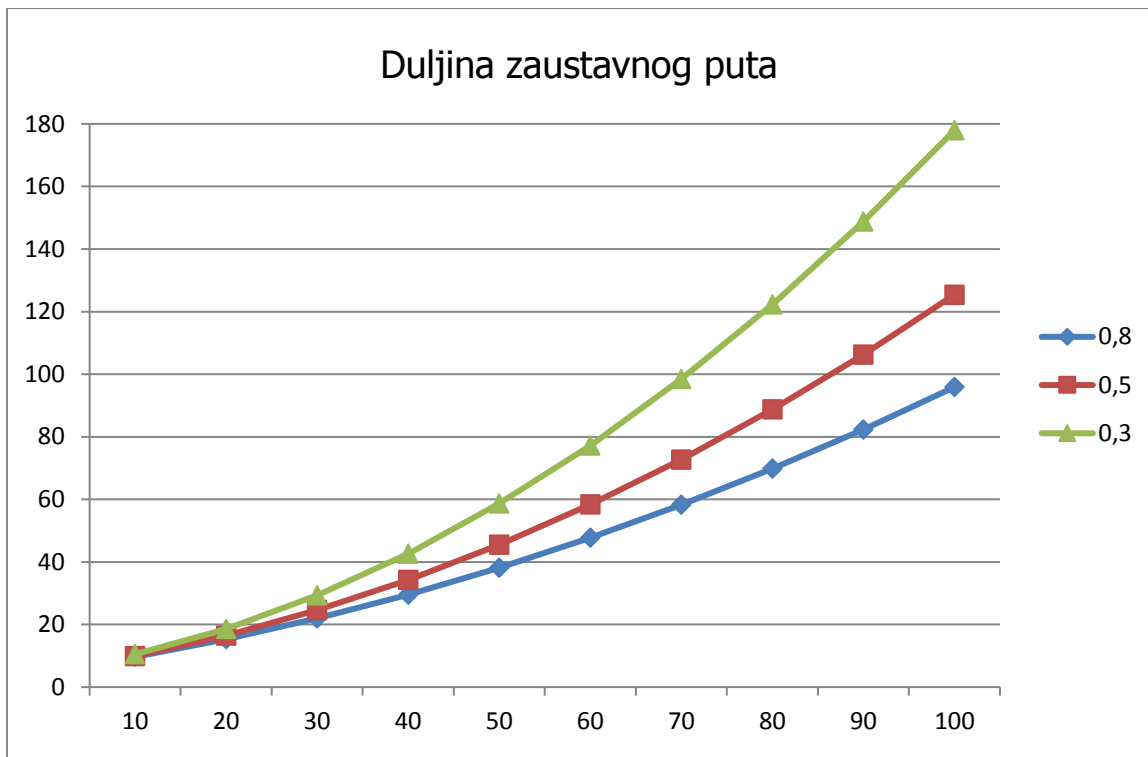
Stanje kolnika može produljiti ili skratiti zaustavni put. Kolnik može biti izložen vremenskim neprilikama kao što su kiša, blato, snijeg, led, poledica i slično. Između kolnika i pneumatika najvažnije je postići visok koeficijent prianjanja za sigurnu vožnju. Istrošen kolnik produljuje zaustavni put u dodiru s pneumaticima jer je kod takvog kolnika koeficijent prianjanja znatno manji u odnosu na hrapav kolnik. Jednako tako, najveću opasnost u uvjetima kada pada je u trenutku prvih kapljica kiše koje u kombinaciji sa prašinom mogu stvoriti skliski sloj na kolniku što također smanjuje koeficijent prianjanja na četvrtinu ili čak šestinu njegove vrijednosti u odnosu na suhi kolnik. Dodatno na zaustavni put utječe i materijal od kojega je izrađen njegov habajući sloj.

U cestogradnji se za završni odnosno habajući sloj primjenjuju asfalt, beton, kocka ali i makadam. Svaki od navedenih materijala ima određeno svojstvo hrapavosti uz pomoć kojeg se osigurava određeni koeficijenta prijanjanja. U tablici 3 prikazane su vrijednosti koeficijenta prijanjanja u odnosu na kolnički zastor i vremenske uvjete. Vrlo je važna uloga prilagođavanja vožnje uvjetima na kolniku jer se prema tablici vidi da je prosječna vrijednost koeficijenta prijanjanja 0,54 kod mokrog, starog, istrošenog i glatkog kolnika, dok je kod novog grubog i suhog kolnika prosječna vrijednost 0,82 što čini razliku od čak 0,28. Ako te iznose uvrstimo u formulu za zaustavni put vozila pri forsiranom kočenju, pri brzini od 50 km/h i vremenu reagiranja vozača 1,5 sec, dobijemo razliku od 6,22 m.

Vrsta kolničkog zastora	Stanje kolničkog zastora	Granične vrijednosti	Prosječna vrijednost
Beton	Suh, nov grub	0,73 - 0,90	0,82
	Suh, star, istrošen, glatki	0,65 - 0,80	0,72
	Mokar, star, istrošen, glatki	0,41 - 0,67	0,54
Asfalt	Suh, nov, grub	0,72 - 0,87	0,80
	Suh, star, istrošen, glatki	0,70 - 0,89	0,80
	Mokar, star, istrošen, glatki	0,53 - 0,73	0,63
Makadam	Suh, tvrd, prašnjav	0,41 - 0,55	0,48
	Vlažan, tvrd, blatnjav	0,37 - 0,47	0,42
	Mokar, tvrd, pješčan	0,27 - 0,43	0,35
Snijeg	Utrti suhi	0,13 - 0,19	0,16
	Rasuti suhi	0,12 - 0,16	0,14
	Raskvašeni mokri	0,18 - 0,22	0,20

Tablica 3. Prosječne vrijednosti koeficijenta prijanjanja između pneumatika i kolnika [15]

Iz grafikona 2 moguće je uočiti ovisnost zaustavnog puta o koeficijentu tangencijalnog prijanjanja f_1 u slučaju vremena reagiranja vozača od 1,5 sec. Na apscisi su prikazane vrijednosti brzina kretanja vozila u rasponu od 10 do 100 km/h. Na ordinati su dobivene vrijednosti zaustavnog puta u metrima pri forsiranom kočenju uz sigurnosni razmak od 5 m. Primjerice, pri brzini od 80 km/h i koeficijentu f_1 od 0,3 zaustavni put iznosi 122,32 m, ako se promjene uvjeti na kolniku i koeficijent f_1 poprimi vrijednost 0,8 zaustavni put u tom slučaju iznosi 69,83 m. Razlika poprilično značajna i iznosi 52,49 m.



Grafikon 2. Duljina zaustavnog puta u ovisnosti o f_1

4.9. Utjecaj kočnica na duljinu zaustavnog puta

Zaustavni put vozila ovisi o ispravnosti i stanju kočnica. Kočnice kao aktivni čimbenik sigurnosti vozila služe za usporavanje kretanja vozila ili njegovo potpuno zaustavljanje. Motorna vozila moraju imati odgovarajuće uređaje za zaustavljanje, kočni sustav kojim vozač može sigurno, brzo i djelotvorno usporiti ili zaustaviti vozilo. Na zaustavni put vozila utjecaj imaju: starost kočnica, njihova istrošenost i ispravnost, zagrijavanje tijekom vožnje, stanje i količina maziva između tarnih površina te zračnost između dijelova koji ostvaruju trenje.

Kočni mehanizam trenjem osigurava usporavanja ili zaustavljanje vozila pretvarajući kinetičku energiju vozila u toplinu. Kao što je već spomenuto u poglavlju 2, kočni mehanizam se izvodi kao disk – kočnica i bubanj kočnica. Disk – kočnice su pogodnije zbog boljeg odvođenja topline i manje su osjetljive na veća termička opterećenja koja nastaju kod uzastopnog i dugotrajnog kočenja, znatno su manje osjetljive na promjenu vrijednosti koeficijenta trenja između obloga kočnice i diska čime dovodi do veće ujednačenosti kočenja pojedinih kotača i većoj stabilnosti vozila. Bubanj kočnice imaju prednost u odnosu na disk – kočnice u tome što kod njih voda,

prljavština, nečistoće ne mogu u njih prodrijeti. One se uglavnom primjenjuju kod osobnih vozila na stražnje osovine i kod teretnih vozila na svim kotačima. S obzirom na čestu upotrebu i veliku važnost kod usporenja i konačnog zaustavljanja vozila imaju kočnice, vrlo je važno njihovo održavanje i provjeravanje ispravnosti.

Dodatan utjecaj na duljinu zaustavnog puta ima ABS sustav kao elektroničko-hidraulički mehanizam koji sprječava blokiranje kotača. Navedeni sustav se aktivira samo prilikom blokiranja kotača koje predstavlja opasnost prilikom forsiranog kočenja. ABS svojim djelovanjem može produljiti zaustavni put, ali omogućava stabilnost i upravljivost vozila prilikom forsiranog kočenja ili kod smanjenog koeficijenta prijanjanja između kolnika i pneumatika. Za slučaj kada su blokirani prednji kotači dolazi do nemogućnosti upravljanja vozilom, a kod blokiranja samo zadnji kotača dolazi do zanošenja vozila. Da bi se spriječilo blokiranje kotača, sila kočenja mora biti manja ili jednaka sili trenja. Prilikom forsiranog kočenja i blokiranja kotača, ABS održava optimalni pritisak kočenja na kotaču tako da u intervalima djeluje na kočnicu i zatim ju otpušta te tako u krug sve do sigurnog zaustavljanja vozila. Takvim djelovanjem ograničava silu kočenja kako ne bi bila iznosom veća od sile trenja. Sprječavanjem blokiranja kotača, odnosno optimalnim djelovanjem ABS-a na kočnice, sprječava se i proklizavanje kotača što znatno utječe na sigurnost u cestovnom prometu.

5. PRIJEDLOG MJERA ZA POBOLJŠANJE ELEMENATA KOJI ODREĐUJU ZAUSTAVNI PUT VOZILA

Prometne nesreće i njihove posljedica sve veći su problem suvremenog društva. Zbog toga sve više se planiraju i poduzimaju mjere koje će neposredno doprinijeti smanjenju takvog negativnog trenda. Jedan od važni elemenata za određivanje uzroka i načina nastanka prometnih nesreća je definiranje pogrešaka koje dovode do neželjenih posljedica u cestovnom prometu. Da bi se odredio uzrok nesreća potrebno je obaviti analizu statističkih podataka o broju i posljedicama nesreća, mjestu i vremenu događanja istih kao i drugih pokazatelja uz pomoć kojih je moguće kvalitativnije odrediti uzroke koji su prethodili nastanku nesreća.

Znanstveno je dokazano da na zaustavni put vozila utječu osnovni i dodatni čimbenici. Čovjek, cesta i vozilo pripadaju u skupinu osnovnih čimbenika dok promet na cesti i incidentni čimbenici čine dodatnu skupinu tih čimbenika. Na zaustavni put prije svega utječu brzina kretanja i vrijeme reagiranja vozača. Dodatno za zaustavni put utječe tehnička ispravnost vozila, stanje kolnika i stanje okoline kao dijela incidentnog čimbenika.

Jedna mjera koja je znatno utjecala na smanjenje zaustavnog puta je unaprjeđenje sustava kočenja odnosno opremanje vozila sa ABS sustavom. Takav sustav, iako u određenim uvjetima može i produljiti zaustavni put vozila, znatno je utjecao na upravljivost vozilom u slučaju forsiranog kočenja ili u uvjetima kada je koeficijent prijanjanja između kolnika i pneumatika znatno smanjen.

Pronalaskom elemenata dolazi se do pitanja na koji način izmijeniti i poboljšati elemente kako ne bi došlo do prometne nesreće. Smanjenjem zaustavnog puta vozila smanjuje se i mogućnost nastanka prometne nesreće. Pojedini elementi koji određuju zaustavni put vozila pojašnjeni su u prethodnim poglavljima.

Na čovjeka kao vozača i kao čimbenika sigurnosti u prometu treba obratiti posebnu pozornost. Zapravo je on taj koji u većem postotku odlučuje na koji način će se vozilo ponašati i na koji način će se zaustaviti. Stoga je potrebna edukacija djece, tinejdžera, osoba pri upisu u autoškolu, vozača. Edukacija djece od najranije dobi u vrtiću je vrlo važna na njihovu izgradnju karaktera, osobnosti, kulture prema prometu. Proces cjeloživotnog učenja o sigurnosti u prometu je potrebna kako bi se

najmlađi naučili što znači sigurnost u prometu za njih, a one starije osvijestili o činjenicama koje ne znaju. Za smanjenje zaustavnog puta vozila potrebno je smanjenje vremena reagiranja vozača, kako bi se to postiglo potrebno je ljude educirati o negativnim utjecajima korištenja mobitela u vožnji, umora, alkohola, lijekova i droga. Učenike u autoškolama prije završnog ispita vožnje je potrebno praksom osvijestiti o utjecaju brzine vožnje o zaustavnom putu. Svaki od polaznika treba sam, uz instruktora vožnje, testirati u vozilu pri različitim brzinama vožnje razliku u zaustavnom putu. Tek kada svaki polaznik sam uvjeri u razliku zaustavnog puta pri većim brzinama moći će to primijeniti i nakon položene završne vožnje u prometu.

Nabava simulatora vožnje u svim autoškolama bi bila potrebna kako bi polaznicima omogućili da dodatno prošire iskustva prilikom učenja vožnje. Simulatori imaju mogućnost promjene uvjeta na cesti tako da bi se polaznici mogli suočavati sa raznim situacijama u prometu koje ih očekuju nakon polaganja završnog ispita.

Jedan od elemenata koji utječu na zaustavni put vozila su kočnice i pneumatici na vozilu. Potrebno je preventivno održavati kočioni sustav i pratiti tlak u pneumaticima, a ne isključivo kada dođe do kvara vozila. Preventivnim održavanjem vozila i njegovih elemenata produljuje se njihov vijek trajanja i ono najvažnije, povećava se sigurnost. S ispravnim i održanim kočnicama i pneumaticima ostvaruje se kraći zaustavni put vozila.

Cestu, kao jedan od čimbenika sigurnosti prometa koji utječe na zaustavni put, potrebno je redovito održavati, povećati debljinu asfaltnog sloja za sve kolničke konstrukcije bez obzira na opterećenje prometnica. To bi omogućilo lakše održavanje kolnika, ne bi se trebale „krpati“ udarne rupe, nego bi se samo sloj kolnika „skidao“. Kod opterećenih dijelova prometnica potrebno je izlizani asfalt obnavljati, održavati njegovu hrapavost. Na mjestima gdje je to izvedivo, potrebno je rekonstruirati prijelaznice gdje nastaje veći broj prometnih nesreća tako da se smanji njihova duljina između zavoja s obzirom na to da je dokazano da velike duljine prijelaznica između zavoja umaraju vozače.

Uvođenjem kamera na prometnicama s povećanim intenzitetom prometa bi postojala mogućnost praćenja kretanja vozila i održavanja sigurnosnog razmaka. Velik broj vozača na razmak između vozila ne obraća pažnju, posebno u kolonama, ali i brzim cestama gdje je potreban puno veći sigurnosni razmak koji omogućava sigurno zaustavljanje u slučaju nužde.

6. ZAKLJUČAK

Zaustavni put značajan je element za sprječavanje mogućnosti nastanka prometne nesreće. Da bi se povećala sigurnost cestovnog prometa, u kojemu zaustavni put ima vrlo značajnu ulogu za nastanak prometne nesreće potrebno je djelovati prije svega na osnovne čimbenike koje utječu na sigurnost.

Na zaustavni put odnosno put koje će vozilo prijeći u trenutku kada vozač uoči opasnost ili treba zaustaviti vozilo u ovisnosti je od tri osnovna i dva dodatna čimbenika. Čovjek, cesta, vozilo kao osnovni te promet na cesti i incidentni, kao dodatni čimbenici, utjecajni su elementi o kojima ovisi zaustavni put vozila. S obzirom da navedeni čimbenici u procesu zaustavljanja vozila imaju u interaktivnu ulogu, analiza zaustavnog puta vrlo je složeni postupak.

U tom postupku jedan od složenijih elemenata je utvrđivanje puta reagiranja u kojemu uz brzinu veliku ulogu ima i vrijeme reagiranja. Vrijeme reagiranja uvjetovano je subjektivnim osobinama vozača kao i objektivnim okolnostima. S obzirom da je u vrijeme reagiranja pripada interval od uočavanja opasnosti, spoznaje o karakteru opasnosti i odlučivanje o poduzimanju akcije, ono je kod svakog čovjeka drugačije. Najčešće ovisi o psihofizičkom stanju vozača.

Jedna od mjera koja bi doprinijela svjesnosti vozača o zaustavnom putu vozila povezana je sa edukacijom. Edukaciju je potrebno prilagoditi starosnoj strukturi vozača i sudionika u prometu zbog toga što se sa godinama mijenjaju čovjekove psihofizičke sposobnosti. Jednako tako edukacijom o štetnosti alkohola, lijekova, droga i drugih opijata na organizam i upravljanje motornim vozilom, moguće je utjecati na svijest vozača o zaustavnom putu vozila kao elementu koji utječe na mogućnost nastanka prometne nesreće.

Nadalje stalnim unaprjeđenjem kočnica i kočionih sustava na vozilima, moguće je umanjiti pogreške vozača. Unaprjeđenja tog sustava mjera je koja u budućem razvoju automobila ima prioritetni značaj.

Jednako tako, cestu i cestovnu infrastrukturu kao čimbenika sigurnosti, potrebno je planirati projektirati, graditi i održavati na način da odgovara svojoj namjeni i zahtjevima sigurnosti prometa. Značajan dio pri tome ima projektiranje cesta, pri čemu je potrebno primjenjivati

optimalne a ne minimalne prometno oblikovne elementa cesta, te održavanje kao značajnog dijela osiguranja prohodnosti ceste i uočavanja prometnih znakova i signalizacije.

Uvažavanjem navedenog dokazano se može utjecati na smanjenje broja i posljedica prometnih nesreća kao i na smanjenje zaustavnog put kao elementa koji znatno utječe na mogućnost nastanka prometne nesreće.

7. POPIS LITERATURE

KNJIGE:

- [1] Cerovac V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2001.
- [2] Rotim F.: Elementi sigurnosti cestovnog prometa, svezak 1., Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb 1990.
- [3] Rotim F.: Elementi sigurnosti cestovnog prometa, svezak 2., Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb 1991.
- [4] Rotim F., Peran Z.: Forenzika prometnih nesreća, svezak 1., Hrvatsko znanstveno društvo za promet, Zagreb 2011.
- [5] Božičević J., Topolnik D.: Infrastruktura cestovnog prometa I. i II., Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 1996.
- [6] Legac I., Cestovne prometnice I (javne ceste), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2006.
- [7] Jurić I.: Održavanje cestovnih vozila: Promjena stanja vozila tijekom eksploatacije (nastavni materijal), Zagreb 2010.

PRAVILNICI:

- [8] Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa, Ministarstvo pomorstva, prometa i veza, Zagreb 2001., NN 110/01
- [9] Pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi, Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, Zagreb, 2016., NN 28/16

INTERNET STRANICE:

- [10] <https://guma.hr/termek/126081/14-9r24-nortec-ac201-126a8-123b-tt> (15.8.2018.)
- [11] <http://pajca.hr/autodijelovi/hidraulika-kocenja-i-kvacila/> (15.8.2018.)
- [12] <http://mehanizacija.ftn.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2016/01/11-OMV-upravljanje.pdf>
(15.8.2018.)
- [13] <http://ekako.info/vozila/kako-se-proizvodi-karoserija/> (15.8.2018.)
- [14] <http://led-elektronika.hr/obavijesti/modernizacija-energetski-ucinkovite-i-ekoloske-javne-rasvjete-grada-siska/> (25.8.2018.)
- [15] <http://repozitorij.fsb.hr/3147/1/analiza%20materijala%20valjaka%20za%20mjerjenje%20ko%20C4%20Dne%20sile.pdf> (2.9.2018.)

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz uobičajenog kombiniranog kočionog sustava.....	3
Slika 2. Upravljački mehanizam vozila.....	4
Slika 3. Dijagonalna i radijalna guma – razlike u konstrukciji	5
Slika 4. Karoserija vozila	8
Slika 5. Faze pokreta osobe u vozilu pri čelnom sudaru kad osobe ne koriste sigurnosni pojas	8
Slika 6. Trasa ceste u tlocrtu	11
Slika 7. Zaustavna preglednost.....	15
Slika 8. Elementi horizontalne preglednosti	16
Slika 9. Vertikalna preglednost u zavoju kod konveksnog prijeloma.....	17
Slika 10. Most Gromova u Sisku po danu (lijevo) i po noći (desno).....	19
Slika 11. Cestovno raskrižje u istoj razini.....	20
Slika 12. Zaustavni put.....	22
Slika 13. Dijagram usporenja u ovisnosti o vremenu pri intenzivnom kočenju	23
Slika 14. Dijagram brzine u ovisnosti o vremenu pri intenzivnom kočenju	24
Slika 15. Dijagram usporenja u ovisnosti o vremenu pri slobodnom kočenju.....	25
Slika 16. Dijagram brzine u ovisnosti o vremenu pri slobodnom kočenju	26
Slika 17. Tlak zraka u pneumaticima	31

9. POPIS TABLICA

Tablica 1. Ovisnost širine prometnog traka o brzini V_p	13
Tablica 2. Zaustavna preglednost P_z sa 0% uzdužnog nagiba	15
Tablica 3. Udaljenost unutarnjeg ruba zaštitne ograde u ovisnosti o širini prometnog traka	20
Tablica 3. Prosječne vrijednosti koeficijenta prijanjanja između pneumatika i kolnika.....	32

10. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Duljina zaustavnog puta u ovisnosti o t_R	30
Grafikon 2. Duljina zaustavnog puta u ovisnosti o f_1	33

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom **Elementi puta kočenja vozila u funkciji sigurnosti**
cestovnog prometa

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 09/09/2018 _____

Student/ica:
Marija Vidaković

(potpis)