

Utjecaj elemenata projektiranja prometnih površina na sigurnost cestovnog prometa

Cindrić, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:119:630635>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-10**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Josip Cindrić

**UTJECAJ ELEMENATA PROJEKTIRANJA PROMETNIH
POVRŠINA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**UTJECAJ ELEMENATA PROJEKTIRANJA PROMETNIH
POVRŠINA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA**

**IMPACT OF DESIGN ELEMENTS OF TRAFFIC AREAS ON
ROAD SAFETY**

Mentor: dr. sc. Grgo Luburić, izv. prof.

Student: Josip Cindrić

JMBAG: 0135228598

Zagreb, rujan 2016.

SAŽETAK:

UTJECAJ ELEMENATA PROJEKTIRANJA PROMETNIH POVRŠINA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Problem sigurnosti cestovnog prometa javlja se kao posljedica ubrzanog razvoja tog sustava, odnosno povećanja broja prometnih nezgoda. Čimbenici na kojima se ta sigurnost temelji su čovjek, vozilo, cesta, promet na cesti i incidentni čimbenik. Osnova ovog rada je prikaz elemenata projektiranja prometnih površina i analiza utjecaja tih elemenata na sigurnost cestovnog prometa. U svrhu kvalitetnije obrade, elementi projektiranja se rastavljaju na elemente projektiranja cesta i autocesta, elemente projektiranja gradskih ulica, a kao su prometna čvorišta najkritičnije točke prometnog sustava, ona sama čine posebnu skupinu. Prikazat će se i prometna oprema i sustava održavanja, koji utječu na kvalitetu uvjeta i stanja kolnika, a samim time na cestu kao čimbenika sigurnosti. Na kraju će se, na temelju prethodne analize, dati prijedlozi poboljšanja elemenata projektiranja prometnih površina u cilju povećanja sigurnosti i donijeti adekvatan zaključak.

Ključne riječi: sigurnost prometa; cesta; prometna nezgoda; elementi projektiranja

SUMMARY:

IMPACT OF DESIGN ELEMENTS OF TRAFFIC AREAS ON ROAD SAFETY

The problem of road traffic safety occurs as a result of rapid development of that system, respectively as increased number of traffic accidents. Factors on which this safety is based are human, vehicle, road, traffic on the road and incidental factor. The basis of this work is to present the design elements of road surfaces and analyzes the impact of these elements on road traffic safety. For the purpose of better processing, the design elements are divide on the design elements of roads and highways, the design elements of city streets, and as the transport hub are the most critical points of the transport system, they constitute a special group by itself. It will be shown even the transport equipment and maintaining system, which are affecting the quality of the conditions and the state of the roadway, and thus on the road as a factor of safety. At the end will be, based on previous analysis, given suggestions to improve design elements of road surfaces in order to increase security and be made a proper conclusion.

Key words: road traffic safety; road; traffic accident; design elements

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. RAZVOJ CESTOVNOG PROMETA	3
3. ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA	5
3.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa	5
3.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa	7
3.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa	7
3.4. Čimbenik „promet na cesti“	10
3.5. Incidentni čimbenik	10
4. ELEMENTI PROJEKTIRANJA PROMETNIH POVRŠINA	11
4.1. Elementi projektiranja cesta i autocesta	11
4.2. Elementi projektiranja gradske ulične mreže	14
4.3. Elementi projektiranja prometnih čvorišta	16
5. OPREMA I ODRŽAVANJE PROMETNIH POVRŠINA	18
6. ANALIZA UTJECAJA POJEDINIH ELEMENATA PROJEKTIRANJA PROMETNIH POVRŠINA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA	22
7. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA POJEDINIH ELEMENATA PROJEKTIRANJA PROMETNIH POVRŠINA U CILJU POVEĆANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA	27
7.1. Povećanje širine kolnika	27
7.2. Izgradnja biciklističkih staza	27
7.3. Primjena kružnih raskrižja	28
7.4. Uklanjanje uspornika	29
8. ZAKLJUČAK	31
LITERATURA.....	32
POPIS SLIKA	33
POPIS TABLICA.....	33

1. UVOD

Cestovni promet bilježi konstantan porast broja vozila, koji je procenjen na 5 % u odnosu na prethodnu godinu, dok je broj novoregistriranih vozila veći za 11,6 %, također u odnosu na prethodnu godinu. Kao takav, ako mu se ne pristupa dovoljno kvalitetno i odgovorno, iznimno je povoljan za povećanje nesigurnosti, odnosno za povećanje broja prometnih nezgoda.

Od 2005. do 2014. godine na hrvatskim se cestama dogodilo 470 tisuća prometnih nezgoda. U tim je nezgodama nastradala 201 tisuća osoba, od čega je poginulo 4955 osoba, teško je ozlijeđeno 36 tisuća osoba, a 160 tisuća osoba je lakše ozlijeđeno.

Prema navedenim brojkama, lako je zaključiti da sigurnost cestovnog prometa nije zadovoljavajuća, te da treba nastojati te brojke smanjiti. Njihovo smanjenje može se realizirati preko dvije metode, to jest ili smanjenjem intenziteta povećanja broja vozila ili povećanjem sigurnosti kako vozila tako i ostalih čimbenika.

U ovom radu prikazati će se utjecaj pojedinih čimbenika na sigurnost cestovnog prometa, a posebno utjecaj ceste, odnosno elemenata projektiranja prometnih površina i dati prijedlozi kako bi se taj utjecaj smanjio. Rad je podjeljen na osam cjelina:

1. Uvod
2. Razvoj cestovnog prometa
3. Čimbenici sigurnosti cestovnog prometa
4. Elementi projektiranja prometnih površina
5. Oprema i održavanje prometnih površina
6. Analiza utjecaja pojedinih elemenata projektiranja prometnih površina na sigurnost cestovnog prometa
7. Prijedlozi poboljšanja pojedinih elemenata projektiranja prometnih površina u cilju povećanja sigurnosti cestovnog prometa
8. Zaključak

U drugom poglavlju su opisani razvoj ceste, i pojava i razvoj motornih vozila, kao temeljni elementi cestovnog prometa.

Treće poglavlje sadrži podjelu čimbenika sigurnosti cestovnog prometa. Čimbenici se dijele na čovjeka, vozilo, cestu, promet na cesti i incidentni čimbenik, od kojih je svaki поближе prikazan i objašnjen.

Elementi projektiranja prometnih površina definirani su u četvrtom, dok je njihov utjecaj na sigurnost cestovnog prometa analiziran u šestom poglavlju. Prilikom obrade elemenata projektiranja prikazane su slike i tablice čija je funkcija lakši i kvalitetniji uvid u analizu tog utjecaja.

U petom poglavlju prikazani su oprema i održavanje prometnih površina. Iako ti elementi ne pripadaju elementima projektiranja, imaju znatan utjecaj na cestu kao čimbenika sigurnosti, koji se očituje u kvaliteti upravljanja prometom i omogućavanju sigurnog odvijanja prometa.

U sedmom se poglavlju navode prijedlozi poboljšanja elemenata projektiranja prometnih površina, koji bi kao takvi omogućili kvalitetnije i sigurnije odvijanje prometa na cestama.

2. RAZVOJ CESTOVNOG PROMETA

Cestovni promet seže daleko u prošlost, a dobiva na važnosti pojavom zaprežnih kola tri tisuće godina prije Krista, zbog kojih je došlo do potrebe za izgradnjom kvalitetnije podloge, kako kotači ne bi propadali u slabo nosivo tlo.

Prve ceste su zapravo bili putevi kojima su se kretale karavane, a kao najstarije poznate se smatraju solna cesta od Hadramauta preko Arabije do Male Azije, jantarska od Baltika do Mediterana i put svile od Kine do Crnog mora.

Izgradnja cesta bila je od velike važnosti Rimskom Carstvu, za čijeg je vijeka izgrađena cestovna mreža veličine oko 150 000 kilometara, a pokrivala je Sredozemlje i srednju Europu. Pri konstrukciji kolnika su koristili više slojeva kamenog materijala u debljini od 60 do 100 cm. Neke od tada izgrađenih cesta su, uz rekonstrukcije, zadržane u prometu sve do danas.

Sljedeći bitan napredak u razvoju cesta se događa 1817. godine u Engleskoj kada je McAdam počeo graditi ceste s uvaljanim tučencem u nekoliko slojeva različitih veličina zrna, poznato nazvane makadam, čiji se način građenja održao do danas.

Pojavom motora s unutrašnjim izgaranjem, Daimler 1885. i Benz 1886., dolazi do naglog razvoja motornih vozila, a samim time i do razvoja cesta, jer dotadašnje neučvršćene i neravne ceste više ne odgovaraju novim oblicima vozila. Počinju se graditi različite vrste kolnika od asfalta i betona.

Tijekom Prvog svjetskog rata zabilježen je rast broja motornih vozila od 30% na godinu, a od 1922. do danas povećanje varira u rasponu od 5,0-6,5 % godišnje. Procjenjuje se da je u svijetu u 2014. godini bilo 1,2 milijarde vozila i da je te godine prodano 84 milijuna novih vozila.¹ Ukupna duljina cestovne mreže u svijetu iznosi oko 17 milijuna kilometara, od čega je 50 % sa suvremenik kolnikom.

Ukupna duljina mreže javnih cesta u Hrvatskoj iznosi 26.963,90 km od čega je:

- 1.413,10 km autocesta,
- 6.867,70 km državnih cesta,
- 9.703,40 km županijskih cesta
- 8.979,70 km lokalnih cesta²

¹ <http://wardsauto.com/data-insights>

² http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_01_1_32.html



Slika 1. Karta autocesta i državnih cesta u Republici Hrvatskoj

Izvor: [11]

3. ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Kvalitetan razvoj cestovnog prometa mora zadovoljavati i određeni stupanj sigurnosti. Prema raznim uzročnicima koji mogu utjecati na taj stupanj, možemo izvesti sljedeće čimbenike:

- čovjek
- vozilo
- cesta
- promet na cesti
- incidentni čimbenik³

3.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa

Prema raznim analizama i autorima se smatra da je čovjek krivac za oko 85% prometnih nezgoda, što ga predstavlja kao najznačajnijeg čimbenika sigurnosti. Čovjek vlastitim osjetilima dolazi do spoznaja o uvjetima na cesti, a zatim na temelju obrazovanja i osobnih značajki odlučuje i poduzima akcije za koje smatra da su najprimjerenije tim uvjetima. Na te akcije uvelike utječu i njegova trenutna stanja, odnosno raspoloženje, umor, osjećaji, stajališta i sl.

Na ponašanje čovjeka kao čimbenika sigurnosti u prometu utječu:

- osobne značajke vozača
- psihofizička svojstva
- obrazovanje i kultura⁴

3.1.1. Osobne značajke vozača

Dobra usklađenost između sposobnosti i osobina neke osobe, određuje stupanj prilagođavanje te osobe uvjetima prometa. Kako bi se promet mogao uspješno i sigurno odvijati, potrebno je da ta osoba, odnosno vozač bude psihički stabilna i skladno razvijena. Psihičke osobine koje određuju pojedinu osobu u užem smislu su sposobnost, stajališta, temperament, osobne crte i karakter.⁵

³ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 25.

⁴ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 27.

⁵ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 27.

3.1.2. Psihofizičke osobine čovjeka

Psihofizičke osobine omogućuju kvalitetno upravljanje vozilom, i mogu se podijeliti na funkcije organa osjeta, psihomotoričke sposobnosti i mentalne sposobnosti

Osjeti su vrlo bitan element u upravljanju vozilom jer omogućuju vozaču zapažanja u promjeni stanja okoline, ali i samog vozila. Na temelju tih zapažanja, vozač dalje donosi odluke i akcije koje zatim sprovodi u djelo. Najvažniji osjeti koji omogućuju upravljanje vozilom su:

- osjet vida
- osjet sluha
- osjet ravnoteže
- mišićni osjet
- osjet mirisa⁶

3.1.3. Obrazovanje i kultura

Prije nego što osoba postane vozač, to jest prije nego što dobije vozačku dozvolu, ona se mora upoznati sa određenim zakonitostim i načinima reguliranja prometa. To se postiže obučavanjem o prometnim propisima, a provjerava prometnim testovima, čijim polaganjem ta osoba stječe uvjete za daljnju obuku o vožnji u svrhu dobivanja vozačke dozvole. Uz poznavanje prometnih propisa, čimbenik obrazovanje i kultura, podrazumjeva poznavanje kretnji vozila i poznavanje vlastitih sposobnosti.

Poznavanje kretnji vozila podrazumjeva upoznavanje vozača s otporima koji se suprotstavljaju vozilu u pokretu, duljini puta kočenje i zaustavnog puta, djelovanju centrifugalne sile i sl.

Vozači koji precjenjuju vlastite sposobnosti često su krivci prometnih nezgoda. Stoga bi tijekom obuke osobe za vozača, bilo poželjno primjeniti dodatne testove putem kojih bi se te osobe upoznale sa svim fizikalnim veličinama koje djeluju na vozilo, i provjeru njihovih sposobnosti, koje bi se mogle procijeniti na temelju vremena reagiranja, procjeni udaljenosti, mogućnosti snalaženja prilikom neke konfliktne situacije i sl.

⁶ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 31.

3.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa

Vozilo je sredstvo kojim vozač obavlja promjenu mjesta u prometu. Kako bi moglo sudjelovati u toj promjeni prvo mora zadovoljiti određene uvjete koji se provjeravaju pri Tehničkom pregledu vozila. Elementi vozila kao čimbenika sigurnosti mogu se podijeliti na aktivne i pasivne. U aktivne se ubrajaju oni elementi čija je zadaća spriječavanje događanja prometnih nesreća:

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

Pasivni elementi se odnose na one elemente koji, kada se prometna nezgoda dogodi, nastoje smanjiti posljedice te nezgode:

- karoserija
- vrata
- sigurnosni pojasevi
- nasloni za glavu
- vjetrobranska stakla i zrcala
- položaj motora, spremnika, rezervnog kotača i akumulatora
- odbojnik
- sigurnosni zračni jastuk⁷

3.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa

Iako se cesti kao čimbeniku sigurnosti prometa ne daje dovoljno pažnje, njeni tehnički nedostaci često se pokazuju kao uzrok prometnih nezgoda. U prosjeku se uzima da je cesta uzrok 7-9% prometnih nezgoda, što je postavlja na drugo mjesto po važnosti čimbenika sigurnosti. Pogreške koje nastaju u planiranju i izgradnji cesta u eksploataciji se, u većini slučajeva, skupo plaćaju. Konstruktivni elementi koji obilježavaju cestu kao čimbenika sigurnosti su:

⁷ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 48.

- trasa ceste
- tehnički elementi ceste
- stanje kolnika
- oprema ceste
- rasvjeta ceste
- križanja
- utjecaj bočne zapreke
- održavanje ceste⁸

Trasa ceste je tlocrtna i vertikalna projekcija ceste, odnosno smjer i visinski položaj ceste. Sastoji se od pravaca, kružnih lukova i prijelaznica.

Pravac je najkraća poveznica između dvije točke, te se iz toga može zaključiti da je i cesta u pravcu najpogodnija varijanta ako se razmatraju stajališta vremena i duljine putovanja. Kako oblik reljefa nije uvijek pogodan za ceste u pravcu, dolazi se do potrebe za kružnim lukovima, a samim time i do potrebe za prijelaznim lukovima koji nastoje smanjiti iznenadno djelovanje centrifugalne sile koje je na duljini kružnog luka konstantno. Promatramo li se cesta u pravcu sa stajališta sigurnosti prometa također se dolazi do određenih nepogodnosti koje se povećavaju proporcionalno s duljinom tog pravca. Neke od tih nepogodnosti su:

- vožnja dugim pravcima zamara vozača i postaje monotona;
- na pravcima je otežano procjenjivanje udaljenosti između vozila;
- dugi pravci mogu uzrokovati neharmoničan tok ceste budući da se pravac ne može dobro prilagoditi raznim oblicima terena;
- na pravcu se povećava opasnost, napose pri mimoilaženju vozila noću, jer se svjetlima vozila iz suprotnog smjera zasljepljuju vozači;
- vozilo se tijekom vožnje pravcem mora laganim okretanjem upravljača držati u smjeru zbog poprečnog nagiba kolnika;
- na pravcu se pojavljuje osjećaj nesigurnosti, osobito na većim nizbrdicama,⁹

Preporučene duljine pravaca između protusmjernih zavoja su:

$$2Vp \leq Lpr \leq 20Vp$$

dok su između istosmjernih zavoja:

$$4Vp \leq Lpr \leq 20Vp$$

gdje je: Lpr (m) – duljina pravca

Vp (km/h) – projektna brzina¹⁰

Tehnički elementi ceste obuhvaćaju veličine elemenata poprečnog presjeka. Tu se ubrajaju širine prometnih, rubnih i zaustavnih trakova, trakova za spora vozila, bankine, berme, rigola, razdjelnog pojasa, te biciklističke i pješačke staze.

⁸ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 52.

⁹ Legac, I.: Cestovne prometnice I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., str. 57.

¹⁰ Pravilnik, [4] članak 3.1.2.

Oštećenja kolnika, klimatski uvjeti kao snijeg na kolniku ili prva kiša, te onečišćenja kolnika blatom, uljem i sl. samo su neki od pokazatelja njegova stanja, koje direktno utječe na prijenjanje između kotača i podloge, odnosno koeficijent trenja između kotača i kolnika.

Za informiranje vozača o uvjetima eksploatacije ceste koristi se prometna oprema. Ona obuhvaća prometne znakove, kolobrane, živice, smjerokaze, kilometarske oznake, snjegobrane i vjetrobrane.

Kvaliteta rasvjete osigurava sigurnu vožnju noću, stoga bi trebala biti postavljena prema sljedećim načelima:

- što viša svjetlosna razina to bolja vidljivost;
- što veća jednoličnost svjetlosne razine, to bolja preglednost ceste za vozače;
- izvor svjetla mora biti izvan vidnog polja vozača;
- treba isključiti sve žarulje koje blješte;
- svjetiljke treba postaviti što više iznad kolnika na odgovarajućim razmacima kako ne bi nastali tamni pojasevi;¹¹

Križanja su mjesta sa najvećim brojem prometnih nezgoda u prometnoj mreži i njihovoj konstrukciji potrebno je posvetiti posebnu pozornost. Križanja u razini su opasnija jer se pojavljuje veći broj konfliktnih točaka nego kod križanja izvan razine gdje je potrebno riješiti samo probleme ulijevanja i izlivanja vozila. Pretpostavlja se da je osiguranje preglednosti najbitnija stavka sigurnosti križanja.

Postavljanje bočnih zapreka uz rub kolnika, odnosno na području bankine treba izbjegavati jer negativno utječe na sigurnost odvijanja prometa. Udaljenost zaštitne ograde od ruba kolnika ovisi o širini prometnog traka i prikazana je u tablici. Drvorede pokraj ceste treba izbjegavati jer tokom sunčanih dana stvaraju izmjenu svjetla i sjena što otežava vožnju i onečišćuju cestu lišćem što rezultira smanjenjem prijanjanja. Preporaka je postavljanje drveća na udaljenost od 5-6 metara od ruba kolnika i da se posječe sve drveće na udaljenosti od 10,5 metara, čiji je promjer veći od 10 cm.

Tablica 1. Utjecaj širine prometnog traka na udaljenost bočne smetnje

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]

¹¹ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 60.

Održavanje ceste bitno je vršiti tokom cijele godine. Održavanje obuhvaća popravke kolničkog zastora, zemljanog trupa ceste, potpornih i obložnih zidova, mostova i propusta, čišćenje kolnika, čišćenje odronjenog kamenja, zaštitu kosina nasipa, usjeka i zasjeka, čišćenje odvodnih kanala, posipavanje kolnika na većim nagibima, mostovima, oštrim zavojima, popravak tlocrtne i uspravne signalizacije te ostale opreme ceste.

3.4. Čimbenik „promet na cesti“

Čimbenik „promet na cesti“ obuhvaća podčimbenike organizacije, upravljanja i kontrole prometa.

Organizacija se temelji na prometnim propisima i tehničkim sredstvima za organizaciju. Upravljanje prometnom počiva na prometnim znakovima i posebno se ističe zimi kada je potrebno posvetiti posebnu brigu o načinu reguliranja prometa tj. postaviti dopunske prometne znakove na kritičnim dijelovima ceste. Kontrola prometa obavlja se na temelju Zakona o sigurnosti prometa na cestama, ali je potrebno obuhvatiti i praćenje prometnih tokova i opterećenja te interveniranje u slučaju složenih uvjeta prometa.

3.5. Incidentni čimbenik

Svi, do sada nabrojani čimbenici su se mogli predvidjeti na temelju određenih pravilnosti i zakonitosti. Oni čimbenici koje je teško predvidjeti, odnosno čija je pojava neočekivana, ubrajaju se u incidentne čimbenike.

Najizraženiji element tih čimbenika su atmosferske prilike u koje se ubrajaju kiša, poledica, snijeg, magla, vjetar i promjena atmosferskog tlaka. Uz to je moguća pojava i nekih drugih elemenata, kao na primjer trag ulja na kolniku, nečistoća, odnosno blata, izlijetanje divljači i sl.

4. ELEMENTI PROJEKTIRANJA PROMETNIH POVRŠINA

Kvalitetna analiza i evidencija prometnih nezgoda može uvelike pomoći u poboljšanju sigurnosti prometa, posebice pri pronalasku opasnih dijelova prometnica. Na tim dijelovima je zbog ne kvalitetne konstrukcije ili zbog pogoršanja stanja prometnice smanjena sigurnost, odnosno povećana je učestalost prometnih nezgoda. Opasna mjesta su, u većini slučajeva, mjesta:

- gdje su nagle promjene uvjeta vožje (oštri zavoji, uski mostovi, mjesta gdje se pojavljuje magla i sl.);
- gdje dolazi do naglog smanjenja brzine zbog uspona ili smanjenja preglednosti;
- gdje se cesta pruža u jednoličnom krajoliku i postoji mogućnost razvijanja velikih brzina;
- gdje se ulijeva ili izljevava promet, na križanjima i sl.;
- gdje postoji mogućnost iznenadne pojave pješaka, biciklista ili životinja;¹²

Konstruktivski zahtjevi koje pojedini dijelovi prometnih površina moraju zadovoljiti, kako sa stajališta efektivnosti i efikasnosti tako i sa stajališta sigurnosti prometa, razlikuju se od mjesta do mjesta. Iz tog razloga ti se elementi mogu razvrstati na tri skupine, odnosno na elemente projektiranja cesta i autocesta, gradske ulične mreže i prometnih čvorišta.

4.1. Elementi projektiranja cesta i autocesta

Elementi projektiranja opisuju poprečni presjek pojedine vrste ceste i određuju se ovisno o rangju ceste, eksploatacijskim značajkama i terenskim uvjetim. Osnovni elementi poprečnog presjeka ceste su prometni trak, rubni trak, bankina, berma i rigol. Osim tih elemenata, poprečni presjek ceste može sadržavati i zaustavni trak, trak za spora vozila, razdjelni pojas, te biciklističku i pješačku stazu.¹³

Prometni trak je dio kolnika, može sadržavati više prometnih trakova, koji služi za nesmetan promet jednog reda motornih vozila. Širina prometnog traka ovisi o širini mjerodavnog vozila i bočnom sigurnosnom razmaku između vozila, koji ovisi o brzini. Širina mjerodavnog vozila koja se koristi za određivanje širine prometnog traka iznosi 2,6 m. Širina prometnog traka u Hrvatskoj, određuje se iz „Pravilnika o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa“ (u daljnjem tekstu Pravilnik).

¹² Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagrab, 2001., str. 19.

¹³ Legac, I.: Cestovne prometnice I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., str. 43.

Tablica 2. Ovisnost širine prometnog traka o projektnoj brzini

V_p (km/h) ceste	≥ 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: [2]

Rubni trak koristi se za obilježavanje ruba kolnika i pomaže pri optičkom vođenju trase ceste. Može se izvoditi kao proširenje kolnika uz označavanje rubnom crtom ili kao zaseban element. Ovisi o širini prometnog traka, njegov iznos prikazan je u tablici 3.

Tablica 3. Odnos širine rubog i prometnog traka

Prometni trak (m)	Rubni trak (m)
3,75	0,50
3,50	0,35
3,25-3,00	0,30
2,75	0,20

Izvor: [2]

Bankina se nalazi neposredno uz rubni trak, na dijelu ceste koji je u nasipu ili zasjeku. Sigurnosni je element i služi za postavljanje prometnih znakova, smjerokaznih stupića, stacionažnih oznaka, zaštitnih ograda, odlaganju materijala za održavanje, zaustavljanju vozila u nuždi, te iznimno prometu pješaka. Izvodi se u nagibu na vanjsku stranu u iznosu od 4% ili iznosu kolnika ako je veći od 4%.

Tablica 4. Odnos širine bankine i prometnog traka

Širina prometnog traka (m)	Širina bankine (m)
3,75	1,50
3,50	1,20
3,25	1,00
3,00	1,00
2,75	1,00

Izvor: [2]

Rigol služi za odvodnju vode s kolnika. Izvodi se u širini od polovice širine primjenjive bankine, a druga se polovica koristi za izgradnju berme, koja ima funkciju bankine. Izvode se u područjima gdje je cesta u usjeku ili zasjeku i to tako da je berma u nagibu od 5-6% prema rigolu.

Zaustavni trak služi za zastavljanje vozila u nuždi. Obavezan je na autocestama u širini 2,5 m, a može se koristiti i na brzim cestama u širini 1,75-2,5 m. U pravilu zaustavni trak se ne predviđa:

- na objektima (vijadukti i mostovi) čiji je raspon veći od 150 m, a nalaze se na terenu sa znatnim ili velikim ograničenjem prema točki 1.3.
- u tunelima dužim od 200 m
- na dijelovima gdje se predviđa trak za spora vozila
- na dijelovima čvorišta gdje se predviđa trak za ubrzanje ili usporenje¹⁴

Trakovi za spora vozila primjenjuju se kod duže ceste u usponu zbog čega teška vozila gube brzinu i ometaju drugi promet. Izvode se u širini 3,0-3,25 m, s poprečnim nagibom u veličini i smjeru jednakom kao kod primjenjenog na prometnim trakovima.

Razdjelni pojas se izvodi u presjeku ceste kod koje je zbog sigurnosti prometa nužno fizički razdvojiti dva kolnika s prometom u suprotnim smjerovima. Kod autocesta s ukupno četiri ili više prometnih trakova razdjelni pojas se obvezno izvodi u širinama 4,00 m ili min 3,00 m (iznimno 2,50 m).

Ukoliko je trasa položena na padini terena s odvojenim kolnicima i visinski neovisnim vođenjem nivelete te s ciljem racionalizacije radova nestandardnu širinu razdjelnog pojasa uvjetuju terenske prilike.

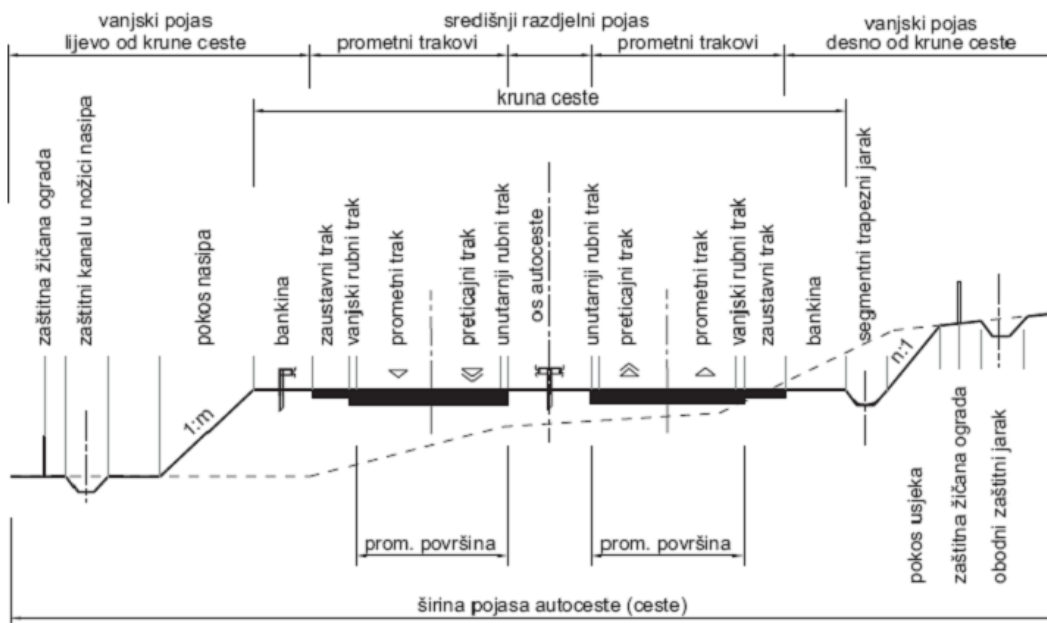
Razdjelni pojas se može predvidjeti kod cesta 1. i 2. kategorije za slučaj većeg prometnog opterećenja i nužnosti osiguranja željene kvalitete prometa. Širina razdjelnog pojasa kod ovih cesta iznosi 3,00 m i 2,00 m (iznimno i 1,85 m).¹⁵

Normalni poprečni profil autoceste ima ove osnovne elemente:

- dvije vanjske bankine širine 1,5 m
- dva vanjska rubna traka širine 0,5 m
- dva vanjska zaustavna traka širine 2,5 m
- dva kolika (svaki za jedan smjer vožnje) širine 2 x 3,75 m
- dva unutarnja rubna trak širine 0,5 m
- razdjelni pojas širine 4,0 m

¹⁴ Pravilnik, [4] članak 5.1.6.

¹⁵ Pravilnik, [4] članak 5.1.5.



Slika V-03. Shematski prikaz elemenata poprečnog presjeka u pojasu autoceste

Slika 2. Shematski prikaz elemenata poprečnog presjeka u pojasu autoceste

Izvor: [2]

4.2. Elementi projektiranja gradske ulične mreže

Gradska ulična mreža može se, prema funkcionalnom obilježju, ceste, ulice i prometne površine u gradovima, podijeliti na:

- brze ceste
- gradske ceste
- magistralne ulice
- zbirne ulice
- ulice u stambenim naseljima
- ostale prometne površine¹⁶

Projektiranje gradske ulične mreže je relativno složen proces, jer je potrebno kvalitetno predvidjeti razvijanje pojedinih dijelova tog grada kako bi se sukladno tomu odvojila dovoljna površina za izgradnju ulica koje bi trebale zadovoljiti povećanje opterećenja u budućnosti. Kao glavni elementi projektiranja gradske ulične mreže se izdvajaju:

¹⁶ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 69.

- kolnici
- pločnici
- biciklističke staze
- razdjeljni trakovi
- tramvajske pruge

Kolnici gradskih prometnica uglavnom imaju dva ili više prometnih trakova, kod kojih se širine razlikuju ovisno o tipu prometnice, pa su im iznosi:

- | | |
|-----------------------------------|-------------|
| • na brzim cestama | 3,65 m |
| • na gradskim cestama | 3,65 m |
| • na zbirnim cestama | 3,65 m |
| • u industrijskim područjima | 3,65 m |
| • u lokalnim poslovnim područjima | 3,45-3,50 m |
| • u stambenim područjima | 3,00-3,10 m |

Zbog gustoće rasvjete, semafora, prometnih znakova, raznih vodova i ostalih smetnji koje se pojavljuju iznad kolnika u gradovima, vrlo je važna visina slobodnog profila. Stoga visina slobodnog profila iznosi 4,5 m od gornje površine kolnika, a zaštitna širina se dodaje na širinu kolnika sa svake strane 0,65 m. Ako je ulica predviđena za promet tramvaja i trolejbuseva onda ta visina iznosi 5,5 m. Visina slobodnog profila kod biciklističkih i pješačkih staza iznosi 2,5 m.

Pločnik se izvodi povišeno u odnosu na kolnik i u širini od 2 m uz stambene ulice, te u širini od 5 m u poslovnim i trgovačkim dijelovima.

Širina tramvajske pruge iznosi od 3,0 do 3,2 m, od toga na širinu tramvaja ide 2,2 m, a kao zaštitna širina se sa svake strane uzima 0,4-0,5 m, dok se kod dvosmjerne pruge primjenjuje širina od 6 m, što znači da na tramvaj otpada 4,4 m, na dodatnu širinu između tramvaja 0,6-0,8 m, a na zaštitnu širinu 0,4-0,5 m sa svake strane. Najmanji polumjer zavoja tramvajske pruge je 25 m, a najveći uzdužni nagib ne smije biti veći od 6 %. Tramvajske pruge unutar gradskih ulica mogu biti smještene prema tri kriterija:

- smještaj uz rub kolnika (s obje strane) za jednosmjerni promet, ima prednost jer omogućuje neposredan ulazak na pješačku stazu i izlazak s nje, a nedostatak je što je onemogućeno zaustavljanje osobnih vozila uz rub kolnika;
- smještaj u sredini kolnika za dvosmjerni promet, ima prednost jer nije ugrožen pješački promet i omogućeno je zaustavljanje vozila uz rub kolnika, nedostatak je što pješaci moraju prelaziti kolnik do stajališta i što se izgradnjom stajališta suzuje profil kolnika;

- smještaj na jednoj strani uz rub kolnika za dvosmjerni promet, najlošije je rješenje jer je jedan smjer kretanja tramvaja suprotan smjeru prometa na pješačkoj stazi te je najviše ugrožena sigurnost pješaka;¹⁷

Radi bolje pristupačnosti, manje brzine, koncentracije putnika i sl. autobusna i tramvajska stajališta su većinom smještena u blizini čvorišta. Najbolji položaj za smještaj tramvajskog ili autobusnog stajališta je neposredno nakon čvorišta, osobito ako je na čvorištu postavljen semafor. Takva lokacija stajališta olakšava ponovno uključivanje tramvaja i autobusa u prometni tok, a i povećava sigurnost putnika jer se pješački prijelaz nalazi iz stajališta čime je povećana preglednost pješacima.

4.3. Elementi projektiranja prometnih čvorišta

Prometna čvorišta u osnovne točke funkcioniranja čitavog sustava, to su mjesta na kojima se spajaju dvije ili više prometnica. Kvalitetnom konstrukcijom pojedinog čvorišta potrebno je broj konfliktnih točaka svesti na minimum. Postoje dvije podjele cestovnih čvorišta, a to su na ona u razini i ona izvan razine.

Reprezentativni primjerci čvorišta u razini su „T“-križanja, pravokutna križanje i kružna križanja. Najpoznatiji primjerci čvorišta izvan razine su „truba“ za čvorište s tri kraka i „list djeteline“ za čvorište s četiri kraka. Osnovni elementi koji obilježavaju čvorište izvan razine su priključne rampe, trakovi za usporavanje, trakovi za ubrzavanje i trakovi za preplitanje.

Glavni kriteriji koje se nastoji zadovoljiti pri odabiru čvorišta su sigurnost vožnje, propusna moć, ekonomičnost i estetski izgled. Osnovni elementi projektiranja prometnog čvorišta su :

- preglednost čvorišta
- vozni trakovi
- trakovi za usporavanje
- trakovi za ubrzavanje
- trakovi za lijevo i desno skretanje
- prometni otoci i pješačke ograde
- nagibi i polumjeri zavoja¹⁸

Duljina preglednosti je glavni zahtjev pri projektiranju prometnog čvorišta, a potrebno ju je osigurati kako bi vozilo koje se uključuje sa sporedne ceste bilo u mogućnosti na vrijeme izbjeći smetnje koje nastaju od prometa s glavne ceste pri križanju ili uplitanju.

¹⁷ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagrab, 2001., str. 147.

¹⁸ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagrab, 2001., str. 150.

Širina voznih trakova kod čvorišta u razini povećava se jedino ako se uz trak nalazi razdjelni pojas, otok ili prometni trak u horizontalnom zavoju. Kod čvorišta izvan razine širina jednostranih kolnika iznosi 5,0 m, osim ako kolnici imaju trakove za stajanje onda širina može biti i 4,0 m, dok kod dvotračnih kolnika širina iznosi 3,5 m.

Trakovi za ubrzavanje, usporavanje i lijeva i desna skretanje omogućavaju lakše i sigurnije uključivanje i isključivanje vozila iz prometnog toka. Funkcija prometnih otoka je usmjeravanje prometa, zaštita pješaka pri prelaženju kolnika, a mogu poslužiti i kao mjesta za postavljanje prometnih znakova i uređaja. Dije se na razdjelne otoke, usmjerujuće otoke i pješačke otoke.

Razdjelni otoci se izvode u širini od najmanje 1,5 m i to:

- na prometnicama s četiri ili više prometnih trakova;
- na prometnicama koje su na prilazu autocesta, graničnih prijelaza, tunela i sl.;
- na prometnicama gdje je potrebno usmjeriti promet koji se približuje nekoj građevini,¹⁹

Pješački otoci dijele se na pješačke stajališne otoke i na pješačke zaštitne otoke. Za zaštitu pješaka od vozila javnog gradskog prijevoza koriste se pješački zaštitni otoci, kao izdignute platforme u širini 2,0-2,5 m. Dok se pješački zaštitni otoci izvode na velikim i nepravilnim čvorištima i pružaju zaštitu pješacima koji su zaustavljeni na sredini ceste nadolazećim prometom ili zbog promjene signala na semaforu.

Pješačke ograde se postavljaju na mjestima gdje je ugrožena sigurnost pješaka ili na mjestima gdje dolazi do zastoja u prometu, tj. na mjestima kao što su složena prometna križanja, dugi stajališni otoci, uzduž glavnih prometnica i sl..

Iznosi uzdužnih i poprečnih nagiba na čvorištima u pravilu su jednaki kao i na ostalim dijelovima ceste, iako bi bilo poželjno primjenjivati što manje uzdužne nagibe kako bi se olakšalo zaustavljanje i ponovno kretanje pri ulijevanju i izlivanjevanju.

¹⁹ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 160.

5. OPREMA I ODRŽAVANJE PROMETNIH POVRŠINA

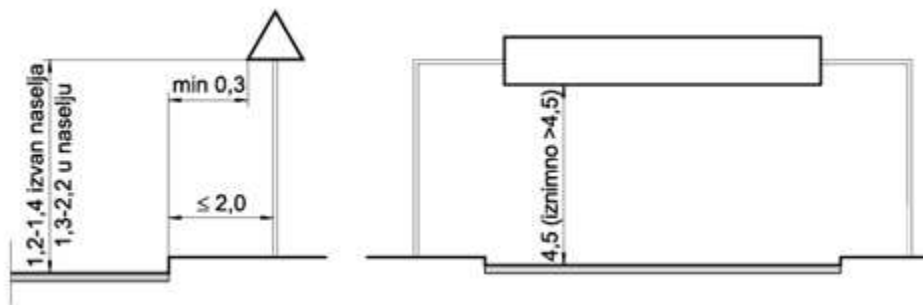
Oprema ceste koristi se za informiranje putnika o uvjetima odvijanja prometa i kako bi se povećala sigurnost njihova kretanja. Pod opremu ceste se ubrajaju:

- prometni znakovi i signalizacija
- kolobrani
- ograde
- živice
- snjegobrani
- smjerokazi
- kilometarske oznake
- granični stupići i ostalo

Kako autoceste i brze ceste zahtjevaju veću razinu sigurnosti i praćenja prometa, tako je potrebna i dodatna oprema koja bi takvu razinu osigurala. Prema tome oprema na autocestama i brzim cestama su može razvrstati prema skupinama: energetika, rasvjeta, telekomunikacije, prometna signalizacija, posebna oprema tunela, tehničko osiguranje građevina, automatska naplata na cestama, tunelima i mostovima i sustav daljinske kontrole, vođenja i upravljanja.

5.1. Prometni znakovi i signalizacija

Prometni znakovi su najvažniji elementi opreme ceste, jer obavještavaju vozača tijekom vožnja. Ugrađuju se u trup ceste sukladno odredbama *Zakona o sigurnosti prometa na cestama (NN, 67/08)* i *Pravilnika o prometnim znakovima i signalizaciji na cestama (NN,33/05)*. Mogu se podijeliti na osnovne znakove, prometnu opremu i na turističku i ostalu signalizaciju.



Slika 3. Način postavljanja vertikalne signalizacije

Izvor: [5]

Osnovni znakovi su znakovi opasnosti, izričitih naredbi i obavjesti i dopunske ploče, te oznake na kolniku i drugima površinama, prometna svjetla i svjetlosne oznake i promjenjivi prometni znakovi.

Prometna signalizacija se, prema načinu, mjestu postavljanja i prema funkciju u prometu, dijeli na:

- vertikalnu, odnosno okomitu signalizaciju
- horizontalnu, odnosno tlocrtnu signalizaciju
- svjetlosnu signalizaciju

Prometnu opremu u užem smislu sačinjava: oprema za označavanje ruba kolnika; oprema, znakovi i oznake za označavanje radova, prepreka i oštećenja kolnika; oprema za vođenje i usmjeravanje prometa u području radova, prepreka i oštećenja kolnika, branici i polubranici, prometna zrcala, zaštitne odbojne ograde, ograde protiv zasljepivanja, zaštitne žičane ograde, pješačke ograde, ublaživači udara i oznake za ručno upravljanje prometom.

Turistička signalizacija služi usmjeravanju turista prema poznatim znamenitostima, a obuhvaća znakove obavjesti o kulturnim i turističkim znamenitostima, znakove usmjeravanja prema znamenitostima, znakove za pružanje turističkih obavijesti na prometnim površinama i znakove za izraz dobrodošlice na ulazu u državu, županiju, grad ili općinu.

5.2. Kolobrani, ograde i živice

Kolobrani su masivni kameni ili betonski stupići, čija je funkcija zadržavanje vozila na cesti ukoliko bi ono skernulo s kolnika. Postavljaju se uz rub bankine u razmaku od 5-10 m.



Slika 4. Kolobrani

Izvor: <http://www.mojotokvis.com/> (03.09.2016.)

Ograde mogu biti u funkciji zaštite pješaka i zaštite vozila, i mogu biti izrađene od različitih materijala, kao na primjer metalne, kamene, betonske i sl. Pješačke ograde se postavljaju u visinu od 0,9 m, dok su za vozila dovoljne visine od 0,6 m. U suvremenoj konstrukciji se koriste elastične odbojne ograde od čeličnih ili betonskih stupića spojene limenim trakama. Te ograde pokazuju efikasno spriječavanje izlijetanja vozila, ali im je problem što ta vozila vraćaju natrag na kolnik i time ugrožavaju odvijanje drugog prometa. U razdjelnim pojasima postavljaju se betonske ograde tipa *New Jersey*, koje bolje amortiziraju udarce, smanjuju oštećenja vozila, ali i smanjuju vraćanje vozila na kolnik.

5.3. Snjegobrani, ograde i vjerobrani

Snjegobrani služe za spriječavanje pojave sniježnih nanosa na površini ceste, koji su uzrokovani u zonama gubitka brzine vjetra ili vrtloženja snježne vijavice. Mogu biti prijenosni i stalni. Najbolju zaštitu pružaju ako propuštaju vjetar, jer u suprotnom dolazi do pojave nanosa snijega s obje strane. U slučaju kada je površina snjegobrana ispunjena od 30 do 50 %, duljina nanosa snijega ispred snjegobrana može iznositi njegovu deseterostruku visinu, a iza snjegobrana njegovu petnaesterostruku visinu.

Vjetrobrani se postavljaju neposredno uz cestu, na mjestima gdje postoji opasnost od jakih udara vjetra. Uz tradicionalni način zaštite od vjetra na dionicama izloženim jakim naletima vjetra mogu se primijeniti i sljedeći načini zaštite:

- zaštita od vjetra nasipima izvedenim od Terramesh konstrukcija
- zaštita od vjetra akrilnim lamelama
- zaštita od vjetra čeličnim lamelama

Zaštita od buke provodi se na dionicama prometnica uz naselje, odnosno na mjestima s dokazanim prekoračenjem dopuštenog praga buke. Odabir materijala i načina izvedve uređaja za zaštitu od buke provodi se na temelju više disciplinarnih analiza, mišljenja zainteresiranog stanovništva i pravila struke.

5.4. Održavanje prometnih površina

Održavanje cesta podrazumijeva radove koji se moraju redovito i brzo obavljati tijekom cijele godine. Održavanje ubraja popravke kolničkog zastora, zemljanog trupa ceste, potpornih i obložnih zidova, mostova i propusta, čišćenje kolnika, čišćenje odronjenog kamenja, zaštita kosina nasipa, usjeka i zasjeka, čišćenje odvodnih kanala, posipavanje kolnika na većim nagibima, mostovima, oštrim zavojima, popravak tlocrtne i uspravne signalizacije, te ostale opreme ceste.²⁰

Održavanje se obavlja prema *Pravilniku o održavanju i zaštiti cesta (NN, 25/98)*, koji kao osnovne ciljeve održavanja i zaštite cesta navodi:

- spriječavanje propadanja cesta
- omogućavanje sigurnog odvijanja prometa
- smanjenje troškova korisnika dobrim stanjem cesta
- dovođenje ceste u projektirano stanje uzimajući u obzir izmjenjene potrebe prometa
- zaštita cesta od korisnika i trećih osoba
- zaštita okoliša od štetnog utjecaja ceste i cestovnog prometa²¹

²⁰ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 63.

²¹ Legac, I.: Cestovne prometnice I – javne ceste, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., str. 141.

Održavanje može biti izvanredno i redovito. Redovito obuhvaća poslove koji se na prometnicama odvijaju neprekidno tijekom godine, dok izvanredno obuhvaća poslove većeg opsega, koji se dugoročnije planiraju i poslove koje uzrokuju nepredviđeni događaji, poput odrona i klizišta.

6. ANALIZA UTJECAJA POJEDINIH ELEMENATA PROJEKTIRANJA PROMETNIH POVRŠINA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Utjecaj prometnih površina na sigurnost cestovnog prometa moguće je smanjiti kvalitetnom analizom i evidencijom prometnih nezgoda. Prilikom očevida prometnih nezgoda potrebno je zabilježiti sve čimbenike koji bi, i u najmanjem postotku, mogli biti uzrok te nezgode, bio taj čimbenik čovjek, vozilo, cesta ili nešto drugo.

Kako u većini slučajeva, sa manjim materijalnim štetama, očevide obavljaju osobe s nedovoljnim poznavanjem prometnih propisa i pravilnika o konstrukciji prometnih površina, odnosno prometni policajci koji se nađu na mjestu nezgode, podaci o mogućem utjecaju pojedinih elemenata prometne površine na počinjenje te prometne nezgode mogu biti ne uočeni, a samim time i ne evidentirani. Tim procesom se dolazi do ponovnog pojavljivanja prometne nezgode na tom dijelu prometne površine, i ako interval vremena između tih nezgoda nije dovoljno malen, odnosno ako učestalost pojavljivanja nezgoda na tom mjestu nije dovoljno velika, ti elementi se zanemaruju, iako mogu biti sasvim jednostavni za otklanjanje.

Smanjenje prometnih nezgoda može se postići otkrivanjem opasnih mjesta na prometnim površinama. Opasna mjesta se određuju preko koeficijenta sigurnosti, jer na opasnim mjestima dolazi do naglog smanjenja brzine vožnje:

$$K_s = \frac{V_s}{V}$$

- V_s - brzina kojom se, zbog sigurnosti vožnje, mogu kretati vozila na ulazu u opasnu dionicu ceste
- V - brzina kojom se mogu kretati vozila na dijelu ceste ispred opasnog mjesta

Zatim se na temelju tablice xx odredi stupanj opasnosti i ovisno o njemu donosi odluka o daljnjim postupcima. Ako se mjesto ocjeni kao opasno mjesto, pristupa se izradi elaborata za njegovu rekonstrukciju, koja se sastoji u eventualnoj promjeni trase ceste, proširenju kolnika i građevina, promjeni ili obnovi zastora kolnika, uređenju okoliša, postavljanju prometnih znakova i oznaka i sl.²²

²² Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001., str. 20.

Tablica 5. Utjecaj koeficijenta sigurnosti na stupanj opasnosti

Koeficijent sigurnosti K_s	Stupanj opasnosti
< 0,40	vrlo opasno
0,40-0,60	opasno
0,60-0,80	malo opasno
0,80-1,00	nema opasnosti

Izvor: [1]

Najznačajniji elementi projektiranja prometih površina koji utječu na broj prometnih nezgoda su:

- širina kolnika i intenzitet prometa
- primjena i širina bankine
- primjena traka za spora vozila
- duljina poteza ceste u pravcu
- polumjeri zavoja
- duljine preglednosti
- stanje kolnika
- križanja

Širina kolnika uvelike određuje sigurnost prometa, posebice ako je velik intenzitet prometovanja teretnih vozila. Ispitivanjima je dokazano da se povećanjem širine prometnih trakova smanjuje broj prometnih nezgoda, kao što je prikazano u tablici 6. Dok je utjecaj širine kolnika i intenziteta prometa na broj prometnih nezgoda prikazan u tablici 7.

Tablica 6. Utjecaj širine kolnika na broj prometnih nezgoda

Širina kolnika sa 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 pređenih kilometara	7,40	5,70	4,84	3,80	2,45

Izvor: [1]

Tablica 7. Utjecaj intenziteta prometa na broj prometnih nezgoda

Broj nezgoda na milijun prijeđenih kilometara u ovisnosti o intenzitetu prometa						
Širina kolnika (m)	4,9	5,5	6,1	6,4-6,7	7,0-7,3	7,6
5000 automobila/24 h	2,24	1,31	1,24	1,49	1,06	1,31
5000-9000 automobila/24 h	9,5	1,75	2,18	2,05	4,2	2,24

Izvor: [1]

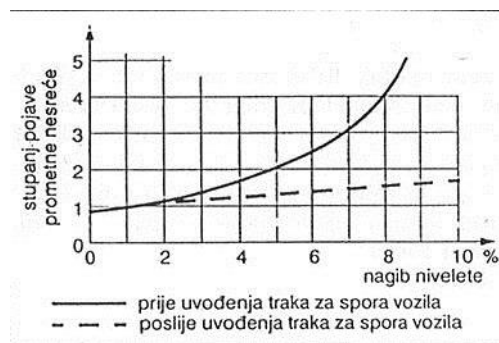
Sama primjena bankine neovisno o njenoj širini uvelike utječe na sigurnost prometa, ali i dodatno povećanje širine bankine se povoljno odražava na broj prometnih nezgoda, kako je i prikazano tablicom 8.

Tablica 8. Utjecaj širine bankine na broj prometnih nezgoda

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

Izvor: [1]

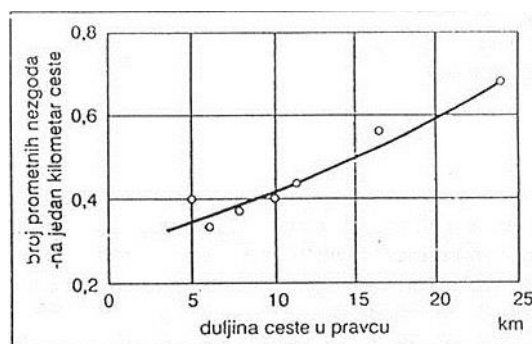
Prilikom duljih uspona dolazi do smanjenja brzina teretnih vozila, čime ometaju odvijanje ostalog prometa. Izradom trakova za spora vozila, na takvim dijelovima prometnica smanjuje se broj prometnih nezgoda, što je vidljivo i iz dijagrama na slici 5.



Slika 5. Utjecaj traka za spora vozila na broj prometnih nezgoda

Izvor: [1]

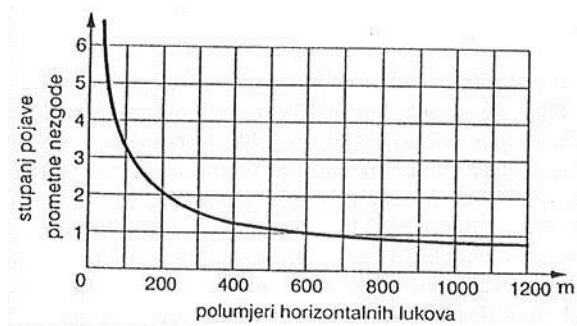
Kako je i prije navedeno na sedmoj stranici rad, dulje dionice ceste u pravcu nepovoljno utječu na sigurnosti prometa. Iako takvo pružanje ceste ima svoje prednosti, kao što su mogućnosti rasterećenja prometa pretjecanjem i mogućnost odmora vozača, dulje takve dionice, uzrok su povećanju broja nezgoda.



Slika 6. Utjecaj duljine ceste u pravcu na broj prometnih nezgoda

Izvor: [1]

Polumjeri horizontalnih zavoja manji od 150 m, naglo povećavaju broj prometnih nezgoda, te ih je potrebno koristiti u što manjoj mjeri. Veći horizontalni zavoji povećavaju sigurnost prometa. Za sigurnost nije povoljno ni nizanje zavoja, kod kojih su velike razlike polumjera. Najprihvatljivije je da omjer većeg i manjeg polumjera bude u iznosu od 1,3-2,0.



Slika 7. Utjecaj polumjera zavoja na broj prometnih nezgoda

Izvor: [1]

Dovoljne duljine preglednosti potrebne su zbog mogućnosti zaustavljanja vozila ispred zapreka, te prilikom priključivanja vozila na glavnu cestu, kako bi se to priključivanje odvijalo bez ometanja drugog prometa. Duljine preglednosti su ustvari duljine zaustavnog puta vozila. Njihov utjecaj na broj prometnih nezgoda prikazan je tablicom 9.

Tablica 9. Utjecaj duljine preglednosti na broj prometnih nezgoda

Preglednost (m)	manje od 240	240 do 450	450 do 750	više od 750
Broj nezgoda na milijun kilometara	1,49	1,18	0,93	0,68

Izvor: [1]

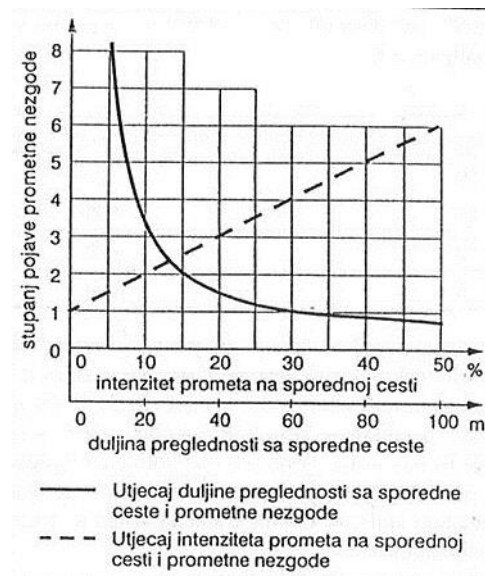
Stanje kolnika izravno utječe na koeficijent prijanjanja. Loše stanje kolnika, odnosno loša kvaliteta cestovnog zastora, nečistoće na kolniku, mokar kolnik, snijeg, led, nagib ceste i sl., utječu na smanjenje koeficijenta prijanjanja, čime se povećava mogućnost proklizavanja vozila. To obrnuto proporcionalno djeluje na broj prometnih nezgoda.

Tablica 10. Odnos koeficijenta prijanjanja i nastanka prometnih nezgoda

Koeficijent prijanjanja	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 (istrošena guma) ili greške vozača
manje od 0,70	Uzroci nezgode teško se mogu utvrditi, bilo da su nastale zbog greške na vozilu ili zbog greške vozača

Izvor: [1]

Od ukupnog broja prometnih nezgoda do kojih dolazi u gradovima, 40-50 % ih se dogodi u području križanja. Kako bi se taj broj smanjio potrebno je osigurati dobru preglednost križanja, jer smanjenjem preglednosti tri puta povećava se broj prometnih nezgoda za deset puta, i posebnu pažnju posvetiti regulaciji prometa. Najveća opasnost se pojavljuje kod vozila koja skreću ulijevo, stoga ih je potrebno posebno odvojiti.



Slika 8. Utjecaj duljine preglednosti u križanju na broj prometnih nezgoda

Izvoz: [1]

7. PRIJEDLOZI POBOLJŠANJA POJEDINIH ELEMENATA PROJEKTIRANJA PROMETNIH POVRŠINA U CILJU POVEĆANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Zbog konstantnog povećanja stupnja motorizacije i razvoja čitavog prometnog sustava, trenutna tehnološka i konstrukcijska postignuća nisu dovoljna kako bi se povećao, ili barem održao, zadovoljavajući stupanj sigurnosti. Kako je cesta predstavljena kao drugi najbitniji čimbenik sigurnosti, odmah iza čovjeka koji najviše utječe na sigurnost, kvalitetnom konstrukcijom, koja bi trebala biti u skladu s elementima projektiranja prometnih površina određenih pravilnicima, taj utjecaj se može znatno smanjiti.

7.1. Povećanje širine kolnika

Većina kolnika u Hrvatskoj izvedena je sa dva prometna traka suprotnih smjerova, jer takva izvedba zadovoljava postavljena opterećenja. Iz toga razloga odvajanje smjerova razdjelnim pojasom, koje se primjenjuje kod prometnica s većim intenzitetom prometa i koje bi uvelike povećalo sigurnost prometa, nije isplativo. Prema tome sigurnije odvijanje prometa na takvim cestama moglo bi se dobiti povećanjem minimalne širine prometnog traka na 3,00 m, i pri ostalim projektnim brzinama kako je prikazano u tablici 11.

Povećanje širine prometnog traka, uzrokovalo bi i povećanje širine rubnog traka. Tako bi minimalna širina rubnog traka koji se primjenjuje kada prometni trak iznosi 3,00 m, bila 0,30 m, čime bi se dobila ukupna širina kolnika, sa dva prometna traka, od 6,60 m. Prema tablici 6., takva promjena bi smanjila broj prometnih negoda na milijun prijeđenih kilometara sa 7,40 na 4,84.

Tablica 11. Prijedlog povećanja širine prometnog traka

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

7.2. Izgradnja biciklističkih staza

Broj turista u Hrvatskoj u konstantnom je porastu, a time i broj onih koji na odmor dolaze ili se na odmoru koriste biciklima. Kako je broj biciklističkih ruta malen i kako do određenih mjesta takvih ruta nema, biciklisti se uglavnom koriste cestovnim prometnicama i time ugrožavaju sigurno odvijanje prometa. Taj problem dovodi do potrebe za izgradnjom biciklističkih staza uz prometnice, koja bi se u najgoru ruku mogla postaviti kao proširenje kolničke konstrukcije, a ne kao izdignuta i ogradom odvojena površina kako se izvodi u gradovima. Na mjestima gdje takva primjena nije moguća potrebno je označiti alternativne rute koje mogu biti postavljene na raznim lokalnim i šumskim putevima.



Slika 9. Biciklisti na cesti

Izvor: <http://medimurje.info/wp/biciklizam/> (03.09.2016.)

7.3. Primjena kružnih raskrižja

Križanja su osnovni element funkcioniranja čitave prometne mreže i mjesta na kojima se dogodi, skoro svaka druga prometna nezgoda u gradu. Kao takva zahtijevaju najveću pažnju pri konstrukciji. Ukoliko se određeno križanje pokaže kao opasno, može se izvršiti njegova rekonstrukcija u kružno raskrižje, ako za to ima dovoljno prostora.

Prednosti primjene kružnih raskrižja:

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

Nedostatci kružnih raskrižja:

- dobro uklapanje u krajobraz.
- većim brojem tokova smanjuje se sigurnost
- manjak prostora za središnji otok
- problemi pri velikom intenzitetu pješačkog i biciklističkog prometa
- produljenje putanja vozila i pješaka



Slika 10. Prikaz kružnog raskrižja

Izvor: <http://opusteno.rs/> (03.09.2016.)

7.4. Uklanjanje uspornika

Funkcija uspornika ili poznato nazvanih „ležećih policajaca“ je usporiti vozila u područjima veće frekvencije pojave pješaka, područjima škola i sl.. Uspornici se rade od tvrdih materijela, obično od betona, ali se zbog održavanja, brzine postavljanja ili popravka se rabe i elastični materijali, kao što je guma.

Iako u pogledu funkcije, služe svrsi namjene, njihova primjena nije posve adekvatna, jer se u većini slučajeva, nakon postavljanja oni doslovno zaborave. Njihovo postavljanje često nije pravilno i u skladu s propisima, a ni održavanje i rekonstrukcija se ne provode dovoljno, te to dovodi do ugrožavanja sigurnosti prometa i oštećenja vozila. Iz tog razloga bi oni trebali biti uklonjeni i zamjenjeni nekim adekvatnijim elementima.



Slika 11. Primjer oštećenog uspornika

Izvor: <http://autostart.24sata.hr/> (03.09.2016.)

Kao zamjena za uspornike mogle bi se primjenjivati 3D slike, odnosno virtualni uspornici, barem dok se vozači, na iste, ne bi naviknuli. Na najkritičnijim područjima, umjesto uspornika, se mogu postaviti prometne kamere ili foto-radari, a kao kvalitetna alternativa bi poslužilo i izmicanje osi ceste, što bi natjeralo vozače da uspore.

8. ZAKLJUČAK

Unatoč teorijama da ljudski život nema cijenu, odnosno da je ta cijena važnija od svih materijalnih dobara i valuta, ne ulažu se dovoljna sredstva kako bi se to prikazalo i u praksi. Kvalitetna i zadovoljavajuća sigurnost cestovnog prometa košta i kao takvu je netko mora platiti, pa je iz tog pogleda i cijena ljudskog života ograničena na cijenu te sigurnosti, barem u sustavu prometa. Tu dolaze do izražaja sposobnosti i kvalitete prometnih stručnjaka, na kojima je dužnost da u okvirima tih troškova stvore dovoljno pouzdan i siguran sustav, kako bi se smanjile prometne nezgode.

Razdoblje između 2011. i 2020. godine proglašeno je desetljećem sigurnosti cestovnog prometa u kojem se nastoji utjecati na razmišljanja i stavove vozača prema vožnji i dati im drugačiji, odgovorniji, pogled na tu sigurnost. Iz pogleda na čovjeka kao glavnog uzročnika prometnih nezgoda, takve akcije bi mogle dovesti do poželjnih i potrebnih rezultata, ali iste ne mogu utjecati na nepravilnosti i nedostatke u konstrukciji prometnica, tj. prometne mreže.

Prema statističkim podacima, o broju prometnih nezgoda, se smatra da cesta kao čimbenik sigurnosti na njih utječe u malom postotku. Unatoč tome, istraživanja pokazuju da je njen utjecaj daleko veći i da iznosi preko 20%. U svrhu povećanja sigurnosti cestovnog prometa potrebno je voditi kvalitetnu i potpunu evidenciju o prometnim nezgodama, putem koje bi se zatim mogli analizirati određeni elementi ceste i ustanoviti njihov utjecaj na tu nezgodu. Nakon provedene analize, ako se određeno mjesto ustanovi kao opasno, moglo bi se pristupiti projektu rekonstrukcije.

Prema tome, na prometnim i drugim stručnjacima ostaje da se posvete analizama stanja trenutnih, te izradom prijedloga, analiza i provjera funkcionalnosti novih, kako elemenata ceste tako i elemenata vozila, koji bi bili u mogućnosti smanjiti broj prometnih nezgoda, te ako do nezgode i dođe, smanjiti posljedice. Tek u onom trenutku kada se ostvare uvjeti bez prometnih nezgoda, ili barem bez smrtno stradalih u prometnim nezgodama, može se reći da sustav funkcionira.

LITERATURA

1. Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
2. Legac, I.: Cestovne prometnice I – javne ceste, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
3. Legac, I: Raskrižja javnih cesta, Cestovne prometnice II., Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008.
4. Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti, NN 110/01.
5. Luburić, G.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1- radni materijal za predavanja, Fakultet prometnih znanosti, 2010.
6. Nastavni materijali s kolegija Cestovne prometnice I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, e-student

Internet stranice:

7. <http://wardsauto.com/data-insights>
8. <http://www.prometna-zona.com/>
9. <https://www.mup.hr/>
10. <http://www.sigurno-voziti.net/propisi/propisi01.htm>
11. http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_01_1_32.html

POPIS SLIKA

Slika 1. Karta autocesta i državnih cesta u Republici Hrvatskoj	4
Slika 2. Shematski prikaz elemenata poprečnog presjeka u pojasu autoceste.....	14
Slika 3. Način postavljanja vertikalne signalizacije	18
Slika 4. Kolobrani	19
Slika 5. Utjecaj traka za spora vozila na broj prometnih nezgoda.....	24
Slika 6. Utjecaj duljine ceste u pravcu na broj prometnih nezgoda.....	24
Slika 7. Utjecaj polumjera zavoja na broj prometnih nezgoda	25
Slika 8. Utjecaj duljine preglednosti u križanju na broj prometnih nezgoda.....	26
Slika 9. Biciklisti na cesti	28
Slika 10. Prikaz kružnog raskrižja	29
Slika 11. Primjer oštećenog uspornika	30

POPIS TABLICA

Tablica 1. Utjecaj širine prometnog traka na udaljenost bočne smetnje	9
Tablica 2. Ovisnost širine prometnog traka o projektnoj brzini.....	12
Tablica 3. Odnos širine rubog i prometnog traka	12
Tablica 4. Odnos širine bankine i prometnog traka.....	12
Tablica 5. Utjecaj koeficijenta sigurnosti na stupanj opasnosti	23
Tablica 6. Utjecaj širine kolnika na broj prometnih nezgoda.....	23
Tablica 7. Utjecaj intenziteta prometa na broj prometnih nezgoda.....	23
Tablica 8. Utjecaj širine bankine na broj prometnih nezgoda	24
Tablica 9. Utjecaj duljine preglednosti na broj prometnih nezgoda.....	25
Tablica 10. Odnos koeficijenta prijanjanja i nastanka prometnih nezgoda.....	25
Tablica 11. Prijedlog povećanja širine prometnog traka	27