

Koncipiranje i oblikovanje trakova za sporu vožnju

Fakleš, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:308029>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-24**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Martina Fakleš

KONCIPIRANJE I OBLIKOVANJE TRAKOVA ZA SPORU VOŽNJU

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

Zagreb, 20. travnja 2016.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3441

Pristupnik: **Martina Fakleš (0135189959)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Koncipiranje i oblikovanje trakova za sporu vožnju**

Opis zadatka:

U završnom radu treba dati pregled mjerodavne regulative vezano uz izvođenje trakova za sporu vožnju. Potrebno je objasniti kada i gdje se izvode trakovi za sporu vožnju, te prikazati oblikovna rješenja i mogućnosti izvedbe kako na dvotračnim cestama, tako i na autocestama te brzim cestama. Na kraju treba analizirati oblikovna rješenja i dati odgovarajuće preporuke.

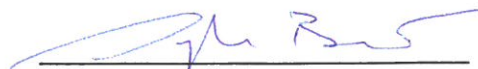
Zadatak uručen pristupniku: 16. ožujka 2016.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

KONCIPIRANJE I OBLIKOVANJE TRAKOVA ZA SPORU VOŽNJU

CONCEPT AND DESIGN OF SLOW LANES

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

Student: Martina Fakleš

JMBAG: 0135189959

Zagreb, svibanj 2017.

SAŽETAK

Zadnjih desetljeća prošlog stoljeća došlo je do povećanja prometa na cestovnim prometnicama. Velika gustoća prometa dovela je do potrebe uvođenja mjera povećanja kako protočnosti tako i sigurnosti kod odvijanja prometnih tokova. Uvođenje dodatnih trakova na pojedinim dionicama, također, podiže sigurnost prometa i propusnu moć prometnice. Trakovi za sporu vožnju omogućuju da spora vozila na uzbrdicama ili nizbrdicama ne ometaju ostali promet. Planira ih se na prometnicama gdje mjerodavni podaci ukazuju kako spora vozila ometaju ostali promet i time povećavaju mogućnost nastanka prometne nesreće.

Ključne riječi: dodatni prometni trak, sigurnost u prometu, trakovi za sporu vožnju

SUMMARY

In the last decade of the last century there was an increase of traffic on roads. The high density of traffic flows has led to measures to increase the traffic flow volumes and safety. Implementation of additional lanes on certain roads also increases traffic safety and capacity. Additional lanes prevent slow vehicles on uphill or downhill from disrupting other traffic. Slow lanes are planned on the roads where the relevant data suggest that slow vehicles obstruct other traffic and thus increase the possibility of a traffic accident.

Keywords: traffic flow, traffic safety, slow lanes

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREGLED MJERODAVNE REGULATIVE | 3 |
| 2.1. Hrvatski propisi | 3 |
| 2.2. Kanadski i američki propisi..... | 6 |
| 2.3. Usporedba vozno - dinamičkih kriterija..... | 8 |
| 3. PLANIRANJE TRAKOVA ZA SPORU VOŽNJU | 10 |
| 3.1. Razvoj prometnog planiranja | 10 |
| 3.2. Brzine koje uvjetuju odabir traka za sporu vožnju..... | 12 |
| 3.3. Planiranje trakova za sporu vožnju na autocestama i brzim cestama..... | 12 |
| 3.3.1. Brzina slobodnog toka na autocestama i brzim cestama..... | 12 |
| 3.3.2. Propusna moć prometnice autocesta i brzih cesta..... | 14 |
| 3.3.3. Razina usluge autocesta i brzih cesta | 14 |
| 3.3.4. Metodologija..... | 15 |
| 3.4. Planiranje trakova za sporu vožnju dvotračnih cesta..... | 16 |
| 3.4.1. Brzina slobodnog toka dvotračnih cesta | 16 |
| 3.4.2. Propusna moć dvotračnih cesta..... | 17 |
| 3.4.3. Razina usluge dvotračnih cesta | 18 |
| 3.4.4. Metodologija..... | 18 |
| 3.5. Oblikovanje trakova za sporu vožnju | 20 |
| 3.5.1. Klasifikacija uspona i zakrivljenosti..... | 21 |
| 3.5.2. Određivanje elemenata dodatnog traka za sporu vožnju..... | 22 |
| 4. IZVEDBA TRAKOVA ZA SPORU VOŽNJU NA DVOTRAČNIM CESTAMA | 23 |
| 5. IZVEDBA TRAKOVA ZA SPORU VOŽNJU NA AUTOCESTAMA I BRZIM CESTAMA | 25 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 27 |
| LITERATURA..... | 28 |
| POPIS SLIKA | 29 |
| POPIS TABLICA | 30 |

1. UVOD

Tema ovog završnog rada je koncipiranje i oblikovanje trakova za sporu vožnju. Trakovi za sporu vožnju uvode se na određenim dionicama kako bi se sporim vozilima, kao što su teretna vozila, omogućilo kretanje na način da ne ometaju druge sudionike u prometu.

Naime, s povećanjem prometa i broja vozila u cestovnom prometu sve više se govori o sigurnoj vožnji te mjerama kojima se može povećati sigurnost u prometu. Jedna od takvih mjera je uvođenje i dodatnog traka za spora vozila na cestama i autocestama gdje se za navedenim ukaže potreba.

Cilj rada Koncipiranje i oblikovanje trakova za sporu vožnju je prikazati koncept oblikovanja trakova za sigurnu vožnju te njihovu ulogu na cestama i autocestama. Rad je podijeljen u šest cjelina :

1. Uvod
2. Pregled mjerodavne regulative
3. Planiranje trakova za sporu vožnju
4. Izvedba trakova za sporu vožnju na dvotračnim cestama
5. Izvedba trakova za sporu vožnju na autocestama i brzim cestama
6. Zaključak

U drugom poglavlju obrađeni su zakonski propisi koji uvjetuju postavljanje trakova za sporu vožnju i uspoređena je mjerodavna regulativa u Americi i Kanadi u odnosu na Hrvatsku. Definirani su i opisani prometni trakovi za sporu vožnju te ovisnost smanjenja propusne moći u razine usluge o nužnosti predviđanju traka za sporu vožnju.

Prometno planiranje i metodologija opisani su u trećem poglavlju kao integrirani dio šireg procesa čiji su osnovni principi analiza, dijagnoza i terapija. Planiranje i projektiranje trakova za sporu vožnju uvjetuju vozno - dinamički i prometno tehnički kriteriji, a za dodavanje trakova za sporu vožnju mjerodavni utjecajni faktori su razina usluge, veličina prometa, struktura prometnog toka, poprečni presjek ceste i nagib nivelete.

Za analizu i pregled mjerodavne regulative korišteni su hrvatski, američki, i kanadski pravilnici o sigurnosti prometa na cestama, te američke smjernice HCM (Highway Capacity Manual) 2010 godine.

Svrha ovog rada je provjeriti koncipiranje i oblikovanje trakova za sporu vožnju u Republici Hrvatskoj i usporediti ih s karakterističnim primjerima iz drugih zemalja.

Odvijanje prometa u sigurnim okolnostima prioritet je brojnih razvijenih zemalja koje uočavaju važnost osiguranja prometa sukladno prometnim potrebama, gustoći prometa, stanju na cestama i sl. Hrvatska se ne može ubrojiti u države koje ulažu znatne napore i razvijaju projekte usmjerene prema osiguravanju maksimalne sigurnosti u prometu. Stoga je važno pojedine čimbenike koji mogu djelovati na sigurnost u prometu razmotriti unutar mogućih mjera poboljšanja njihovog stanja i kvalitete na pojedinim dionicama ceste

2. PREGLED MJERODAVNE REGULATIVE

Brojni su čimbenici o kojima ovisi protočnost i sigurnost na cestama, a među njih se ubrajaju i teška teretna vozila odnosno spora vozila koja se nalaze na cestama. Njihov negativan utjecaj na odvijanje prometa najviše dolazi do izražaja prilikom vožnje na dionicama većeg uzdužnog nagiba i rezultira smanjenjem brzine vozila koja se nalaze iza njih. Spora vozila sigurnosni su rizik te su potencijalni uzročnik prometnih nesreća na prometnicama s većim uzdužnim nagibom. Kako bi se povećala protočnost i sigurnost prometa na dionicama cesta s većim uzdužnim nagibom, najčešće se izvode trakovi za sporu vožnju jer je uvriježeno mišljenje da je to prometno i ekonomski najprihvatljivije rješenje.

Dionica ceste s trakom za sporu vožnju na uzbrdici ne smatra se trotračnom, nego dvotračnom cestom s pomoćnim dodatnim trakom. Dodatni trak isključivo je namijenjen sporijim vozilima koja koristeći se njime ne ometaju ostala brža vozila koja se kreću u istom smjeru osnovnim desnim prometnim trakom.¹ Dodatni trak predstavlja dio kolnika i odvojen je od osnovnog prometnog traka isprekidanom razdjelnom linijom.²

2.1. Hrvatski propisi

Prometni trak za sporu vožnju može se definirati kao obilježeni uzdužni dio kolnika koji je namijenjen za vozila koja sporom vožnjom smanjuju protočnost prometa.³ Zakonom o sigurnosti prometa na cestama⁴, također, je definiran prometni trak za sporu vožnju.

Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa propisuje da na odsječcima cesta s većim uzdužnim nagibima spora teretna vozila nepovoljno djeluju na odvijanje prometa. Zbog smanjene brzine vozila dolazi do umanjenja razine usluge i sigurnosti prometa te može doći i do smanjenja propusne moći. Ovi negativni utjecaji mogu se smanjiti ako se primjene dodatni prometni trakovi.

Ako veličina uzdužnog nagiba i njegova dužina dovedu do smanjenja tražene propusne moći i razine usluge ili ako brzina mjerodavnog teretnog vozila poradi utjecaja uzdužnog nagiba padne ispod minimalne brzine V_n (tablica 1), nužno je

¹ URL :https://bib.irb.hr/datoteka/592393.MustapicVajdicStankovic_Trak_za_spora_vozila.pdf
(pristupljeno ožujak,2017.)

² Ibidem.

³ URL: <http://www.prometna-zona.com/pojmovi-cestovnog-prometa/> (pristupljeno: ožujak 2017.)

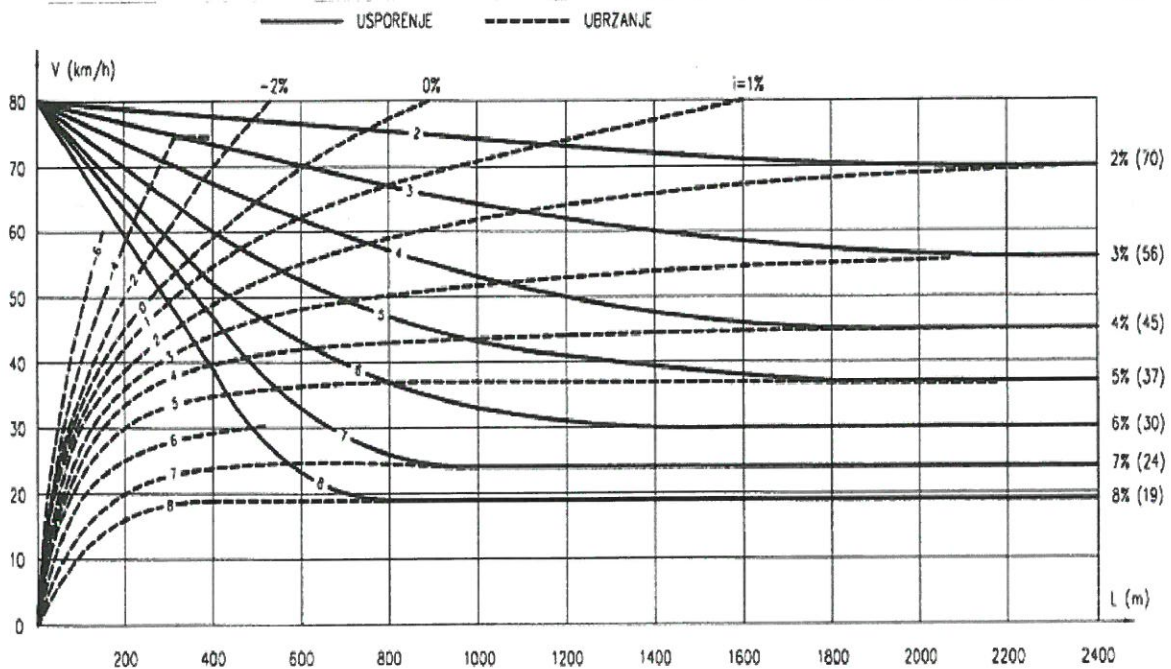
⁴ Zakon o sigurnosti prometa na cestama, NN [67/08](#), [48/10](#), [74/11](#), [80/13](#), [158/13](#), [92/14](#), [64/15](#)

predvidjeti dodatni trak za sporu vožnju. Postupak provjere potrebe za dodatnim trakom provodi se provjerom propusne moći i provjerom brzine mjerodavnog teretnog vozila. Dodatni trak u pravilu se primjenjuje kod autocesta i cesta 1. i 2. razreda dok se kod ostalih cesta primjenjuje u iznimnim situacijama.

Prema hrvatskim propisima potreba za izvođenjem dodatnog traka za sporu vožnju određuje se na temelju dva kriterija: prometno – tehničkog i vozno - dinamičkog.

Prometno-tehnički kriterij služi za provjeru propusne moći ceste pri traženoj razini usluge. Ako je na taj način utvrđena propusna moć manja od prometnog opterećenja u mjerodavnom vršnom satu na kraju projektnog perioda, treba se predvidjeti dodatni trak za sporu vožnju. Mjerodavni vršni sat propisuje se projektnim zadatkom, a najčešće je predstavljen 100-tim satom. Ukoliko nema podatka o prometu 100-tog sata, može se usvojiti mjerodavno vršno satno opterećenje u iznosu od 10-12% PGDP-a.⁵

Ako se usvoji dodatni trak po navedenom kriteriju, mora se provjeriti propusna moć ceste s dodatnim trakom. Slika 1 prikazuje brzinu sporog vozila na uzdužnim nagibima.



Slika 1. Brzina sporog vozila na uzdužnim nagibima

Izvor [5]

⁵ Narodne novine, *Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa*, NN 110/01

Vozno - dinamički kriterij provjere brzine određuje se prema slici 1, odnosno prema brzini mjerodavnog teretnog vozila na usponu. Ako je ona manja od brzine V_n prema tablici 1, treba predvidjeti dodatni trak za sporu vožnju.⁶

Tablica 1. Vozno - dinamički kriterij provjere brzine

| Računska brzina V_r [km/h] | Najmanja brzina vozila u prometnom traku V_n [km/h] | Kritična brzina V_k [km/h] |
|------------------------------|---|------------------------------|
| ³ 120 | 45 | 55 |
| 100 | 40 | 50 |
| 80 | 35 | 45 |
| 60 | 30 | 40 |

Izvor: [5]

Za razliku od klasičnog izmicanja sporih vozila na dodatni desni trak, u suvremenim rješenjima ona zadržavaju svoju putanju, a brža vozila ih uobičajeno pretječu s lijeve strane.⁷

Dodatni trak počinje na mjestu gdje brzina teretnog vozila padne na brzinu V_k prema tablici 1, a završava na mjestu gdje brzina naraste na V_k . Na autocestama i cestama 1. razreda duljina dodatnog traka ne smije biti kraća od 800 metara. Dva uzastopna dodatna traka spajaju se u jedan ukoliko im je međusobna udaljenost manja od 500 metara za autoceste i ceste 1. razreda te manja od 300 metara za sve ostale ceste. Minimalna širina dodatnog traka je 3,00 metara.

Za prometni smjer u padu primjenjuje se slijedeći kriterij utvrđivanja potrebe za dodatnim trakom⁸:

- ako je uzdužni nagib kod autoceste veći od 4%, a postoji potreba za dodatnim trakom na usponu dužine $L \geq 500$ [m], tada se trak za sporu vožnju predviđa i na padu
- ako je uzdužni nagib kod ceste 1. i 2. razreda veći od 5%, a postoji potreba za dodatnim trakom na usponu dužine $L \geq 500$ [m], tada se trak za sporu vožnju predviđa i na padu.

⁶ Ibidem strana 4

⁷ Legac, I.: *Cestovne prometnice 1*. Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., str. 47

⁸ Ibidem.

2.2. Kanadski i američki propisi

Prema preporukama Kanadskog prometnog udruženja (Transportation Association of Canada - TAC ATC) i Američke udruge državnih cesta i prometa (American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO) smanjenje brzine i prometno opterećenje glavni su kriteriji na temelju kojih se donosi odluka o izvedbi traka za sporu vožnju. Glavni čimbenici za određivanje smanjenja brzine su veličina nagiba uspona, duljina uspona i omjer mase i snage referentnog vozila. Pojam kritične duljine uspona služi kao pokazatelj maksimalne duljine projektiranog uspona na kojem se teško teretno vozilo može kretati bez značajnijeg smanjenja brzine.

Ako je duljina uspona veća od kritične, potrebno je pomaknuti trasu da bi se smanjili nagibi uspona ili dodati dodatni prometni trak. Podaci za kritične duljine uspona koriste se (zajedno s ostalim čimbenicima, primjerice, odnosa prometnog opterećenja i kapaciteta prometnice) kako bi se odredila potreba za izvođenjem traka za sporu vožnju.⁹

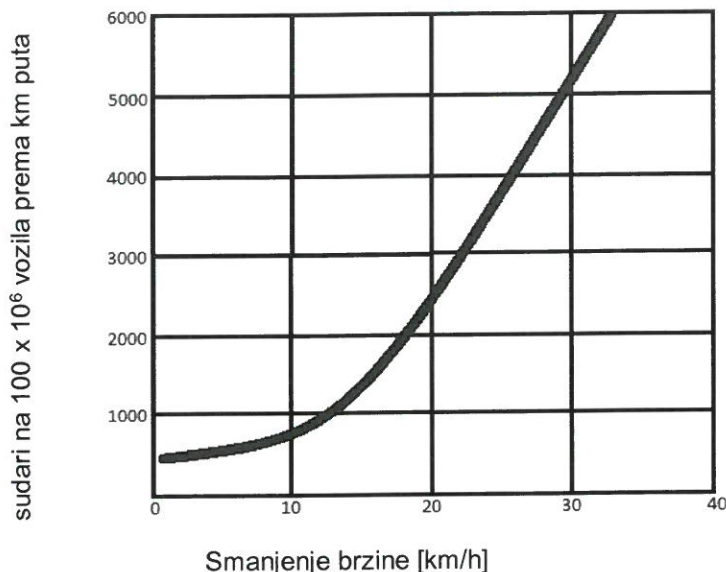
Parametri za određivanje kritične duljine uspona u američkim propisima su:

- omjer mase i snage referentnog teretnog vozila – empirijskim istraživanjima AASHTO predloženo je referentno teretno vozilo s omjerom mase i snage od 180 [g/W]
- brzina vozila pri ulasku u područje kritične duljine uspona (dolazna brzina) – pretpostavlja se očekivana brzina prometnice s time da se ona smanjuje ili povećava ovisno o tome da li je pristup u području kritične duljine uspona na uzbrdici, nizbrdici ili na ravnom području
- minimalna brzina teretnog vozila na usponu koja ne ometa ostala vozila koja se nalaze iza njega – osnova za određivanje kritične duljine uspona je smanjenje brzine teških teretnih vozila ispod njihove prosječne brzine.

Empirijskim istraživanjima koje je proveo TAC ATC (slika 2) utvrđeno je da smanjivanjem prosječne brzine vožnje teških teretnih vozila za više od 15 [km/h] uvelike raste njihov udio u prometnim nesrećama. Na temelju navedenog se preporučuje da se kao projektni parametar za određivanje kritične duljine uspona uzima smanjenje brzine od 15 [km/h].¹⁰

⁹ Ibidem strana 5

¹⁰ Ibidem strana 5



Slika 2. Udio teških teretnih vozila u prometnim nesrećama zavisno o smanjenu njihove brzine vožnje

Izvor: Geometric Design Guide for Canadian Roads, by Transportation Association of Canada, Ottawa, 1999., chapter 2.1.8.

U obzir treba uzeti i prometno opterećenje prometnice jer kod prometnica s malim prometnim opterećenjem posljedice smanjenja brzine teških teretnih vozila minimalne su, a to znači da nije potrebno izvoditi trak za spora vozila. Trak za sporu vožnju poželjno je izvoditi na dionicama cesta gdje je nemoguće izbjeći značajnije smanjenje brzina teških teretnih vozila. Trakovi za sporu vožnju posebno su poželjni na dvotračnim cestama s većim prometnim opterećenjem koje je blizu kapaciteta prometnice te se izvedbom pomoćnog traka uvelike doprinosi povećanju postojećeg kapaciteta prometnice.¹¹

Trak za sporu vožnju može biti opravdan i samo poradi sigurnosnih razloga, bez obzira na veličinu nagiba uspona ili na prometno opterećenje. Navedeno je često kod strmih zavojitih prometnica s nedovoljnom preglednošću za pretjecanje. Kod takvih prometnica je povećan rizik od pojave prometnih nesreća.¹²

AASHTO ima tri glavna kriterija koje treba zadovoljiti da bi se opravdala izvedba traka za sporu vožnju na određenoj dionici ceste¹³:

1. Ukupni prometni tok u usponu na navedenoj dionici iznosi minimalno 200 [voz/h]

¹¹ Ibidem strana 5

¹² Hauer E., Should safety be incorporated in the HCM and if yes, how?, presented at the Transportation Research Board Annual Meeting, USA, 1996

¹³ AASHTO : A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington DC, str. 247 – 254, 2001.

2. Ukupni broj teških teretnih vozila na navedenoj dionici u usponu iznosi [20 voz/h]
3. Mora biti zadovoljen jedan od tri potkriterija:
 - očekivano smanjenje brzine teških teretnih vozila je veće od 15 [km/h]
 - razina usluge prometnice na dionici u usponu je E ili F
 - očekivano je smanjenje za dva ranga ili više razine usluge prometnice prilikom nailaska na uspon

Osim navedenih kriterija, treba uzeti u obzir i ekonomske čimbenike. Izvedba traka za sporu vožnju moguća je i na autocestama u situacijama kada se očekuju značajne razlike u brzinama između osobnih i teretnih vozila. Poradi sigurnosnih razloga u takvim se situacijama izvode trakovi za sporu vožnju. Dokazano je da izvedba trakova za sporu vožnju povećava sigurnost prometa.

Trak za sporu vožnju preporuča se i na urbanim prometnicama, u situacijama kada je prometno opterećenje veliko u odnosu na kapacitet prometnice ili u situacijama kada su ceste u usponu većih nagiba. Na taj se način sprječava stvaranje kolona vozila u urbanim sredinama.

2.3. Usporedba vozno - dinamičkih kriterija

Ako se usporede dijagrami brzine hrvatskih i kanadskih propisa, može se uočiti da se u dijagramu iz hrvatskih propisa javljaju nešto veće brzine nakon usporavanja ili ubrzanja vozila na usponu, nego što su one u kanadskim propisima. Primjerice, na usponu od 3% po kanadskim propisima vozilo će nakon 2000 [m] smanjiti brzinu vožnje na oko 43 [km/h] dok po hrvatskim propisima ta brzina iznosi oko 56 [km/h]. Navedena razlika proizlazi iz činjenice da se u Kanadi i SAD-u za mjerodavno vozilo uzimaju nešto teža vozila dok se u Europi uzima nešto lakše teretno vozilo.

Također, postoji razlika i u dolaznoj brzini. U kanadskim i američkim propisima uzima se dolazna brzina od 95 [km/h] (zato što je to najčešća izmjerena brzina vožnje na otvorenim cestama u Kanadi i SAD-u), a ta se brzina smanjuje ili povećava ovisno o tome da li je pristup u području kritične duljine uspona na uzbrdici, nizbrdici ili na ravnom terenu. Smanjenje ili povećanje dolazne brzine dovodi do skraćivanja ili produženja duljina uspona. Nadalje, dolazna brzina može biti smanjena i poradi gustoće prometnog toka, male tehničke brzine vozila, nedovoljne preglednosti ili zbog propisanog ograničenja brzine. Prema hrvatskim propisima za dolaznu brzinu uzima se ona od 80 [km/h], a ona se isto smanjuje ili povećava ovisno o čimbenicima koji su uzeti u obzir u kanadskim i američkim propisima.

Tako značajna razlika u dolaznim brzinama između kanadskih, američkih i hrvatskih propisa proizlazi iz različitih pristupa određivanju najveće dopuštene brzine

vozila. U Americi i Kanadi vrlo često se koristi tzv. „pravilo 85-tog percentila“ za određivanje najveće dopuštene brzine vozila na cestama. Navedeno je utemeljeno na tome da prometni propisi koji odražavaju ponašanje većine vozila u prometu imaju bolju učinkovitost od onih propisa koji isključivo kažnjavaju većinu vozača i potiču prometne prekršaje.¹⁴

U europskoj prometnoj regulativi prisutan je potpuno drugačiji pristup određivanju najveće dopuštene brzine vozila. Ona se ne prilagođava brzini vožnje većine vozača, već se određuje isključivo na temelju projektne brzine i eventualnih vanjskih (sigurnosnih) čimbenika.

Razlika u dolaznim brzinama između kanadskih, američkih i hrvatskih propisa rezultira i različitom izraženošću potrebe izgradnje trakova za sporu vožnju. Razlog tome je što manja dolazna brzina iziskuje veću potrebu za izgradnjom traka za sporu vožnju. To rezultira time da će se na dionici prometnice jednakih geometrijskih karakteristika i jednakog prometnog opterećenja poradi razlike u pristupu određivanju dolazne brzine u Hrvatskoj pokazati potreba za izradom traka za sporu vožnju dok u SAD-u i Kanadi neće.

¹⁴ The Federal Highway Administration (FHWA): *Maximizing Safety and Efficient Operations for the Highway User*, Washington DC, 1998.

3. PLANIRANJE TRAKOVA ZA SPORU VOŽNJU

Prometno planiranje je integrirani dio šireg procesa planiranja. U prošlosti se često mislilo da rješenja u prometu predstavljaju jedini način za rješenje prometnih problema. Međutim, danas je uvriježeno mišljenje da prometno planiranje mora biti proučavano u interakciji s planiranjem namjene površina, a to zahtjeva multidisciplinarni pristup analizi.¹⁵

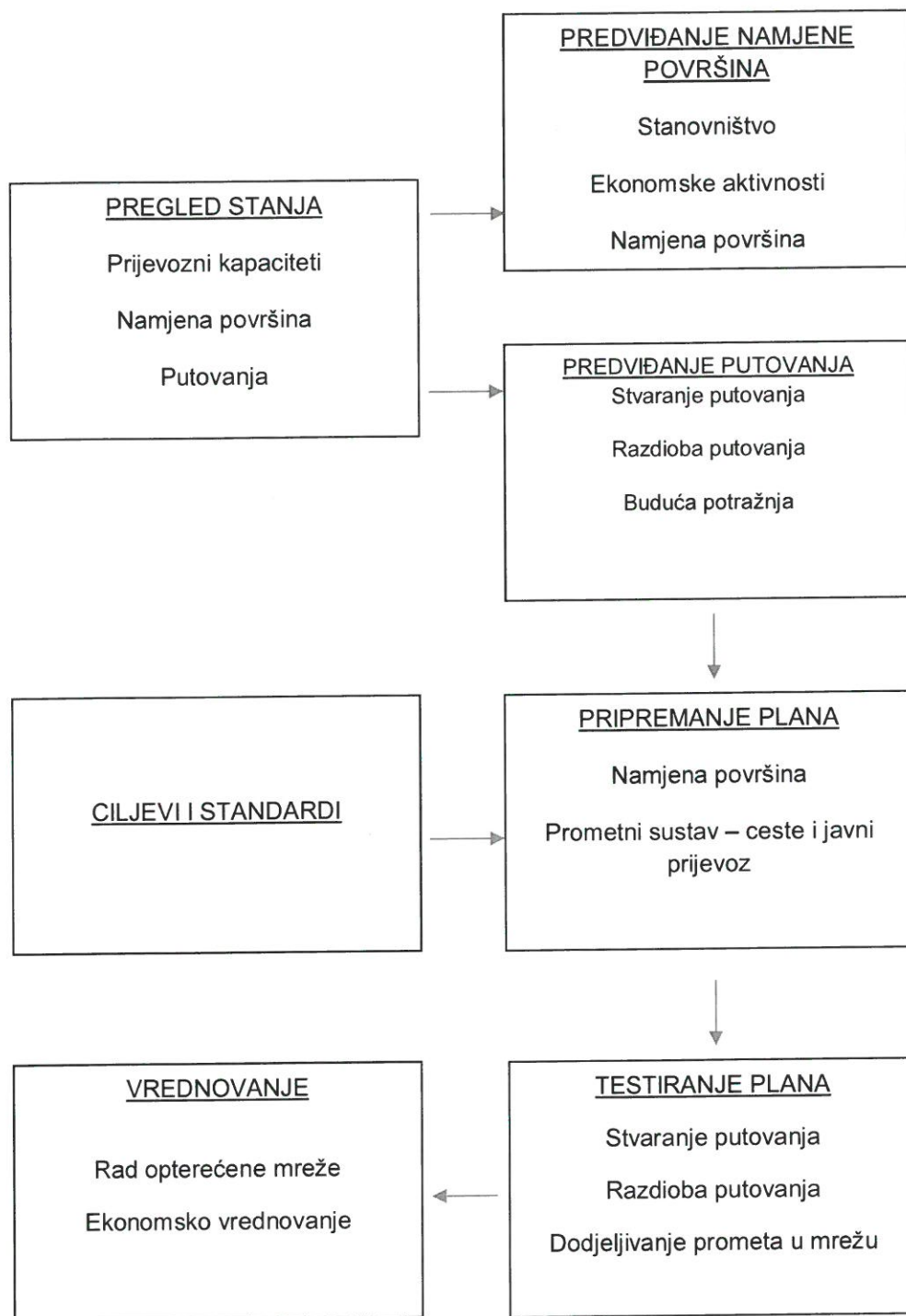
3.1. Razvoj prometnog planiranja

Sustavno istraživanje prometa u svijetu se počelo provoditi prije pedesetak godina, a razlog tome je bio napredak tehnologije i nagli porast broja prijevoznih sredstava što je dovelo do daljnjeg razvoja gradova i značajnog ulaganja u prometnu infrastrukturu. Razvijanje postupka prometnog planiranja posljedica je naglog razvoja gradova i tehnološkog napretka, ali i povećanja broja vozila i broja putovanja. Također, razvoju prometnog planiranja pridonijela su velika ulaganja u prometnu infrastrukturu, opći i društveni interes za kvalitetom prometne povezanosti, neusklađeni odnosi između ponude i potražnje za prijevozom te neusklađeni odnosi između korištenja različitih oblika prijevoza. Uz poboljšanje kvalitete i sigurnosti odvijanja prometnih tokova, optimalnim rješenjem prometne povezanosti i korištenja prijevoznih sredstava, djeluje se i na jačinu buke, čistoću zraka i vodotoka, očuvanje zelenih površina, vrijednosti krajolika te smanjenje troškova prijevoza.

Prvi počeci planiranja temeljili su se na jednostavnom ekspaniranju dotadašnjih stopa rasta prometa i shematskom prikazu prostorne razdiobe putovanja u obliku tabelarnih prikaza o izvorištima i odredištima putovanja. Počeci kvalitetnijeg pristupa prometnom planiranju počinju otkrićem veze između namjene površine i putovanja.¹⁶

¹⁵ Cvitanić, D.: *Prometna tehnika*, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, URL: <http://e-ucenje.gfmo.ba/predmeti/attachments/article/2106/prometnatehnikazaweb2.pdf> (pristupljeno: ožujak 2017).

¹⁶ Ibidem.



Slika 3. Postupak izrade prometnog plana

3.2. Brzine koje uvjetuju odabir traka za sporu vožnju

Projektna brzina V_p [km/h] je najveća brzina pri kojoj je sigurnost vožnje u slobodnom prometnom toku i optimalnim uvjetima potpuno osigurana. Ona određuje najmanji polumjer horizontalnog zavoja, poprečni presjek ceste i najveći uzdužni nagib trase.

Računska brzina V_r [km/h] je najveća očekivana brzina koju vozilo u slobodnom prometnom toku može ostvariti uz dovoljnu sigurnost vožnje na određenom dijelu ceste u skladu s prihvaćenim modelom njezina ustanovljavanja. Ona određuje poprečni nagib kolnika u zavoju, polumjer vertikalnog zavoja, minimalni polumjer zavoja s nagibom na suprotnu stranu te duljinu preglednosti.

Dolazna brzina V_d [km/h] je brzina mjerodavnog vozila koju ima prilikom ulaska u područje kritične duljine uspona koja ovisi o horizontalnoj i vertikalnoj geometriji prometnice, prometnom opterećenju i zakonskom ograničenju brzine.

3.3. Planiranje trakova za sporu vožnju na autocestama i brzim cestama

3.3.1. Brzina slobodnog toka na autocestama i brzim cestama

Brzina slobodnog toka FFS (free flow speed) [km/h] direktno utječe na propusnu moć prometnice i može se odrediti sljedećim izrazom;

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - 3.22 TRD^{0.84} \quad (1)$$

Gdje oznake imaju sljedeće značenje;

FFS - brzina slobodnog toka [km/h]

$BFFS$ - osnovna brzina slobodnog toka [km/h]

f_{LW} - redukcijski čimbenik osnovne brzine toka zbog širine prometnog traka i bankine / rubnog traka [km/h]

f_{LC} - redukcijski čimbenik osnovne brzine toka zbog bočnih smetnji [km/h]

TRD - ukupna gustoća ulazno izlaznih rampi [rampe / km]

Osnovna brzina slobodnog toka obično pokriva raspon između 88.5 [km/h] i 120.7 [km/h], ali se uzima vrijednost od 121.34 [km/h] kao referentna jer su izračunate

vrijednosti prema toj brzini bile najbliže podacima dobivenim mjerenjem na terenu 2008.¹⁷

Kod redukcijskog čimbenika osnovne brzine toka zbog širine prometnog traka i bankine / rubnog traka navodi se da je standardna širina ≥ 3.65 [m]. Ukoliko je ta širina niže vrijednosti tada su prilagođene vrijednosti redukcijskih čimbenika za takve slučajeve i prikazane tablici 2.

Tablica 2. Prilagođeni redukcijski čimbenici za vozne trakove uže od 3.65 [m]

| Prosječna širina voznog traka [m] | Prilagođeni redukcijski čimbenik f_{LW} [km/h] |
|-----------------------------------|--|
| ≥ 3.65 | 0.0 |
| $\geq 3.35 - 3.65$ | 1.9 |
| $\geq 3.04 - 3.35$ | 6.6 |

Kod redukcijskog čimbenika zbog bočnih smetnji također je važno napomenuti da je standardna udaljenost 1.82 [m] ili veća. To je udaljenost mjerena od desnog ruba voznog traka do najbliže bočne zapreke. Te bočne zapreke mogu biti kontinuirane (betonska ograda, zaštitni zid od buke, granična ograda) ili povremene (svjetlosna signalizacija, ograde mostova i sl.). Prilagođene vrijednosti redukcijskog čimbenika zbog bočnih smetnji u slučaju da je udaljenost manja od uobičajene prikazane su u tablici 3.

Tablica 3. Prilagođeni redukcijski čimbenici za udaljenosti manje od standardnih

| Izmjerena udaljenost [m] | Trakovi u jednom smjeru | | | |
|--------------------------|-------------------------|-----|-----|----------|
| | 2 | 3 | 4 | ≥ 5 |
| ≥ 1.82 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1.52 | 0.6 | 0.4 | 0.2 | 0.1 |
| 1.22 | 1.2 | 0.8 | 0.4 | 0.2 |
| 0.91 | 1.8 | 1.2 | 0.6 | 0.3 |
| 0.61 | 2.4 | 1.6 | 0.8 | 0.4 |
| 0.30 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 0.5 |
| 0.00 | 3.6 | 2.4 | 1.2 | 0.6 |

TRD odnosno gustoća ulaznih i izlaznih rampi je omjer zbroja ulaznih i izlaznih rampi na udaljenosti od 4.82 [km] u jednom i drugom smjeru od središnje točke promatranog segmenta i ukupne duljine promatranog segmenta – 9.65 [km]

Faktor vršnog sata na autocestama je u rasponu od 0.85 do 0.98.

¹⁷ Transportation research board: Highway capacity manual, Washington DC, 2010.

3.3.2. Propusna moć prometnice autocesta i brzih cesta

Propusna moć (kapacitet prometnice) je tradicionalno definiran prema pojedinim kapacitetima elemenata koji čine prometnicu ali kako se ti pojedini elementi sustavno povezuju u cjelinu komplicirano je egzaktnim izrazom odrediti propusnu moć te se ona determinira konceptualnim pristupom koji određuje vrijednost osnovne propusne moći odnosno kapaciteta.

Osnovna propusna moć predstavlja najveće prometno opterećenje koje može proći promatranim presjekom promatranog prometnog traka tijekom zadanog vremenskog intervala pod prevladavajućim okolnim i prometnim uvjetima.

Propusna moć višetravnih brzih cesta iznosi 2200 [voz/h/trak] za brzinu slobodnog toka 97 [km/h] odnosno 2100 [voz/h/trak] za brzinu slobodnog toka 89 [km/h].

3.3.3. Razina usluge autocesta i brzih cesta

Razina usluge je mjera koja opisuje operativne uvijete prometnog toka a ovisi o

- brzini vožnje
- vremenu putovanja
- slobodi manevriranja
- prekidima u prometu
- sigurnosti i udobnosti vožnje
- ekonomičnosti

Razina usluge na dionici određena je gustoćom prometa koja opisuje udaljenost između vozila i slobodom manevriranja unutar prometnog toka. Postoji šest definiranih razina usluge (LOS – Level of service) pri čemu oznaka za razinu usluge A određuje najbolje operativne uvijete a razina usluge F najlošije.

Razina usluge A – opisuje slobodni prometni tok , gustoća prometa je niska 6 vozila po km, a operativna brzina je u najvećem rasponu.

Razina usluge B – tok je stabilan, gustoća je 12 [voz / km], a operativna brzina 89 [km/h]. Posljedice eventualnih incidenata su „lako probavljive“ za promet i ne utječu negativno na normalno odvijanje prometa.

Razina usluge C – tok je još uvijek stabilan ali je sloboda manevriranja lagano ograničena, gustoća je 22 [voz/km]

Razina usluge D – tok se približava nestabilnoj razini i gustoća prometa raste na 31 [voz/km], sloboda manevriranja je ograničena dok bi eventualni manji prometni incidenti mogli izazvati kolonu.

Razina usluge E – opisuje puni kapacitet prometnice, malo je slobode u manevriranju i odabiru brzine kretanja, gustoća vozila je 47 [voz/km], a vjerojatnost nesreće je velika.

Razina usluge F – predstavlja nestabilan tok, odnosno njegovu točku pucanja koja nastaje zbog prevelike gustoće vozila 93 [voz/km], a koja je uzrokovana nesrećom, spajanjem trakova usred incidenata.

Razina usluge bilo koje dionice može se definirati kroz gustoću toka koja predstavlja odnos intenziteta prometnog toka i srednju brzinu toka.

3.3.4. Metodologija

Kako bi se provela analiza i isplanirala potreba za dodatnim voznim trakom potrebno je imati sljedeće ulazne podatke:

- broj, širina trakova i širina manevarskog prostora
- ukupna gustoća ulazno izlaznih rampi
- postotak teških teretnih vozila, autobusa i rekreacijskih vozila
- faktor vršnog sata
- čimbenik vozačke populacije

Nadalje, potrebno je odrediti brzinu slobodnog toka prema navedenoj formuli (1) ili istu dobiti mjerenjima na terenu.

Faktor vršnog sata je na brzim cestama i autocestama 0.85 – 0.98, a čimbenik vozačke populacije 1.00. Nakon što su svi navedeni elementi definirani i iskazani potrebno je odrediti i redukcijski čimbenik za teretna vozila prema sljedećem izrazu:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T (E_T - 1) + P_R (E_R - 1)} \quad (2)$$

Gdje je ;

f_{HV} – redukcijski čimbenik za teretna vozila

P_T – postotak teških teretnih vozila u prometu

P_R – postotak rekreacijskih vozila u prometu

E_T – ekvivalent automobila jednom teretnom vozilu

E_R – ekvivalent automobila jednom rekreacijskom vozilu

Postotci teretnih i rekreacijskih vozila definirani su HCM pravilnikom

Da bi mogli proizvesti zaključak potrebno je na poslijetku pretvoriti postojeće prometno opterećenje u intenzitet prometnog toka prema sljedećem izrazu:

$$v_p = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_p} \quad (3)$$

Gdje oznake imaju sljedeće značenje ;

v_p – intenzitet prometnog toka [vozila/sat/trak/]

V – zadani obujam prema uvijetima [voz/h]

PHF – faktor vršnog sata

N – broj trakova

f_{HV} – redukcijski čimbenik zbog prisutnosti teretnih vozila unutar toka

f_p – redukcijski čimbenik vozačke populacije

Dobiveni intenzitet prometnog toka uspoređuje se osnovnim kapacitetom, ukoliko je njegova vrijednost dokazana je razina usluge F i iskazana je potreba za dodatnim trakom. Ukoliko je dobiveni intenzitet manji ili jednak brzina, gustoća toka i razina usluge nas mogu uputiti na potrebu za dodavanjem traka za sporu vožnju.

3.4. Planiranje trakova za sporu vožnju dvotračnih cesta

Kod dvotračnih cesta karakteristično je da u proračunima prometno opterećenje suprotnog smjera utječe na razinu usluge promatranog smjera indirektno i na planiranje trakova za sporu vožnju.

3.4.1. Brzina slobodnog toka dvotračnih cesta

Ukoliko se brzina slobodnog toka na dvotračnim cestama ne može izmjeriti koristi se sljedeći izraz:

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A \quad (4)$$

Gdje oznake imaju sljedeće značenje;

FFS - brzina slobodnog toka [km/h]

$BFFS$ - osnovna brzina slobodnog toka [km/h]

f_{LS} - redukcijski čimbenik osnovne brzine toka zbog širine prometnog traka i bankine / rubnog traka [km/h]

f_{LC} - redukcijski čimbenik osnovne brzine toka zbog broja pristupa duž promatrane dionice ceste [km/h]

Vrijednost osnovne brzine slobodnog toka dobiva se dodavanjem 16.01 [km/h] na zakonski ograničenu visinu brzine na promatranoj dionici.

Redukcijski čimbenik zbog širine prometnog traka prikazan je u tablici 4, a redukcijski čimbenik zbog broja pristupa u tablici 5.

Tablica 4. Redukcijski čimbenik osnovne brzine toka zbog širine prometnog traka i bankine / rubnog traka

| Širina traka [m] | Redukcijski čimbenik [km/h] | | | |
|------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------|
| | Širina bankine / rubnog traka [m] | | | |
| | ≥ 0.0 < 0.6 | ≥ 0.6 < 1.2 | ≥ 1.2 < 1.8 | ≥ 1.8 |
| 2.7 < 3.0 | 10.3 | 7.7 | 5.6 | 3.5 |
| ≥ 3.0 < 3.3 | 8.5 | 5.9 | 3.8 | 1.7 |
| ≥ 3.3. < 3.6 | 7.5 | 4.9 | 2.8 | 0.7 |
| ≥ 3.6 | 6.8 | 4.2 | 2.1 | 0.0 |

Tablica 5. Redukcijski čimbenik osnovne brzine toka zbog broja pristupa duž promatrane dionice ceste

| Broj pristupa [km] | Redukcijski čimbenik [km/h] |
|--------------------|-----------------------------|
| 0 | 0.0 |
| 6 | 4.0 |
| 12 | 8.0 |
| 18 | 12.0 |
| ≥ 24 | 16.0 |

3.4.2. Propusna moć dvotračnih cesta

Propusna moć na dvotračnoj cesti u osnovnim uvjetima je 1700 vozila po satu u jednom smjeru sa ograničenjem na 3200 vozila po satu u oba smjera zbog međusobne interakcije smjerova.

3.4.3. Razina usluge dvotračnih cesta

Razinu usluge na dvotračnim cestama određuju sljedeći kriteriji;

1. ATS (Average travel speed) - prosječna brzina putovanja predstavlja duljinu dionice ceste podjeljenu s prosječnim vremenom putovanja svih vozila na promatranoj dionici u određenom vremenskom periodu.
2. PTSF (Percent time spent following) - postotak vremena slijeđenja predstavlja slobodu manevriranja odnosno prosječni postotak vremena koje vozila provedu vozeći u koloni iza sporijih vozila, zbog nemogućnosti pretjecanja
3. PFFS (Percent of a free flow speed) - postotak brzine slobodnog toka

Dvotračne ceste klase I predstavljaju ceste na kojima vozači očekuju da će ostvariti relativno velike brzine putovanja i predstavljaju primarnu cestovnu mrežu između većih gradova. Razina usluge kod cesta klase I određuje se na temelju kriterija 1 i 2.

Dvotračne ceste klase II su one na kojima vozači ne očekuju postizanje velike brzine putovanja i najčešće su lokalnog karaktera i služe kao pristupne ceste cestama klase I. Razinu usluge na takvim cestama određuje se preko kriterija 2.

Dvotračne ceste klase III nalaze se u umjereno razvijenim sredinama, mogu biti sastavni dijelovi cesta klase I ili II koje prolaze kroz manje gradove i turistička područja, kod njih se razina usluge određuje prema kriteriju 3. Tablica 6 prikazuje razinu usluge za dvotračne ceste.

Tablica 6. Razina usluge za dvotračnu cestu

| Razina usluge | Dvotračna cesta klase I | | Dvotračna cesta klase II | Dvotračna cesta klase III |
|---------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| | Prosječna brzina putovanja [km/h] | Postotak vremena slijeđenja [%] | Postotak vremena slijeđenja [%] | Postotak brzine slobodnog toka [%] |
| A | >90 | ≤35 | ≤40 | >91.7 |
| B | >80-90 | >35-50 | >40-55 | >83.3-91.7 |
| C | >70-80 | >50-65 | >55-70 | >75.0-83.3 |
| D | >60-70 | >65-80 | >70-85 | >66.7-75.5 |
| E | ≤60 | >80 | >85 | ≤66.7 |

3.4.4. Metodologija

Ulazni podatci za analizu i proračun razine usluge su:

- klasa dvotračne autoceste
- širina prometnog traka

- širina bankine s rubnim trakom
- gustoća priključaka na cestu
- postotak uzdužnog nagiba
- postotak zona u kojima pretjecanje nije moguće
- osnovna brzina prometnog toka
- broj vozila po satu
- duljina analiziranog perioda
- faktor vršnog sata
- raspodjela prometnih tokova po smjerovima
- postotak teških vozila

Najprije treba odrediti brzinu slobodnog toka prema izrazu broj 4, a ona je najčešće u vrijednostima od 70 do 110 [km/h].

Sljedeći koraci se izvode ukoliko se određuje razina usluge za ceste klase I i III, ako se radi o cesti klase II ovi koraci se preskaču.

Prosječna brzina putovanja određuje se iz brzine slobodnog toka, zbroja intenziteta prometnog toka u oba smjera i postotka zona u kojima nije moguće pretjecanje.

Intenzitet prometnog toka / prometno opterećenje 15-minutnog perioda vršnog sata određuje se prema sljedećem izrazu ;

$$v_i = \frac{V}{PHF * f_g * f_{HV}} \quad (5)$$

Gdje oznake imaju sljedeće značenje ;

v_i – intenzitet prometnog toka [vozila/h]

i – index za smjer može biti „d“ dolazni ili „o“ odlazni

V – zadani obujam prema uvjetima [voz/h]

PHF – faktor vršnog sata

f_{HV} – redukcijski čimbenik zbog prisutnosti teretnih vozila unutar toka

f_g – redukcijski čimbenik zbog konfiguracije terena

Ukoliko podatci o faktoru vršnog sata nisu dostupni uzima se vrijednost 1.00. Redukcijski čimbenik zbog prisutnosti teretnih vozila i konfiguracije terena određeni su HCM priručnikom.

Nakon što je određena prosječna brzina putovanja treba se odrediti postotak vremena slijeđenja koji je potreban za izračun razine usluge cesta klase I i II.

Kako bi se odredio postotak vremena slijeđenja treba iskazati prometno opterećenje 15-minutnog perioda unutar vršnog sata. Izraz za tu vrijednost strukturno je jednak izrazu za prometno opterećenje kod prosječne brzine putovanja ali se koriste redukcijski čimbenici drugačijih vrijednosti određeni prema HCM priručniku.

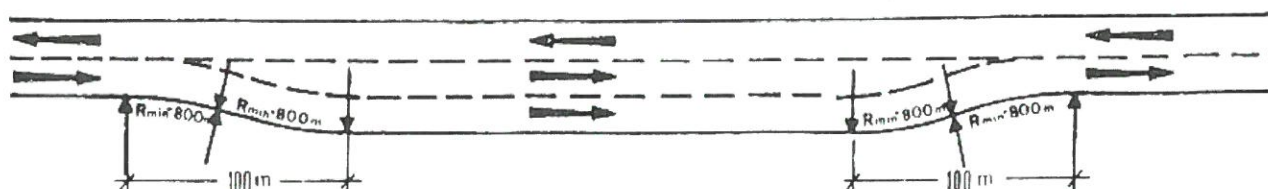
Postotak brzine slobodnog prometnog toka omjer je prosječne brzine putovanja i brzine slobodnog prometnog toka i određuje razinu usluge za ceste klase III.

Nakon što su određene vrijednosti postotka vremena slijeđenja, prosječne brzine putovanja i postotka brzine prometnog toka analiziraju se prema tablici 6. kako bi se odredila razina usluge i prema tome nužnost izvedbe trakova za sporu vožnju.

3.5. Oblikovanje trakova za sporu vožnju

Proširenje kolnika za dodatni trak za sporu vožnju izvodi se prema vanjskom rubu kolnika, a kod autocesta se dodatni trak za sporu vožnju izvodi umjesto zaustavnog traka. Početak i kraj traka za sporu vožnju mora se nalaziti između odgovarajuće horizontalne i vertikalne prometne signalizacije. Trak za sporu vožnju počinje na mjestu gdje brzina teretnog vozila padne na brzinu V_{kr} , koja se očitava iz dijagrama brzine, a završava na mjestu gdje brzina ponovno naraste na V_{kr} .

Slijedi prikaz traka za sporu vožnju na dvotračnoj cesti s prometom u oba smjera.



Slika 4. Trak za sporu vožnju na dvotračnoj cesti s prometom u oba smjera

Izvor [1]

U nekim slučajevima smatra se opravdanim razmatranje uvođenja traka za spora vozila i na nizbrdicama jer teška teretna vozila na strmim nizbrdicama koje su nešto veće duljine voze jednako sporo kao i na usponima. Trak za spora vozila preporuča se izvoditi na nizbrdici ako je uzdužni nagib kod autoceste veći od 4% (a kod cesta 1. i 2. razreda veći od 5%).

Prema hrvatskim propisima izvedbom traka za spora vozila dozvoljava se povećanje najvećih dozvoljenih uzdužnih nagiba nivelete za 1% na zadanoj prometnici, a to je jedna od prednosti prometnica koje imaju trakove za spora vozila.

3.5.1. Klasifikacija uspona i zakrivljenosti

Dvotračne ceste izvan naselja s uzdužnim nagibom manjim od 3,5%, prema većini klasifikacija, nemaju opravdanost za uvođenje dodatnog traka za sporu vožnju. Tablica u nastavku prikazuje pet kategorija uspona koje su izravno povezane s brzinom teretnih vozila, a klasifikacija je izrađena u Njemačkoj (HBS 2001).

Tablica 7. Pet kategorija uspona

| Brzina teškog teretnog vozila (km/h) | Kategorija uspona |
|--------------------------------------|-------------------|
| >70 | 1 |
| 55-70 | 2 |
| 40-55 | 3 |
| 30-40 | 4 |
| <30 | 5 |

Klasifikacija zakrivljenosti može se definirati kao zbroj apsolutnih promjena smjera, tj. kuta neke dionice u odnosu na njezinu ukupnu dužinu. Da bi se odredila klasifikacija zakrivljenosti, koristi se slijedeća formula:

$$KU = \frac{\sum n|\Phi|}{L} \quad (6)$$

Gdje oznake imaju sljedeće značenje :

KU – klasifikacija zakrivljenosti [$\text{gon}^{18} / \text{km}$]

Φ – skretni kut tlocrtnog zavoja [gon]

n – broj horizontalnih zavoja na dionici

L – ukupna duljina dionice [m]

Kategorije zakrivljenosti prikazane su u tablici 8.

¹⁸ Prema staroj metričkoj jedinici za kut - gon (grad) $1^\circ = 1,1111 \text{ gon}$

Tablica 8. Kategorije zakrivljenosti

| Kategorija zakrivljenosti | Prikazano u radijanima (gon/km) | Prikazano u stupnjevima (° /km) |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 0-75 | 67°30´ |
| 2 | 75-150 | 67°30´-135° |
| 3 | 150-225 | 135° - 202°30´ |
| 4 | >225 | >202°30´ |

3.5.2. Određivanje elemenata dodatnog traka za sporu vožnju

Elementi dodatnog traka za sporu vožnju odnose se na početak, završetak, najmanju duljinu te najmanju udaljenost između dodatnih trakova za sporu vožnju.

Tamo gdje se brzina mjerodavnog vozila na određenoj dionici spusti ispod 70 km/h, trebao bi započeti dodatni vozni trak ili tamo gdje se spusti ispod računске brzine. Početak dodatnog voznog traka je onaj poprečni presjek na kojem je dodatni vozni trak dosegnuo svoju punu širinu. Ako je moguće, početak dodatnog voznog traka, čija je zadaća razdvojiti brzi od sporog prometa na uzbrdici, trebao bi se nalaziti izvan raskrižja.

Dodatni vozni trak mora završiti tamo gdje brzina mjerodavnog vozila na određenoj dionici ponovno dosegne 70 km/h ili računsku brzinu. Kraj je onaj poprečni presjek u kojem dodatni vozni trak još uvijek ima punu širinu. On na uzbrdici neprestano treba biti izvan raskrižja, a to znači da dodatni vozni trak ne smije završavati u raskrižju oduzimanjem voznog traka.

Dodatni vozni trak na dvosmjernim cestama u pravilu ne bi trebao biti kraći od 800 m, a na jednosmjernim cestama od 500 m.

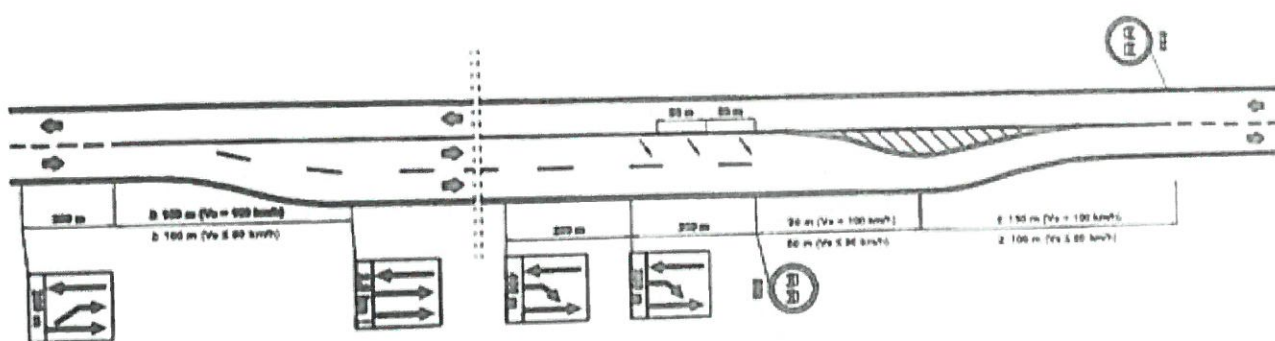
4. IZVEDBA TRAKOVA ZA SPORU VOŽNJU NA DVOTRAČNIM CESTAMA

Proširenje kolnika radi izvedbe trakova za sporu vožnju na dvotračnim cestama izvodi se na način da se razvuče desni rub kolnika, a duljina razvlačenja je ≥ 150 [m] kod $V_R > 80$ [km/h], tj. ≥ 100 [m] kod $V_R \leq 80$ [km/h]. Razvlačenjem granične linije između voznih trakova paralelno s desnim rubom kolnika dodatni vozni trak dodat će se s lijeve strane neprekinutog voznog traka. Na taj način trak za sporu vožnju dobiva ulogu traka za pretjecanje (prikazano na slici 5 i slici 6 u nastavku).

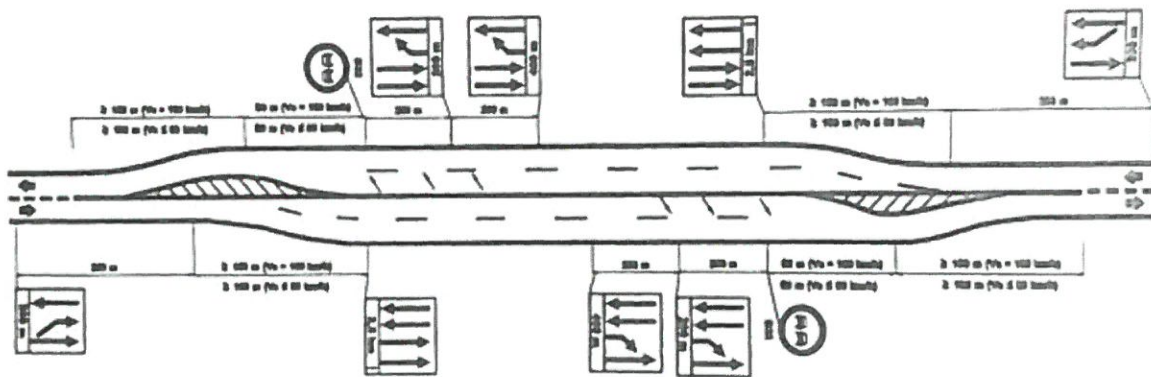
Slika 5 i slika 6 prikazuju mogućnost oblikovanja poprečnog presjeka dvosmjerne ceste s dodatnim voznim trakom u smjeru uspona. Oblikovanje poprečnog presjeka prometnice propisano je odabirom poprečnog presjeka uz uvjet projektne i računске brzine s dodanim voznim trakom u smjeru uspona.

Ukoliko je nužno dodavanje dodatnog voznog traka (bilo u smjeru uspona ili pada), u pravilu se, poradi sigurnosti prometa, predviđa središnja razdjelna crta. Kod korištenja zaštitnih zidova za navedeno dovoljan je zeleni pojas širine 1,25 metara, a kao iznimka može se pojaviti zeleni pojas širine 0,75 metara.

Suženje kolnika na kraju dodatnog voznog traka dobiva se sukladno s oblikovanjem proširenja kolnika i to, također, na duljini ≥ 150 m kod $V_R > 80$ km/h, tj. ≥ 100 m kod $V_R \leq 80$ km/h. Prije nego što je kolnik sužen obilježavanjem zaporne površine povlači se središnji vozni trak na duljinu od 90 m, odnosno 60 m, što se može vidjeti na slikama 5 i 6. Poradi toga vozače treba na vrijeme prije kraja dodatnog voznog traka upozoriti da se moraju prestrojiti u desni trak.



Slika 5. Oblikovanje dodatnog voznog traka za sporu vožnju na prometnicama bez dodatnog voznog traka u smjeru pada



Slika 6. Oblikovanje dodatnog voznog traka za sporu vožnju na dvosmjernim prometnicama s dodatnim voznim trakom u smjeru pada

5. IZVEDBA TRAKOVA ZA SPORU VOŽNJU NA AUTOCESTAMA I BRZIM CESTAMA

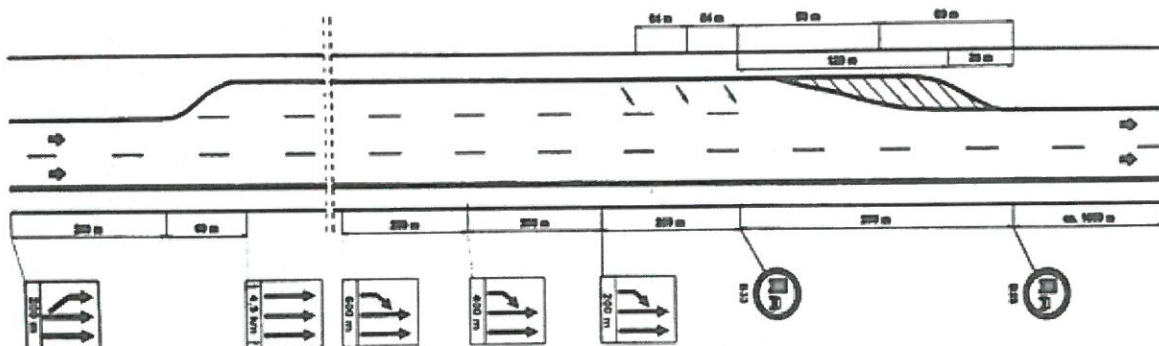
S ciljem postizanja ravnomjerne iskorištenosti prometne površine, dodatni vozni trakovi uvijek moraju ići s unutarnje strane neprekinutog kolnika. Proširenje kolnika kod novih dionica dobiva se na način da se razvlači lijevi rub kolnika u primjereno prošireni zeleni pojas. Duljina razvlačenja trebala bi iznositi 60 [m]. Navedeno proširenje trebalo bi se izvesti samostalnim trasiranjem dotičnog jednosmjernog kolnika ili oba jednosmjerna kolnika.

Ako se naknadno izvode dodatni vozni trakovi na postojećoj dionici, u većini slučajeva moguće ih je izgraditi samo na vanjskoj strani postojećeg kolnika. U takvim situacijama do proširenja dolazi postupnim razvlačenjem desnog ruba kolnika, slika 8. Dodatni vozni trak se obilježava na unutarnjoj strani jednosmjernog kolnika. Duljina razvlačenja desnog ruba kolnika mora iznositi najmanje 200 m. Ukoliko postoje dvojbe u perspektivi se mora ispitati optički utjecaj oblikovanja.

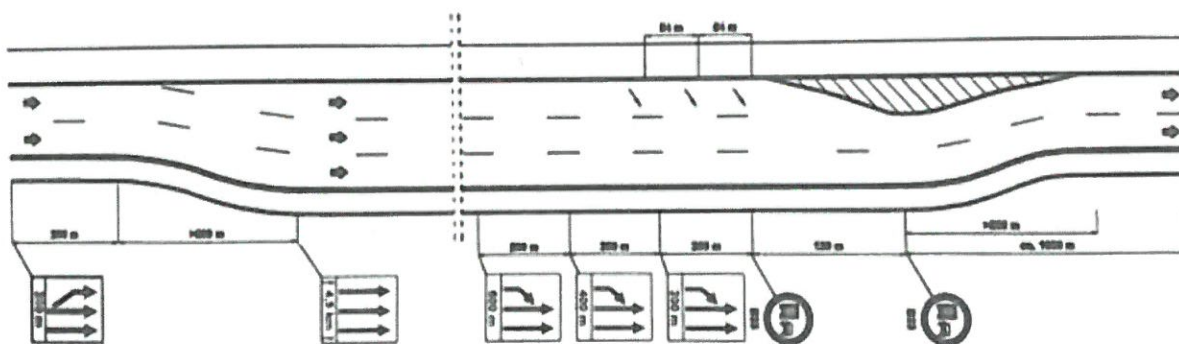
Oblikovanje poprečnog presjeka u području dvotračnih jednosmjernih kolnika s dodatnim voznim trakom sukladno je s onim kod trotračnih jednosmjernih kolnika.

Sukladno s oblikovanjem područja proširenja dodatni trakovi u načelu završavaju na unutarnjoj strani neprekinutog kolnika. Suženje kolnika na kraju dodatnog voznog traka kod novih dionica postiže se razvlačenjem lijevog ruba kolnika, a duljina razvlačenja je 60 [m]. Povlačenje dodatnog voznog traka provodi se s duljinom razvlačenja od 120 m što je prikazano na slici 7. Na taj način nastaje područje kolnika koje je obilježeno kao zaporna površina.

Kod naknadnog dodavanja dodatnog voznog traka na postojećim dionicama dolazi do optičkog uvlačenja unutarnjeg voznog traka. Pritom se obilježava zaporna površina što se može vidjeti na slici 8. Građevinsko suženje dobiva se na duljini od najmanje 200 m i to razvlačenjem vanjskog ruba kolnika.



Slika 7. Oblikovanje dodatnog voznog traka kod novih dionica



Slika 8. Oblikovanje dodatnog voznog traka na postojećim dionicama

6. ZAKLJUČAK

Hrvatska je bitno prometno čvorište cestovnog prometa. Budući da se nalazi na važnim međunarodnim putovima, kroz Hrvatsku prolazi velik broj teretnih vozila. U tom kontekstu treba razmišljati kako o sigurnosti prometa tako i o zadovoljavajućoj protočnosti cestovnih vozila. Poradi toga je važno prometnice maksimalno prilagoditi vrsti prometa koja se na njima odvija te gustoći prometa. Uvođenje dodatnog voznog traka za sporu vožnju jedan je od bitnih čimbenika sigurnosti i protočnosti prometa na prometnicama koje imaju veće uzdužne nagibe i veliku gustoću prometa.

Opravdanost izgradnje dodatnih trakova za sporu vožnju potrebno je preispitati imajući u vidu prometne zahtjeve i ekonomsku opravdanost. Prednosti traka za sporu vožnju su već navedene: povećanje protočnosti i sigurnosti prometa na cestama, povećanje razine uslužnosti cesta te mogućnost primjene većih uzdužnih nagiba u zahtjevnim terenskim uvjetima.

Nakon analize mjerodavne regulative koncipiranja trakova za sporu vožnju može se istaknuti da je odabir vozno - dinamičkog kriterija kod američkih i kanadskih propisa drugačiji od hrvatskih propisa. Dok hrvatski propisi određuju najmanju brzinu vozila na usponu kao osnovni vozno - dinamički kriterij u Americi odnosno Kanadi uvjet je kritična duljina uspona. No, važno je uzeti u obzir i druga obilježja suvremenog prometa. Jedno od tih obilježja odnosi se na način konstrukcije, brzinu i mogućnosti prijevoza suvremenih teretnih vozila. Naime, suvremena teretna vozila mogu uvelike voziti ravnomjerno s osobnim automobilima pa ne postoje uvijek opravdani razlozi za uvođenje dodatnog traka za sporu vožnju. Ono što je bitno naglasiti je činjenica da u Hrvatskoj još uvijek nisu provedena mjerenja kojima bi se uzeli svi relevantni čimbenici u obzir i na temelju kojih bi se donijela optimalna rješenja vezana uz dodatne vozne trakove za sporu vožnju. Također treba istaknuti da za razliku od američkih i kanadskih propisa hrvatski propisi ne uzimaju u obzir investicijsku opravdanost izvedbe traka.

Razlika u dolaznim brzinama između sjevernoameričkih i hrvatskih propisa rezultira i različitom izraženošću potrebe izgradnje trakova za spora vozila. Razlog tome je što manja dolazna brzina iziskuje veću potrebu za izgradnjom traka za sporu vožnju. To rezultira time da će se na dionici prometnice istih geometrijskih karakteristika i jednakog prometnog opterećenja poradi razlike u pristupu određivanja dolazne brzine u Hrvatskoj pokazati potreba za izvedbom traka za sporu vožnju dok u Americi i Kanadi neće.

Iz svega navedenog može se zaključiti da bi Hrvatska trebala razraditi i dodatno proširiti pravilnik u koji treba uključiti i kriterije ekonomičnosti, a i provesti vlastita istraživanja, mjerenja i analize utjecaja uspona na brzine mjerodavnih vozila kako bi trakovi za sporu vožnju bili što optimalnije implementirani u sustav prometnica Republike Hrvatske.

LITERATURA

1. URL:https://bib.irb.hr/datoteka/592393.MustapicVajdicStankovic_Trak_za_spora_vozila.pdf (pristupljeno ožujak,2017.)
2. Hauer E., *Should safety be incorporated in the HCM and if yes, how?*, presented at the Transportation Research Board Annual Meeting, USA,1996
3. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, by AASHTO, Washington DC, 2001., str. 247 – 254
4. URL: <http://www.prometna-zona.com/pojmovi-cestovnog-prometa/> (pristupljeno: ožujak 2017.)
5. Zakon o sigurnosti prometa na cestama, NN [67/08](#), [48/10](#), [74/11](#), [80/13](#), [158/13](#), [92/14](#), [64/15](#)
6. Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa, NN 110/01
7. Legac, I.: Cestovne prometnice 1. Zagreb, 2006.
8. Maximizing Safety and Efficient Operations for the Highway User, The Federal Highway Administration (FHWA), Washington DC, 1998.
9. Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima, Sarajevo/Banja Luka, 2005., URL: http://www.jpfbih.ba/ba/legislativa/smjernice_i_standardi/1-1-3%20Geometrijski%20elementi%20puta.pdf (pristupljeno 1. 3. 2017.)
10. Transportation research board: Highway capacity manual 2010
11. Cvitanić, D., Prometna tehnika, Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, URL: <http://e-ucenje.gfmo.ba/predmeti/attachments/article/2106/prometnatehnikazaweb2.pdf> (pristupljeno: ožujak 2017).

POPIS SLIKA

| | | |
|----------|--|----|
| Slika 1. | Brzina sporog vozila na uzdužnim nagibima..... | 4 |
| Slika 2. | Udio teških teretnih vozila u prometnim nesrećama zavisno o smanjenju njihove brzine vožnje..... | 7 |
| Slika 3. | Postupak izrade prometnog plana..... | 11 |
| Slika 4. | Trak za spora vozila na dvotračnoj cesti d prometom u oba smjera... | 20 |
| Slika 5. | Oblikovanje dodatnog voznog traka za sporu vožnju na prometnicama bez dodatnog voznog traka u smjeru pada..... | 23 |
| Slika 6. | Oblikovanje dodatnog voznog traka za sporu vožnju na prometnicama s dodatnim voznim trakom u smjeru pada..... | 24 |
| Slika 7. | Oblikovanje dodatnog voznog traka kod novih dionica..... | 26 |
| Slika 8. | Oblikovanje dodatnog voznog traka na postojećim dionicama..... | 26 |

POPIS TABLICA

| | | |
|------------|--|----|
| Tablica 1. | Vozno – dinamički kriteriji provjere brzine | 5 |
| Tablica 2. | Prilagođeni redukcijски čimbenici za vozne trakove uže od 3.65 [m] | 13 |
| Tablica 3. | Prilagođeni redukcijски čimbenici za udaljenosti manje od standardnih. | 13 |
| Tablica 4. | Redukcijски čimbenik osnovne brzine toka zbog širine prometnog traka i bankine / rubnog traka..... | 17 |
| Tablica 5. | Redukcijски čimbenik osnovne brzine toka zbog broja pristupa duž promatrane dionice ceste..... | 17 |
| Tablica 6. | Razina usluge za dvotračnu cestu..... | 18 |
| Tablica 7. | Pet kategorija uspona..... | 21 |
| Tablica 8. | Kategorije zakrivljenosti..... | 22 |



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom **Koncipiranje i oblikovanje trakva za sporu vožnju**

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

U Zagrebu, 15.4.2017 _____

Student/ica:


Martina Fakleš

(potpis)