



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndeac@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Departman za saobraćaj

MODEL PRORAČUNA DUŽINE PRETICAJNE PREGLEDNOSTI

TEHNIČKO REŠENJE

Novi Sad 2015

Radni tim na izradi tehničkog rešenja:

Rukovodilac:

Dr Vuk Bogdanović, dipl. inž. saobraćaja
vanredni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Saradnici:

Dr Nenad Ruškić, dipl. inž. saobraćaja
docent, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Dr Valentina Basarić, dipl. inž. saobraćaja
docent, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Dr Draženko Glavić, dipl. inž. saobraćaja
docent, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu

MSc Biljana Ivanović, dipl. inž. građevine
asistent, Građevinski fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore

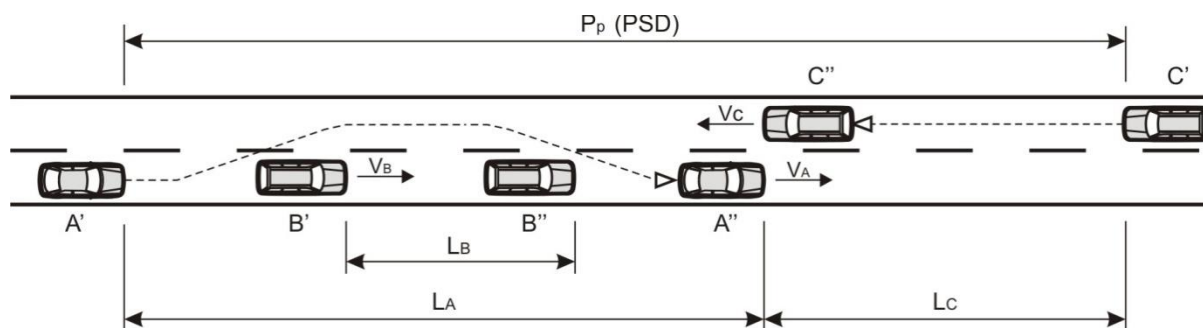
MSc Nemanja Garunović, dipl. inž. saobraćaja
asistent, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

1. OPIS PROBLEMA

Osnovna karakteristika dvotračnih puteva je da surotnosmerni saobraćajni tokovi na ovim putevima nisu fizički odvojeni. Zbog različitih karakteristika vozača i tehničkih karakteristika vozila izraženo je odstupanje brzina pojedinačnih vozila od srednje prostorne brzine saobraćajnog toka. Iz tog razloga javlja se potreba za preticanjem, koje na dvotračnim putevima predstavlja neizbežnu radnju i jednu od osnovnih karakteristika dvotračnih puteva. Preticanje predstavlja radnju prolaska vozila koje se kreće većom brzinom pored vozila koje se kreće manjom brzinom u istom smeru, pri čemu brže vozilo koristi traku namenjenu za kretanje vozila iz suprotnog smera. Od trenutka kada započne preticanje pretičuće vozilo se nalazi u potencijalno nebezbednoj situaciji zbog vozila koja nailaze iz suprotnog smera. Loša procena vozača koji vrše preticanje i nebezbedno izvođenje radnje preticanja su jedan od uzroka saobraćajnih nezogda, ali i mera kvaliteta uslova odvijanja saobraćaja. Naime, nivo usluge dvotračnih puteva određuje i procentualna zastupljenost zona dozvoljenog preticanja na putu. Zbog svega navedenog, preticanje je predmet istraživanja još od četrdesetih godina dvadesetog veka do danas.

Stvaranje tehničkih uslova za bezbedno preticanje, odnosno zona dozvoljenog preticanja je jedan od osnovnih zadataka projektovanja dvotračnih dvosmernih puteva. Zone dozvoljenog preticanja, pored karakteristika trase puta zavise i od preticajne preglednosti. Preticajne je jedna od potencijalno najopasnijih i najzahtevnijih radnji pa je dužina potrebne preticajne preglednosti definisana u zavisnosti od projektne brzine u podzakonskim aktima. U funkcionalnom smislu dužina preticajne preglednosti zavisi od primenjenog modela i vrednosti ulaznih parametara koji se koriste u postupku proračuna.

Prema svim teorijskim modelima preticanja koji su do sada razvijeni, dužina preticajne preglednosti zavisi od rastojanja koje realizuje pretičuće vozilo tokom preticanja, odnosno od dužine puta preticanja. U zavisnosti od modela put preticanja izražava se u funkciji razlike brzina vozila koja se pretiču ili u funkciji brzine vozila koje se pretiče. Neki modeli kao ulazne parametre za određivanje dužine puta preticanja uzimaju usvojene vrednosti elemenata kao što su dužina vozila, rastojanja između određenih tačaka na vozilima koja se pretiču, itd. Ono čemu teže svi teorijski modeli je da što realnije usaglasе matematičke relacije sa dešavanjima u realnom saobraćajnom toku.



Slika 1. Šematski prikaz dužine preticajne preglednosti

Prema postojećim propisima u zonama preticanja je potrebno je obezbediti minimalnu dužinu preticajne preglednosti po teorijskom modelu koji se primenjuje u većini

zemalja u okruženju. Primenjeni teorijski model odnosi se na proveru preglednosti u situacionom planu, čime se u određenoj meri zanemaruje prostorni oblik trase, kao i subjektivno ponašanje i reakcije vozača, pristupna brzina i promenljivost brzine kao evidentnu posledicu izbora koji vozač vrši na osnovu generalnog opšteg uticaja i optičkog izgleda trase. Preticajna preglednost koja je veća od realno potrebne utiče da se preticanje zabrani i na mestima na kojima objektivno ne postoji potreba. Rezultat toga su nepovoljniji uslovi odvijanja saobraćaja, što dovodi do kolonske vožnje, smanjenja brzine, povećanja vremena putovanja i pada nivoa usluge. Sa druge strane, preticajna preglednost manja od realno potrebne može dovesti do povećanja broja sudara i povećanje stepena ugroženosti. Preticajna preglednost definisana parametrima koji odslikavaju realne uslove odvijanja saobraćaja na putu povećava nivo usluge i umanjuje frustracije vozača od strane sporijih ili/i starijih vozila, što povoljno utiče na parametre bezbednosti saobraćaja.

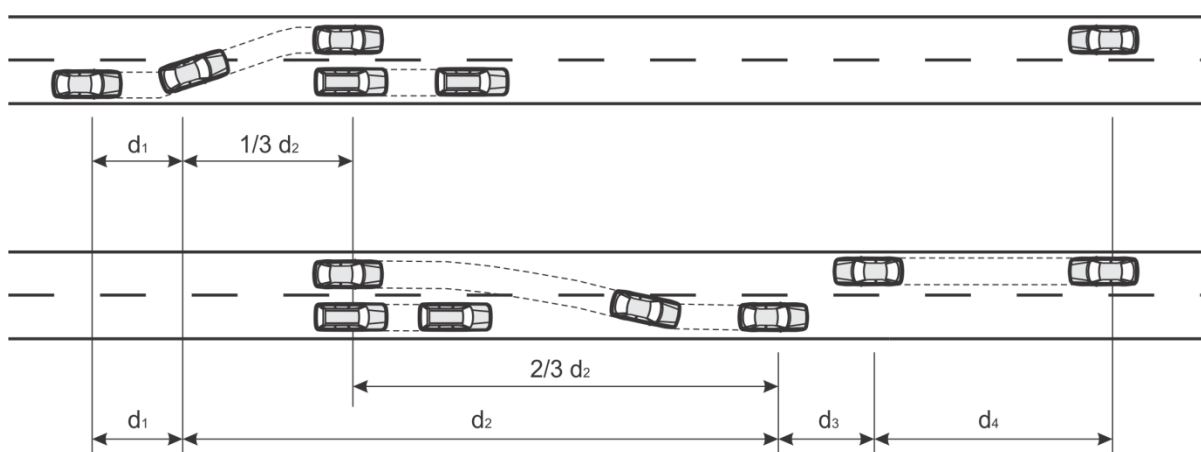
Za potrebe izrade ovog tehničkog rešenja izvršeno je istraživanje karakteristika preticanja u realnom saobraćajnom toku, odnosno manevara koje vozači vrše tokom preticanja. Obradom rezultata istraživanja formiran je model proračuna dužine preticajne preglednosti. Istraživanje kao i sam model bazirani su na uslove na putu čija računaska brzina iznosi 80 km/h.

Cilj ovog rada je usaglašavanje usvojenih vrednosti preticajne preglednosti sa uslovima odvijanja saobraćaja u realnom saobraćajnom toku.

2. ANALIZA DOSADAŠNJIH MODELA PRETICANJA

Jedan od prvih kriterijuma za utvrđivanje preticajne preglednosti baziran je na istraživanjima sprovedenim četrdesetih godina dvadesetog veka, a formiran je od strane „American Association of State Highway and Transportation Official - AASHTO“ u ediciji pod nazivom „A Policy on Geometric Design of Highways and Streets - Green Book“, čije se prvo izdanje pojavilo 1954. godine, a zatim 1984, 1990, 1994, i poslednje 2001. godine [1]. Sva kasnija istraživanja vezana za temu preticajne preglednosti bila su bazirana na već utvrđenom AASHTO modelu i predstavljala su samo jednu od varijanti postojećeg modela preticajne preglednosti. Tokom proteklih 60 godina došlo je do značajnog tehnološkog napretka što je uticalo i na promenu karakteristika vozila. Tehnološki napredak je u značajnoj mjeri imao uticaj na promenu uslova odvijanja saobraćaja i promene u ponašanju vozača, pri čemu ove promene nisu uzete u obzir prilikom definisanja potrebne dužine preticajne preglednosti.

Na slici 2 dat je grafički prikaz modela preticanja i preticajne preglednosti prema AASHTO modelu.



Slika 2. Elementi preticajne preglednosti prema AASHTO kriterijumu

Prema AASHTO modelu, minimalna preticajna preglednost (*Passing Site Distance – PSD*) izražena je kao suma sledećih rastojanja [1]:

$$PSD = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad [2.1]$$

gde su:

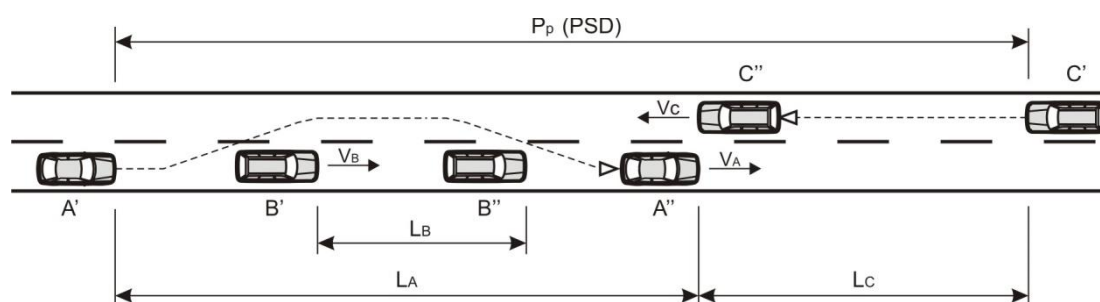
- d_1 - rastojanje koje pređe pretičuće vozilo tokom početnog ubrzanja pa do zauzimanja trake za vozila iz suprotnog smera;
- d_2 - rastojanje koje pređe pretičuće vozilo od zauzimanja pa do napuštanja saobraćajne trake za vozila iz suprotnog smera;
- d_3 - rastojanje između pretičućeg vozila i vozila iz suprotnog smera na kraju manevra preticanja;
- d_4 - rastojanje koje pređe vozilo iz suprotnog smera za dve trećine vremena putovanja vozila na rastojanju d_2 .

AASHTO model je razvijen na osnovu sledećih hipoteza:

- preticano vozilo se kreće konstantnom brzinom;
- pretičuće vozilo pre izvršenja preticanja smanjuje svoju brzinu kretanja i sledi preticano vozilo do izlaska iz zone sa zabranom preticanja;
- nakon ulaska u zonu na kojoj je preticanje dozvoljeno vozaču koji upravlja pretičućim vozilom potreban je kratak period za uočavanje slobodnog sektora za preticanje i tada ono počinje da ubrzava;
- preticanje se uspešno izvršava osim ukoliko se u suprotnom toku pojavi vozilo zbog kojeg se pretičuće vozilo vraća u svoju traku, pa se samim tim preticanje odlaže;
- tokom kretanja u traci rezervisanoj za vozila iz suprotnog smera, pretičuće vozilo se kreće brzinom koja je od brzine preticanog vozila veća za 16 km/h;
- po završetku preticanja između pretičućeg vozila i vozila koje dolazi iz suprotnog toka postoji prihvatljivo rastojanje.

2.1. Model proračuna preticajne preglednosti u zemljama regiona

Model koji je prihvaćen u zemljama regiona baziran je na pretpostavci da vozilo koje vrši preticanje mora za isto vreme da pređe duži put nego vozilo koje se pretiče. Taj put se sastoji iz dva osnovna dela: puta preticanog vozila B, koje se kreće brzinom V_B ; i dodatnog puta pretičućeg vozila A, koji se ostvaruje razlikom brzina $V_A - V_B$. Pri tome, da bi se preticanje obavilo bezbedno, treba uzeti u obzir da vozač pretičućeg vozila A na početku preticanja mora da sagleda vozilo C, koje mu iz suprotnog smera dolazi brzinom V_C [2].



Slika 3. Dužina puta preticanja prema modelu prihvaćenom u zemljama regiona

Dakle, dužinu preticajne preglednosti (P_p) moguće je izračunati prema sledećoj matematičkoj relaciji:

$$P_p = \frac{t}{3,6} (2 \cdot V_r + \Delta V) \quad [2.2]$$

gde su:

- t - vreme koje protekne tokom manevra preticanja, (s);
- V_r - projektna brzina, (km/h);
- ΔV - razlika brzina preticanog i pretičućeg vozila, (km/h).

Ovim modelom je usvojeno da je brzina kretanja preticanog vozila jednaka projektnoj brzini puta na kom se odvija preticanje, dok se za brzinu kretanja pretičućeg vozila usvaja brzina koja je 15 km/h veća od brzine preticanog vozila, odnosno razlika u brzinama vozila

koja učestvuju u preticanju prema ovom modelu iznosi $\Delta V=15 \text{ km/h}$. Na osnovu istraživanja na kojima je zasnovan ovaj model, vreme od $t=10 \text{ s}$ je vreme za koje pretičuće vozilo može normalno obaviti manevar preticanja, pa se prema tome ova vrednost i usvaja kao merodavna prilikom projektovanja dužine puta preticanje, odnosno preticajne preglednosti.

2.2. Alternativni modeli za proračun dužine preticajne preglednosti

Tokom poslednjih četrdeset godina razvijeni su različiti alternativni modeli za proračun dužine puta preticanja. U okviru ovog tehničkog rešenja biće izloženi samo neki od njih.

Model Glennon

Glennon je 1988. godine formirao novi model koji je kao i jedan od prethodnih modela ovog autora bio baziran na konceptu kritične pozicije. Za razliku od prethodnih modela u ovom su date tačne kinematičke veze koje podržavaju pretpostavku da kritična pozicija nastaje na mestu na kom je potrebna preglednost za završetak manevra preticanja jednaka onoj za odlaganje manevra preticanja.

Prema ovom modelu preticajna preglednost računala bi se kao:

$$PSD = 2 \cdot V_d \left(2,93 + \frac{L_p - \Delta_c}{m} \right) \quad [2.3]$$

$$\Delta_c = L_p + 1,47 \cdot m \left\{ \frac{(2,93 \cdot m + L_i + L_p)}{1,47 \cdot (2 \cdot V_d - m)} - \left[\frac{5,87 \cdot V_d (2,93 \cdot m + L_i + L_p)}{1,47 \cdot d_a (2 \cdot V_d - m)} \right]^{1/2} \right\} \quad [2.4]$$

gde su:

- V_d - projektna brzina (mhp);
- L_p - dužina pretičućeg vozila (ft);
- L_i - dužina preticanog vozila (ft);
- Δ_c - relativna pozicija prednje ivice pretičućeg i preticanog vozila na kritičnoj poziciji ($\Delta_c < 0$ – pretičuće vozilo se nalazi iza preticanog vozila; $\Delta_c > 0$ – pretičuće vozilo se nalazi ispred preticanog vozila) (ft).

Glennon je novi model bazirao na sledećim pretpostavkama [1]:

- prosečna dužina putničkog automobla iznosi 4,9 m (16 ft);
- usporenje prilikom odlaganja manevra preticanja iznosi $2,4 \text{ m/s}^2$ (8 ft/s^2);
- razlika između brzina preticanog i pretičućeg vozila iznosi od 13 do 19 km/h (8 do 12 mph);
- tokom preticanja maksimalna preglednost se zahteva na kritičnoj poziciji;
- brzine preticanog vozila i vozila iz suprotnog smera su konstantne i jednake projektnoj brzini;
- pretičuće vozilo ima takvu mogućnost za ubrzanjem da može da dostigne predviđenu razliku u brzinama do trenutka dok ne dođe u kritičnu tačku;
- reakcija vozača prilikom započinjanja preticanja iznosi 1 s;
- interval sleđenja između preticanog i pretičućeg vozila iznosi 1 s;
- minimalni interval sleđenja između pretičućeg vozila i vozila iz suprotnog smera u tački kada se pretičuće vozilo vrati u svoju traku iznosi 1 s.

Ovaj model je veoma značajan jer je prvi model koji je analitički baziran na konceptu kritične tačke kao mesta na kom preglednost za izvršenje preticanja i preglednost za odlaganja preticanja imaju jednaku vrednost. Značajna prednost ovog modela je ta što je u njemu prikazana konkretna matematička relacija za utvrđivanje relativne pozicije između vozila koja se pretiču (jednačina [2.4]). Druga prednost ovog modela je ta što isti uzima u obzir konkretnu dužinu preticanog i pretičućeg vozila pa je samim tim moguće preciznije utvrditi preticajnu preglednost.

Model Wang i Cartmell

Jedan od poslednjih publikovanih modela za određivanje dužine preticajne preglednost razvili su Wang i Cartmel 1998. godine. Ovaj model je za razliku od prethodnih modela detaljnije opisao putanju po kojoj se kreće pretičuće vozilo, pa je samim tim dužina puta preticanja opisana dosta kompleksije. U većini prethodnih modela putanja pretičućeg vozila opisivana je kao prava linija dok je u ovom modelu ova putanja opisana kao skup krivih i pravih linija, odnosno detaljnije je sagledano kretanja pretičućeg vozila.

Prema ovom modelu manevar preticanja se obavlja u tri faze:

1. Faza: put koji vozilo pređe od trenutka kada započne preticanje do trenutka kada pređe u susednu traku u poziciju paralelno sa pretičućim vozilom, tako da se prednja ivica pretičućeg vozila i zadnja ivica preticanog vozila nađu u istoj ravni;

2. Faza: put koji vozilo pređe od trenutka kada se završi prva faza, do trenutka kada se zadnja ivica pretičućeg vozila nađe u istoj ravni sa prednjom ivicom preticanog vozila;

3. Faza: put koji vozilo pređe pretičuće vozilo od trenutka kada se završi druga faza do trenutka dok se ne vrati u sopstvenu traku.

Prema ovom modelu, dužine preticajne preglednosti je u funkciji dužine puta preticanja, brzine vozila iz suprotnog toka i vremena koje je potrebno za izvršenje preticanja, odnosno:

$$PSD = X_1 + X_2 + X_3 + C + V_o(T_1 + T_2 + T_3) \quad [2.5]$$

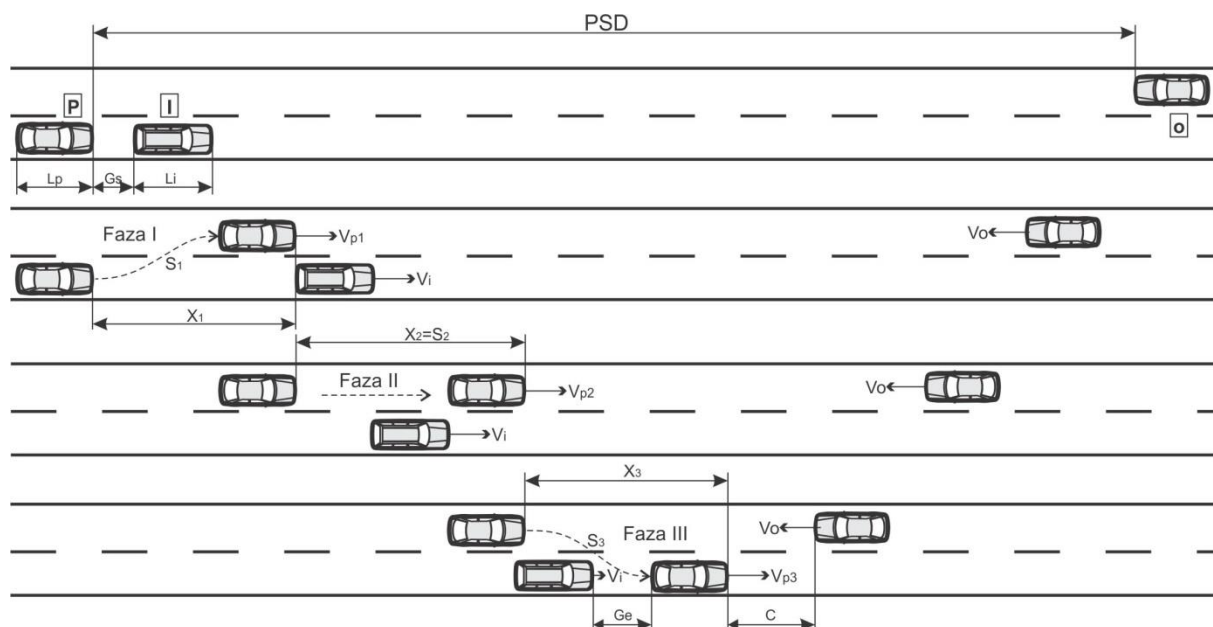
gde je:

- X_1 - rastojanje koje pređe preticano vozilo tokom 1. faze, (m);
- X_2 - rastojanje koje pređe preticano vozilo tokom 2. faze, (m);
- X_3 - rastojanje koje pređe preticano vozilo tokom 3. faze, (m);
- C - rastojanje između čela pretičućeg vozila i vozila iz suprotnog toka na kraju manevra preticanja, (m);
- V_o - brzina vozila u suprotnom toku (m/s);
- T_1 - vreme koje protekne tokom 1. faze, (m);
- T_2 - vreme koje protekne tokom 2. faze, (m);
- T_3 - vreme koje protekne tokom 3. faze, (m);

Model Wang i Cartmel baziran je na sledećim pretpostavkama:

- preticano vozilo i vozilo iz suprotnog smera se kreće konstantnim brzinama;
- pretičuće vozilo započinje manevar preticanja inicijalnom brzinom V_i i ubrzava do maksimalne brzine V_{pmax} nakon čega nastavlja da se kreće konstantnom brzinom V_{pmax} .

Na sledećoj slici dat je grafički prikaz Wang i Cartmell modela za proračun preticajne preglednosti.



Slika 4. Dužina preticajne preglednosti prema modelu Wang i Cartmell

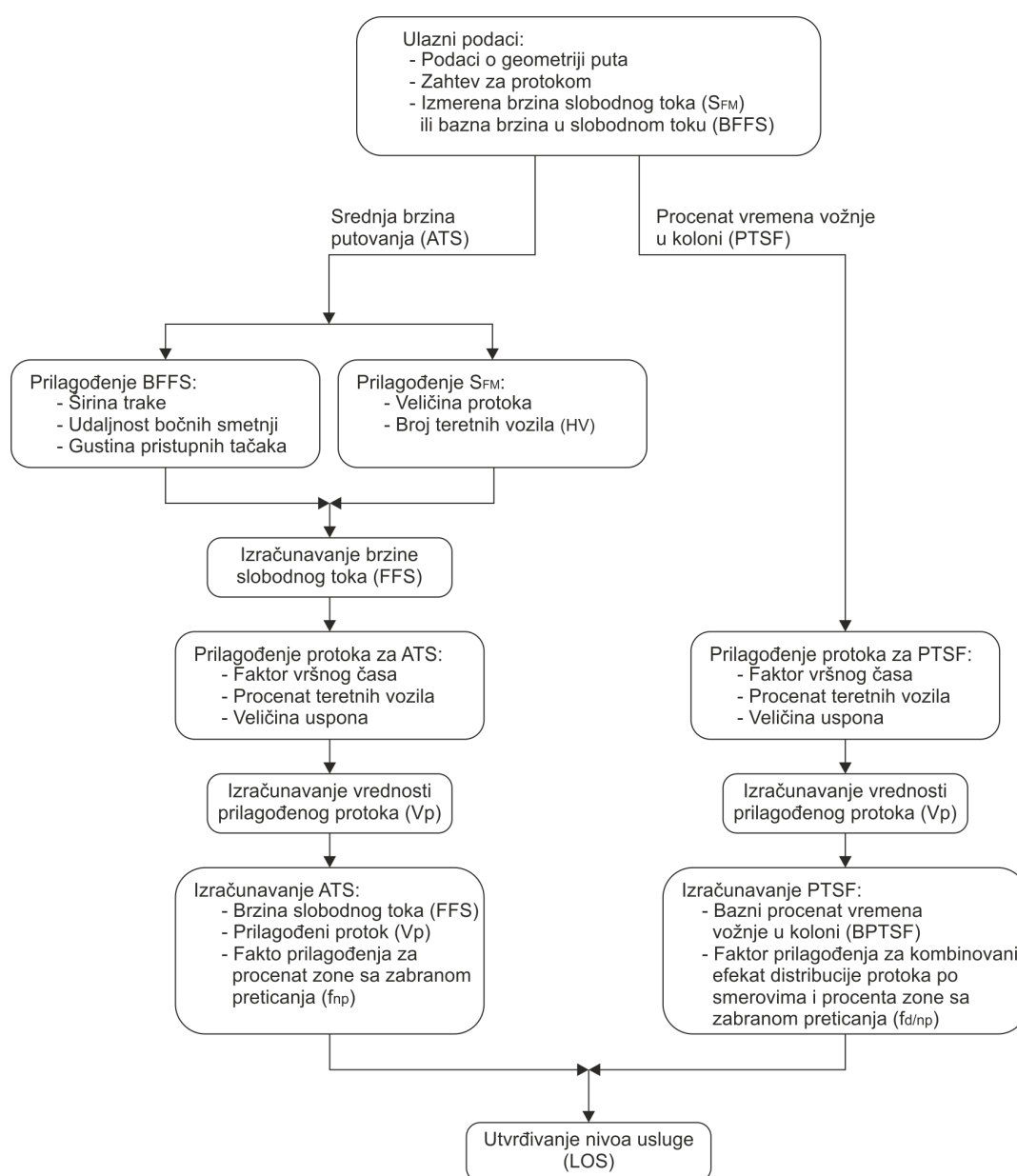
Prema ovom modelu, dužina puta preticanja se opisuje kao zbir dužina X_1 , X_2 i X_3 , a ove dužine zavise od rastojanja između vozila na početku (G_s) i na kraju puta preticanja (G_e), dužine vozila koje vrši preticanje (L_p) i dužine vozila koje se pretiče (L_i), i isključivo od brzine vozila koje se pretiče (V_i), pri čemu se smatra da brzina vozila koje vrši preticanje može maksimalno da ima vrednost maksimalne dozvoljene brzine na deonici na kojoj se vrši preticanje. Brzina vozila koja se pretiče usvojena je modelom, pa tako za projektnu brzinu od 60 km/h brzina preticanog vozila (V_i) iznosi 51 km/h, za projektnu brzinu od 80 km/h kao brzina preticanog vozila usvaja se 65 km/h. [3]. Prema ovom modelu put preticanja ima sledeću analitičku osnovu:

$$L = L_p + L_i + G_s + G_e + V_o \cdot (T_1 + T_2 + T_3) \quad [2.6]$$

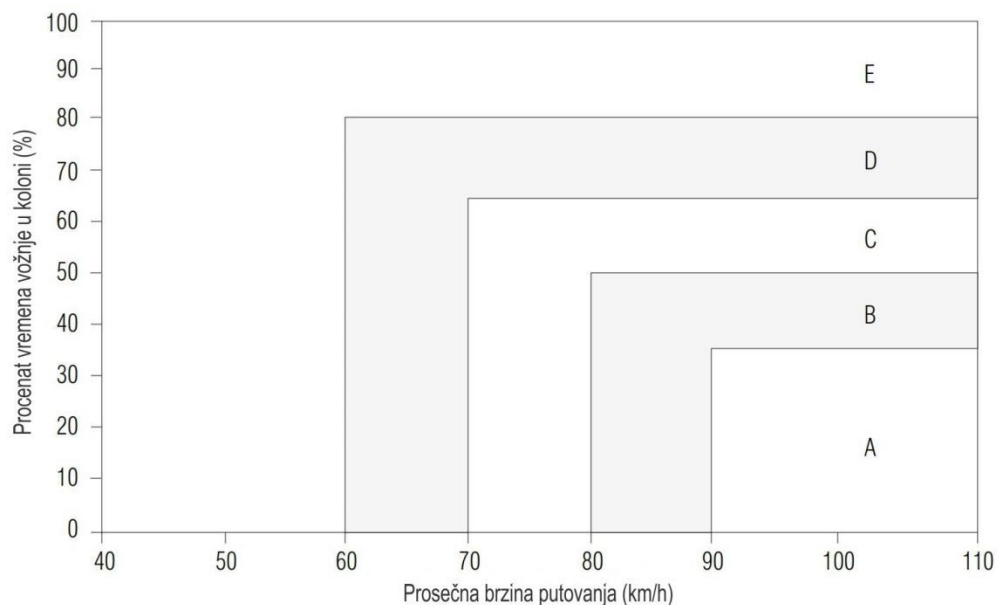
Model Wang i Cartmell naišao je na kritike zbog svoje kompleksnosti jer je ovim modelom ponuđeno tri različita slučaja u zavisnosti od toga u kojoj fazi pretičuće vozilo dostiže maksimalnu brzinu [3]. Sa druge strane ovim modelom nije predviđen slučaj u kojoj pretičuće vozilo može da odustane od izvršenja preticanja, već se smatra da ukoliko se preticanje započne isto mora biti i završeno, što se ne može prihvatiti za realne uslove odvijanja saobraćaja. Dobra strana ovog modela je to što su u njemu mnogo detaljnije i realnije sagledani elementi puta preticanja.

3. ZNAČAJ UTVRĐIVANJA DUŽINE PRETICAJNE PREGLEDNOSTI

Prilikom projektovanja puteva na osnovu utvrđene dužine preticajne preglednosti definiše se dužina zone na kojoj je dozvoljeno odnosno zabranjeno preticanje. Ukoliko se vrednuje funkcionalnost projektovanog puta bitan parametar predstavlja nivo usluge koji se ostvaruje na posmatranom dvotračnom putu. Utvrđivanje nivoa usluge primenom postupka iz HCM 2000 (*Highway Capacity Manual 2000*) podrazumeva utvrđivanje srednje brzine putovanja (ATS) i procenta vožnje u koloni (PTSF) nakon čega se na osnovu jednog od ova dva parametra određuje nivo usluge saobraćajnice. Da bi se izračunalo srednje vreme putovanja i procenat vremena vožnje u koloni neophodan je podatak o dužini zone na kojoj je dozvoljeno odnosno zabranjeno preticanje. Kao što je već rečeno dužina ovih zona zavisi od definisane preglednosti na preticanje.



Slika 5. Algoritam utvrđivanja nivoa usluge na dvotračnim putevima prema HCM 2000



Slika 6. Grafički kriterijum određivanja nivoa usluge za dvotračni put prema HCM 2000

Posmatrajući algoritam koji je prikazan na slici 5. može se zaključiti da procenat zone sa zabranom preticanja utiče na vrednost srednje brzine putovanja (ATS) i procenta vremena provedenog u sleđenju odnosno vožnje u koloni (PTSF). Sa porastom procenta zona na kojoj je preticanje zabranjeno, opada srednja brzina putovanja, a raste procenat vremena proveden u sleđenju što u konačnom utiče na smanjenje nivoa usluge (slika 6.). Dakle, prilikom projektovanja dvotračnih puteva treba težiti da se na što većem delu puta stvore uslovi za izvršenje preticanja. Iz tog razloga, potrebno je utvrditi optimalnu vrednost preticajne preglednosti koja će omogućiti bezbedno preticanje. U narednoj tabeli prikazane su vrednosti preticajne preglednosti prema različitim modelima za računsku brzinu od 80 km/h.

Tabela 1. Dužine preticajne preglednosti prema različitim kriterijumima za $V_r=80$ km/h

Model		Preticajna preglednost [m]
Internacionalni modeli	AASHTO Green Book	540
	Australija ESD	640
	Australija CSD	300
	Austrija, Njemačka, Grčka	525
	Kanada	560
	Južna Afrika	560
Kriterijumi u zemljama regiona	Crna Gora	680
	Republika Srbija	480
	Bosna i Hercegovina	520
	Republika Hrvatska	490
Alternativni modeli	Glennon	250
	Wang i Cartmell, a_{pmax1}	540
	Wang i Cartmell, a_{pmax2}	410

4. MODEL ZA PRORAČUN DUŽINE PRETICAJNE PREGLEDNOSTI

Utvrđivanje modela za proračun preticajne preglednosti izvršeno je na osnovu podataka dobijenih prilikom analize manevra preticanja u realnom saobraćajnom toku. Istraživanje je vršeno na dvotračnim putevima čija računaska brzina iznosi $V_r=80$ km/h. Za potrebe izbora modela preticanja analizirani su sledeći parametri:

- Prosečna brzina pretičućeg vozila na početku puta preticanja – V_p ;
- Prosečna brzina pretičućeg vozila tokom vremena koje provede u traci za suprotni smer - V_1 ;
- Prosečna brzina pretičućeg vozila na kraju preticanja – V_z ;
- Prosečna brzina preticanog vozila u trenutku dok se pretičuće vozilo nalazi u traci za suprotni smer - V_2 ;
- Dužina puta preticanja - L
- Rastojanje između vozila na početku preticanja - L_3 ;
- Rastojanje između vozila na kraju preticanja - L_4 ;
- Prosečno ubrzanje pretičućeg vozila od početne brzine V_p do brzine $V_1 - a_p$;
- Prosečno ubrzanje pretičućeg vozila od početne brzine V_1 do brzine $V_z - a_z$.

Kao slučajevi koji su potpuno relevantni kada je u pitanju analiza manevra preticanja u realnom saobraćajnom toku su oni u kojim je moguće odrediti sve prethodno navedene parametre preticanja. U formiranim bazama podataka izvršena je raspodela manevara prema kategorijama vozila koja su učestvovala u preticanju. S obzirom na kategorije vozila koja su učestvovala u preticanju, iz uzorka su izdvojena dva karakteristična slučaja koja su merodavna za analizu, a to su:

- **I slučaj:** putnički automobil pretiče putnički automobil (PA-PA)
- **II slučaj:** putnički automobil pretiče teretno vozilo (PA-TV).

4.1. Istraživanje karakteristika preticanja u realnom saobraćajnom toku

Za potrebe istraživanja karakteristika preticanja izvršeno je snimanje realnog saobraćajnog toka u periodu april-maj 2013. godine, na tri deonice magistralnog puta u Crnoj Gori i to:

- 15,17 i 18 aprila I deonica (Podgorica-Nikšić, Crna Gora)
- 27 i 29 aprila II deonica (Podgorica-Cetinje, Crna Gora) i
- 14 i 15 maja III deonica (Danilovgrad-Nikšić, Crna Gora).

Deonice su odabrane tako da svojim karakteristikama pružaju različite uslove za ponašanje vozača odnosno vozila prilikom preticanja.

Obradom video zapisa realnog saobraćajnog toka na tri različite deonice dvotračnog puta formiran je uzorak od ukupno 203 izvršena manevra preticanja, pri čemu su za njih utvrđeni karakteristični parametri na osnovu kojih je dalje formiran model proračuna dužine preticajne preglednosti.

Put deonice I na magistralnom putu Podgorica-Nikšić je u horizontalnoj krivini radijusa 2500 m, sa malim skretnim uglom. Podužni nagib i iznosi 0,05%. Širina kolovoza na ovoj deonici puta iznosi $2 \times 3,75$ m + $2 \times 0,5$ m., sa bankinom širine 1,5 m. Kolovoz je u dobrom stanju, bez mrežastih pukotina. Put se nalazi u zaseku, s tim što je kosina useka značajno udaljena od puta. Ukupna dužina isprekidane linije na ovoj deonici iznosi 600m. Deo puta pre i posle deonice I put je u pravcu, sa istim karakteristikama kada je podužni pad u pitanju. Dužina zone puta prve deonice koja ulazi u opseg analiziranog video zapisa iznosi $L=250$ m.

Put deonice II na magistralnom putu Podgorica-Cetinje je u blagoj horizontalnoj krivini, sa podužnim padom koji iznosi 0,6%. Širina kolovoza iznosi $2 \times 3,5 \text{ m} + 2 \times 0,35 \text{ m}$, sa bankinom širine 1,5 m. Kolovoz je u dobrom stanju, bez mrežastih pukotina. Put se nalazi u useku a kosine useka formirane su sa blagim nagibom. Ukupna dužina isprekidane linije na ovoj dionici je 400m. Posle deonice je blaga krivina sa zabranjenim preticanjem. Put je u konstantnom usponu iste vrednosti. Dužina zone puta druge deonice koja ulazi u opseg analiziranog video zapisa iznosi $L=250 \text{ m}$.

Put deonice III na magistralnom putu Podgorica-Nikšić je u pravcu, nagib nivelete iznosi 3,25%. Podužni nagib sa ovom vrednošću nivelete traje 1235 m, pri čemu se deonica na kojoj je vrešeno snimanje nalazi na kraju uspona. Širina kolovoza iznosi $2 \times 3,5 \text{ m} + 2 \times 0,35 \text{ m}$. Put je u zaseku pri čemu je kosina useka blago izvedena, a kosina nasipa iznosi 1:1,5. Berme, odnosno bankine su široke 1,5 m. Kolovoz je u dobrom stanju, bez mrežastih pukotina i oštećenja. Ukupna dužina isprekidane linije na ovoj deonici iznosi 600 m. Pre deonice, put je u blagoj desnoj krivini obeležen punom linijom, a posle u blagoj levoj krivini takođe sa punom linijom. Put je u konstantnom usponu iste vrednosti. Dužina zone puta treće deonice koja ulazi u opseg analiziranog video zapisa iznosi $L=320 \text{ m}$.

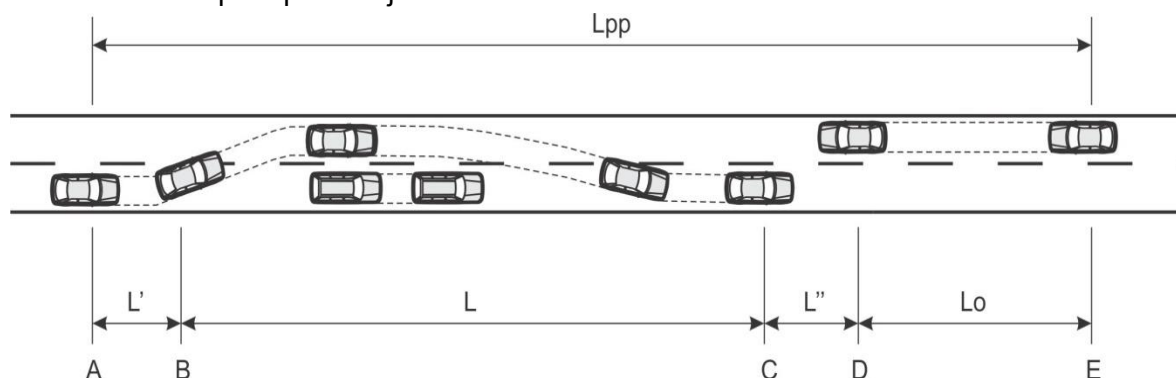
4.2. Razvoj modela za definisanje potrebne dužine preticajne preglednosti

Prema prethodno utvrđenim parametrima koji figurišu prilikom manevra preticanja, usvojeni su oni koji predstavljaju granične vrednosti i to za slučajeve kada brzina pretičućeg vozila ne prelazi 88 km/h . Merodavni parametri koji su utvrđeni istraživanjem definisani su na bazi 85. percentila i dati su u sedećoj tabeli:

Tabela 2. Parametri preticanja potrebni za izbor modela preticajne preglednosti.

V_r (km/h)	V_1 (km/h)	ΔV (km/h)	V_0 (km/h)	a_p (m/s ²)	a_z (m/s ²)	L_3 (m)	L_4 (m)	t_p (sec)	L (m)
80	79,2	15,6	80	1,11	0,86	10,0	15,9	7,1	129

- V_1 - Brzina pretičućeg vozila u trenutku preticanja;
- ΔV - Razlika brzina preticanog i pretičućeg vozila;
- V_0 - Brzina vozila iz suprotnog smjera;
- a_p - Prosječno ubrzanje vozila od brzine V_p do brzine V_1 ;
- a_z - Prosječno ubrzanje vozila od brzine V_1 do brzine V_z ;
- L_3 - Rastojanje između vozila na početku preticanja;
- L_4 - Rastojanje između vozila na kraju preticanja;
- t_p - Vrijeme potrebno za izvršenje preticanja (prelazak rastojanja B-C);
- L - Dužina puta preticanja*.



Slika 7. Elementi preticajne preglednosti

U okviru predmetnog istraživanja analizirano je samo rastojanje koje pređe vozilo tokom manevra preticanja (rastojanje L). Kako bi se izračunala potrebna preticajna preglednost mora se uzeti u obzir i rastojanje koje pređe pretičuće vozilo tokom vremena potrebnog za odluku za izvršavanje preticanja (rastojanje L'). Kako ovo vreme nije bilo predmet analize usvojeno je vreme koje je preporučeno AASHTO modelom koje za brzinu pretičućeg vozila od 80km iznosi $t_1=4,0$ s. Ovo vreme vozači koriste za osmatranje saobraćajne situacije i donošenje odluke o preticanju.

Tabela 3. Vreme za donošenje odluke o preticanju prema AASHTO kriterijumu

Brzina pretičućeg vozila (km/h)	50 - 65	66 - 80	81 - 95	96 - 110
t_1 (s)	3,6	4,0	4,3	4,5

Prema AASHTO modelu rastojanje koje pređe pretičuće vozilo tokom odluke o izvršenju manevra preticanja može se izračunati na osnovu sledeće matematičke relacije:

$$L' = 0,278 \cdot t_1 \cdot \left(V_1 - \Delta V + \frac{a_{p1} \cdot t_1}{2} \right) = 68,2 = 68 \text{ m} \quad [4.1]$$

Rastojanje L_o predstavlja rastojanje koje pređe vozilo iz suprotnog smera za vreme koje je potrebno da pretičuće vozilo pređe rastojanje A-C. Prema usvojenim parametrima dužina ovog puta iznosi:

$$L_o = (t_1 + t_p) \cdot V_o = 246,4 = 246 \text{ m} \quad [4.2]$$

Rastojanje L'' predstavlja bezbedno rastojanje između pretičućeg vozila na kraju preticanja i vozila iz suprotnog smera. Za potrebe proračuna preticajne preglednosti usvojena je vrednost ovog rastojanja koja je predložena AASHTO modelom. Prema ovom modelu ovo rastojanje iznosi od 30 do 90 metara u zavisnosti od prosečne brzine pretičućeg vozila. Kao merodavna veličina ovog rastojanja usvojena je vrednost $L''=55$ m.

Tabela 4. Vrednost bezbednosnog rastojanja L'' prema AASHTO kriterijumu

Brzina pretičućeg vozila (km/h)	50 - 65	66 - 80	81 - 95	96 - 110
L'' (m)	30	55	75	90

Prema slici 6 i na osnovu definisanih vrednosti elemenata preticajne preglednosti dužina preticajne preglednosti se može izračunati prema sledećoj relaciji:

$$L_{pp} = L' + L + L'' + L_o \quad [4.3]$$

Prema relaciji [4.3] vrednost dužine preticajne preglednosti za dvotračni put čija računaska brzina iznosi 80 km/h bila bi:

$$L_{pp} = L' + L + L'' + L_o = 68 + 129 + 55 + 246 = 498 \text{ m} \quad [4.4]$$

5. ZAKLJUČAK

Za potrebu izrade ovog tehničkog rešenja izvršeno je snimanje na tri deonice dvotračnog puta koje se nalaze van naseljenog mesta. Prema karakteristikama poprečnog profila, horizontalnih elemenata trase i nivoa usluge može se reći da su ove deonice bile reprezentativne za analizu karakteristika preticanja.

Analiza karakteristika preticanja izvršeno je tzv. Fotografskom metodom koja podrazumeva analizu video snimaka realnog saobraćajnog toka. Prednost ovakvog načina prikupljanja i obrade podataka jeste to što vozači koji su učestvovali u realnom saobraćajnom toku nisu imali informaciju o tome da su i učesnici u istraživanju, te se na taj način dobija potpuno realan i apsolutno merodavan uzorak za analizu jer je ponašanje vozača prilikom preticanja uobičajeno.

Istraživanje koje je izvršeno u okviru izrade ovog tehničkog rešenja vršeno je u cilju analize karakteristika preticanja u realnom saobraćajnom toku na deonicama čija računsa brzina odnosno maksimalna dozvoljena brzina iznosi 80 km/h. Na osnovu rezultata istraživanja definisan je model za utvrđivanje potrebne dužine preticajne preglednosti za vangradske deonice dvotračnih puteva. Dalja istraživanja potrebno je usmeriti i na odseke puteva sa manjom računskom brzinom odnosno na deonice sa manjom dozvoljenom brzinom kretanja kako bi se na taj način definisale vrednosti preticajne preglednosti za različite kategorije puteva u zavisnosti od dozvoljene brzine kretanja.

6. LITERATURA

- B. Greenshields, „The Photographic Method of studying Traffic Behaviour,“ *Proceedings of the 13th Annual Meeting of the Highway Research Board*, 1933.
- B. Ivanović, V. Basarić, N. Garunović, J. Mitrović Simić / N. Saulić, „Istraživanje brzina u preticanju,“ *Put i saobraćaj*, t. 60, br. 1, pp. 39-43, 2014.
- B. Ivanović, N. Garunović / Z. Tomanović, „Research on the length of passing distance in the real traffic flow,“ *Građevinar*, t. 66, br. 9, pp. 823-830, 2014.
- D. Harwood, D. Fambro, B. Fishburn, H. Joubert, R. Lamm / B. Psarianos, *Transportation Research Circular E-003: International sight distance design practices*, Washington D.C.: TRB, National Research Council, 1998.
- J. Katanić, V. Andjus / M. Maletin, *Projektovanje puteva*, Beograd: IRO "Građevinska knjiga", 1983.
- L. Kuzović, *Kapacitet i nivo usluge drumskih saobraćajnica*, Beograd: Saobraćajni fakultet, 2000.
- L. Kuzović / V. Bogdanović, *Teorija saobraćajnog toka*, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka, 2010.
- M. Taieb-Mimon / D. Shinar, „Minimum and Comfortable Driving Headways: Reality versus Perception,“ *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, t. 43, pp. 159-172, 2001.
- Transportation research board, *Highway Capacity Manual 2000*, Washington D.C.: Transportation research board, 2000.
- Transportation research board, *NCHRP report 605 - Passing Sight Distance Criteria*, Washington, D.C.: Transportation research board, 2008.
- V. Bogdanović, N. Garunović, N. Ruškić / B. Ivanović, „Rastojanje sleđenja vozila prilikom preticanja u realnom saobraćajnom toku,“ *Abstract proceedings . V International conference Modern trends in traffic, logistics and ecology for sustainable development*, pp. 20, 2014.
- V. Bogdanović, N. Ruškić, M. Kulović / I. Han, „Toward a Capacity Analysis Procedure for Nonstandard Two-Way Stop-Controlled Intersections,“ *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, t. 2395, pp. 132-138, 2014.
- Y. Wang / M. P. Carmel, „New model for passing sight distance on two-lane highways,“ *Journal of transportation engineering*, t. 124, br. 6, pp. 536-545, 1998.



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централна: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: _____
Ваш број: _____
Датум: 2015-11-26

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 3. редовној седници одржаној дана 28.10.2015. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 13.3.7: У циљу верификације новог техничког решења предлажу се рецензенти:

- Проф. др Љубиша Кузовић, Саобраћајни факултет Београд
- Др Милица Миличић, доцен, ФТН

МОДЕЛ ПРОРАЧУНА ДУЖНЕ ПРЕТИЦАЈНЕ ПРЕГЛЕДНОСТ

Аутори: Вук Богдановић, Ненад Рушкић, Валентина Басарић, Драженко Главић, Биљана Ивановић, Немања Гаруновић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки

Na osnovu uvida u tekst tehničkog rešenja pod nazivom:

MODEL PRORAČUNA DUŽINE PRETICAJNE PREGLEDNOSTI

koje su uradili saradnici Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu i Građevinskog fakulteta u Podgorici Univerziteta Crne gore (rukovodilac predloženog tehničkog rešenja je dr Vuki Bogdanović, vanredni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu) a koje je nastalo na osnovu istraživanja obavljenih u okviru izrade doktorske disertacije Mr Biljane Ivanović i master rada Nemanje Garunovića pod mentorstvom dr Vuka Bogdanovića. Na osnovu uvida u tehničko rešenje sledi

RECENZIJAZ

U prvom poglavlju **Opis problema** autori su definisali osnovne karakteristike dvotračnih puteva posmatrano sa aspekta manevra preticanja koji je karakterističan za saobraćajnice ovakvog tipa. Takođe definisan je pojam dužine preticajne preglednosti kao faktora koji direktno utiče na uslove odvijanja saobraćaja na dvotračnim putevima i cilj istraživanja i rada.

U drugom poglavlju pod nazivom **Analiza dosadašnjih modela** autori analiziraju ključne karakteristike modela za proračun preticajne preglednosti prema AASHTO kriterijumu kao jednog od najčešće korišćenog modela. Pored toga opisan je i model na kom se baziraju usvojene vrednosti dužine preticajne preglednosti u zemljama regiona. U drugom delu ovog poglavlja prikazana su dva alternativna modela koja su zbog karakteristika u načinu posmatranja preticajne preglednosti izdvojeni iz nekolicine alternativnih modela koji su se razvili tokom poslednjih četrdeset godina.

Značaj utvrđivanja dužine preticajne preglednosti je treće poglavlje predloženog tehničkog rešenja i u okviru ovog poglavlja analiziran je postupak utvrđivanja nivoa usluge na dvotračnim putevima prema metodologiji HCM-2000, kao i indirektan uticaj dužine preticajne preglednosti na nivo usluge. Pored toga prikazane su usvojene vrednosti dužine puta preticanja prema različitim modelima i kriterijumima koji se koriste u svetu.

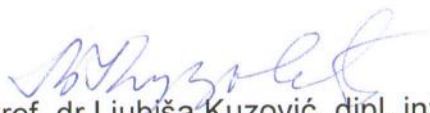
U četvrtom poglavlju pod nazivom **Model za proračun dužine preticajne preglednosti** u prvoj tački ukratko je opisano istraživanje koje je sprovedeno za potrebe prikupljanja podataka o karakteristikama preticanja u realnom saobraćajnom toku. U okviru ovog poglavlja definisani su parametri koji figurišu u novonastalom modelu preticajne preglednosti što podrazumeva i usvajanje referentnih vrednosti određenih parametara za dvotračne puteve čija računaska brzina iznosi 80 km/h. U nastavku ovog poglavlja prikazan je postupak proračuna preticajne preglednosti prema predloženom modelu kao i vrednost usvojene dužine preticajne preglednosti.

U petom poglavlju pod nazivom **Zaključak** autori predloženog tehničkog rešenja dali su osnovna zaključna razmatranja vezana za novonastali model za proračun dužine preticajne preglednosti i mogućnost njegove praktične primene.

U šestom poglavlju **Literatura** navedena je osnovna literatura koja je korišćena prilikom izrade modela.

Na osnovu izloženog, mišljenja sam da je model u predloženom tehničkom rešenju pod nazivom **Model za proračun dužine preticajne preglednosti** značajan u postupcima projektovanja i analiza uslova odvijanja saobraćaja na dvotračnim putevima. Iz tog razloga smatram da se predloženi model može smatrati novim postupkom, pa u skladu sa tim predlažem da na osnovu odredaba **Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača** bude prihvaćen kao **tehničko rešenje** kategorije M83.

U Beogradu, 20.10.2015. godine,


Prof. dr Ljubiša Kuzović, dipl. inž. saob.

Na osnovu uvida u tekst tehničkog rešenja pod nazivom:

MODEL PRORAČUNA DUŽINE PRETICAJNE PREGLEDNOSTI

koje su uradili saradnici Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu i Građevinskog fakulteta u Podgorici Univerziteta Crne gore (rukovodilac predloženog tehničkog rešenja je dr Vuk Bogdanović, vanredni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu) a koje je nastalo na osnovu istraživanja obavljenih u okviru izrade doktorske disertacije Mr Biljane Ivanović i master rada Bsc Nemanje Garunovića pod mentorstvom dr Vuka Bogdanovića. Na osnovu uvida u tehničko rešenje sledi

RECENZIJ

Predloženo tehničko rešenje sastoji se iz šest poglavlja u okviru kojih su opisani i definisani osnovni problemi i motivi predmetnog istraživanja, značaj preticajne preglednosti kao predmeta analize u ovom radu, kao i analiza dosadašnjih istraživanja koji se tiču modela za utvrđivanje dužine preticajne preglednosti.

U uvodnom poglavlju definisan je pojam preticajne preglednosti kao predmeta istraživanja a pored toga i kao parametra koji značajno utiče na uslove odvijanja saobraćaja na dvotračnim putevima. Takođe je naveden cilj samog istraživanja kao i postupak koji je upotrebljen za prikupljanje i analizu podataka.

Drugo i treće poglavlje obuhvataju opis prethodnih istraživanja i osvrt na značaj dužine preticajne preglednosti kao elementa koji utiče na nivo usluge dvotračnih puteva. Prikazani su referentni modeli za proračun dužine preticajne preglednosti koji su izdvojeni prema svojim karakteristikama i načinu posmatranja dužine preticajne preglednosti, kao i usvojene dužine preticajne preglednosti prema svakom od tih modela za karakterističnu računsku brzinu. U ovom delu predloženog tehničkog rešenja ukratko je prikazan i postupak proračuna nivoa usluge na dvotračnim putevima najčešće korišćenom metodologijom kako bi se pokazao uticaj dužine puta preticanja na uslove odvijanja saobraćaja.

U četvrto poglavlju opisano je istraživanje preticanja u realnom saobraćajnom toku koje je sprovedeno na tipičnim deonicama dvotračnih puteva, bez mogućnosti uticaja na realno ponašanje vozača. U drugoj tački ovog poglavlja opisan je predloženi model za proračun dužine preticajne preglednosti. Opis modela u ovom delu tehničkog rešenja obuhvatio je prikaz i

opis parametara, usvojenih referentnih vrednosti i putnih uslova u okviru kojih je predložen model primenljiv.

Peto poglavlje je završno deo ovog tehničkog rešenja u kom su data osnovna zaključna razmatranja i kritički osvrt na novonastali model za proračun dužine preticajne preglednosti. U okviru ovog poglavlja takođe se razmatra mogućnost praktične primene ovog modela.

Nakon zaključnog poglavlja navedena je osnovna literatura koja je korišćena tokom istraživanja i formiranja navedenog modela.

Na osnovu izloženog, mišljenja sam da je recenzirani rad nazivom **Model za proračun dužine preticajne preglednosti** veoma značajan za definisanje objektivne dužine preticajne preglednosti u analiziranim putnim uslovima dvotračnih puteva. Iz tog razloga smatram da se predloženi model može smatrati novim postupkom, pa u skladu sa tim predlažem da na osnovu odredaba *Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača* bude prihvaćen kao **tehničko rešenje** kategorije M83.

U Novom Sadu, 18.10.2015. godine,

Doc. dr Milica Miličić, dipl. inž. saob.





УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централa: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftnDean@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАџМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2015-11-26

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Новом Саду, на 5. редовној седници одржаној дана 25.11.2015. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

ТАЧКА 17. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

Тачка 17.2.: На основу позитивног извештаја рецензената верификује се техничко решење под називом:

17.2.18. Назив техничког решења:

МОДЕЛ ПРОРАЧУНА ДУЖНЕ ПРЕТИЦАЈНЕ ПРЕГЛЕДНОСТ

Аутори: Вук Богдановић, Ненад Рушкић, Валентина Басарић, Драженко Главић, Биљана Ивановић, Немања Гаруновић.

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

Декан



Проф. др Раде Дорословачки