

## Savremeni postupci za analizu kapaciteta i Nivoa Usluge dvotračnih puteva

Marijana Stojković<sup>a</sup>, Marijo Vidas<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija

### PODACI O RADU

DOI: 10.31075/PIS.68.01.04

Stručni rad

Primljen: 05/02/2022

Prihvaćen: 20/03/2022

Korespondent autor:

[m.vidas@sf.bg.ac.rs](mailto:m.vidas@sf.bg.ac.rs)

**Keywords:**

Dvotračni put

Kapacitet

Nivo Usluge

### REZIME

U ovom radu opisani su pojmovi kapaciteta i Nivoa Usluge dvotračnih puteva. Rad takođe obuhvata prikaz različitih metodologija za proračun kapaciteta i Nivoa Usluge dvotračnog puta, kao što su HCM 2010, HCM 2015, HBS 2001, HBS 2015 i novoklasični postupak. Osim samih metodologija, prikazane su i razlike između njih, što je naglašeno kroz uporednu analizu postupaka i tipične test primere, na kojima se vidi razlika između dobijenih rezultata kapaciteta i Nivoa Usluge na konkretnim primerima. Primeri su takvi da se neki od njih međusobno razlikuju za samo jedan parametar, što prikazuje uticaj tog parametra na promenu u vrednostima kapaciteta i Nivoa Usluge dvotračnog puta. Uporedna analiza obuhvata analizu uticaja pojedinih putnih i saobraćajnih karakteristika na kapacitet i Nivo Usluge dvotračnog puta.

## 1. Uvod

Inženjeri su davno shvatili da je za potrebe ocenjivanja funkcionalnosti putne mreže neophodno imati određena uputstva i priručnike pomoću kojih bi se putna mreža vrednovala po unapred zadatim kriterijumima. Postoji veliki broj priručnika razvijenih za analizu kapaciteta i Nivoa Usluge. U ovom radu će biti predstavljeni neki od njih: HCM 2010, HCM 2015, HBS 2001, HBS 2015 i novoklasični postupak. Biće predstavljene karakteristike koje uzimaju svaki od priručnika kao i njihov uticaj na kapacitet i Nivo Usluge.

Kapacitet je kvantitativna mera sposobnosti drumskih saobraćajnica da udovolje zahtevima saobraćaja. Kapacitet je definisan kao maksimalna veličina protoka vozila koji može proći kroz posmatrani presek saobraćajane trake ili kolovoza u određenom vremenskom periodu pri preovlađujućim putnim i saobraćajnim uslovima. Nivo Usluge predstavlja kvalitativnu meru koja karakteriše uslove u saobraćajnom toku. Nivoi Usluge označeni su određenim slovima od A do F.

Na Nivou Usluge A uslovi saobraćaja su najbolji – odgovaraju slobodnom toku, a na Nivou Usluge F najlošiji – odgovaraju forsiranom saobraćajnom toku. Svaki Nivo Usluge pokazuje određeni kvalitet saobraćaja.

## 2. Karakteristike uslova u saobraćajnom toku na dvotračnim putevima

Dvotračni put podrazumeva nepodeljeni kolovoz sa dve saobraćajne trake, po jednom za svaki smer. Za preticanje sporijeg vozila upotrebljava se suprotna traka, koliko dužina preglednosti i interval sleđenja između dva vozila u suprotnom toku saobraćaja dozvoljavaju. Zahtevi za preticanjem rastu sa porastom veličine toka, dok mogućnost za izvršenje bezbednog preticanja opada. Kako se geometrijska ograničenja i protok saobraćaja povećava, mogućnost preticanja se smanjuje i formiraju se kolone vozila. Za razliku od autoputeva i višetračnih puteva sa neometanim tokovima, na dvotračnim putevima saobraćajni tok u jednom smeru uvek utiče na tok u drugom smeru. Vozači su prinuđeni da prilagođavaju brzinu u funkciji povećanja veličine toka i smanjenja mogućnosti za preticanjem.

Efikasna pokretljivost je osnovna funkcija većih dvotračnih puteva koji povezuju veće generatore putovanja ili koji služe kao primarne veze u državi i mreži međunarodnih puteva [1]. Konzistentan saobraćaj velikih brzina i mali procenat vremenskih zastoja su poželjne osobine ovakvih puteva. Kod dvotračnih vangradskih puteva koji imaju ulogu obezbeđivanja pristupačnosti, odnosno ospluživanja lokalnih sadržaja, velika brzina nije glavni uslov [2]. Kašnjenje, koje se dobija formiranjem kolone vozila, je bitnije kao mera Nivoa Usluge.

### 3. Savremeni postupci za analizu kapaciteta i Nivoa Usluge dvotračnih puteva

#### 3.1. Highway Capacity Manual (HCM) 2010 i 2015

HCM je američki priručnik koji sadrži koncepte, smernice, i računске korake za proračun i analizu kapaciteta i Nivoa Usluge različitih tipova puteva, uključujući: autoputeve, dvotračne i višetračne puteve, gradske arterije, kružne, signalisane i nesignalisane raskrsnice, kao i uticaj masovnog transporta, pešačenja i biciklističkog saobraćaja na uslove u saobraćajnim tokovima ovih sistema. Do sada je objavljeno šest izdanja sa unapređenim i ažuriranim procedurama u periodu od 1950-2015. godine. Postupak za proračun kapaciteta i Nivoa Usluge dvotračnih puteva po HCM-u 2010 i HCM-u 2015 je isti [3,4].

Zbog velikog broja različitih funkcija koje opslužuju dvotračni putevi, metodologija uspostavlja tri klase puteva. Tri klase dvotračnih puteva su definisane na sledeći način [4]:

- Klasa I dvotračnih puteva - Putevi gde korisnici - vozači očekuju da putuju relativno velikim brzinama. Dvotračni putevi koji su glavne veze između većih gradova, primarne veze između velikih generatora kretanja, rute svakodnevnih kretanja, ili glavni linkovi u državnim putnim mrežama su deo Klase I. Ovi putevi služe najčešće za duža putovanja ili pružaju vezu između puteva koji služe za duža putovanja.
- Klasa II dvotračnih puteva - Putevi gde korisnici - vozači ne očekuju po svaku cenu da se kreću velikim brzinama. Dvotračni putevi koji imaju funkciju pristupnih ruta putevima iz Klase I, služe kao rekreacione rute, ili za prolazak kroz područja gde su velike brzine nemoguće, su deo Klase II. Klasa II najčešće služi za relativno kraća putovanja, kao početni ili završni deo dužih putovanja, ili za putovanja u kojima je glavna svrha razgledanje znamenitosti.
- Klasa III dvotračnih puteva su putevi koji opslužuju umereno razvijena područja. Ovo mogu biti delovi puteva Klase I i II koji prolaze kroz male gradove ili razvijena rekreaciona područja. Na ovim deonicama, lokalni saobraćaj se često meša sa tranzitnim saobraćajem, i gustina nesignalisanih pristupnih tačaka je приметно veća nego u čisto ruralnim područjima. Klasa II puteva može biti i deo dužih deonica koje prolaze kroz šira rekreaciona područja, takođe sa povećanom gustinom pristupnih tačaka. Takvi segmenti su praćeni smanjenim ograničenjima brzina koje su rezultat većih aktivnosti.

U zavisnosti od klase puta, u HCM-u 2010 (2015), određivanje kapaciteta i Nivoa Usluge vodi preko proračuna Prosečne brzine putovanja ( $V_{pr}$ ) i Procenta vremenskih zastoja ( $\%VZ$ ) - Klasa I, Procenta vremenskih zastoja ( $\%VZ$ ) - Klasa II, kao i Procenta slobodne brzine ( $\%V_{sl}$ ) - Klasa III [4]. Daljim proračunom i korigovanjem potrebnih veličina utvrđuju se pomenuti pokazatelji i poređenjem dobijenih vrednosti sa kriterijumima Nivoa Usluge za odgovarajuću klasu puta, određuje se odgovarajući Nivo Usluge posmatranog odseka. Kapacitet je dat jednačinama u kojima se bazni kapacitet od 1700 PA/h/traci množi odgovarajućim faktorima u zavisnosti da li je jednačina vezana za prosečnu brzinu putovanja ili procenat vremenskih zastoja. Kapacitet dvotračnog puta u praktično idealnim uslovima je 1700 (PA/h u jednom smeru), sa ograničenjem od 3200 PA/h za oba smera ukupno. Zbog međusobne interakcije saobraćajnog toka suprotnih smerova, kada se kapacitet od 1700 PA/h dostigne u jednom smeru, maksimalni tok iz suprotnog smera se ograničava na 1500 PA/h.

#### 3.2. Novoklasični postupak

Novoklasični postupak je postupak razvijen u našoj zemlji. Kod novoklasičnog postupka kapacitet je u funkciji brzine i gustine. Račun se podešava i prilagođava korekcionim faktorima u zavisnosti od specifičnih slučajeva. Ukoliko je brzina u funkciji tri faktora (uzdužni nagib, minimalni radijus i stanje kolovoza) veća od 70km/h, radi se standardan slučaj za proračun kapaciteta, dok ukoliko je brzina u funkciji bilo kog od ovih faktora manja od 70km/h, radi se specijalan slučaj u funkciji tog faktora. Nivo Usluge se kod ovog priručnika proračunava na osnovu odnosa merodavnog protoka i kapaciteta, tipa terena i procenta zabranjenog preticanja. Novoklasični postupak je najdetaljniji i on ne uzima u obzir klasifikaciju puteva [5].

#### 3.3. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)

HBS je nemački priručnik koji predstavlja priručnik za projektovanje sistema saobraćajnica, koji opisuje standardizovane metode za određivanje kapaciteta i procenu kvaliteta saobraćajnog toka za različite saobraćajne sisteme. Prvi put je objavljen u januaru 2002. godine pod nazivom HBS 2001.

U HBS 2001 za izvođenje klase uspona mora da se izvede profil brzine za merodavno teretno vozilo (MTV) za sve odseke istraživane deonice dvotračnog puta. Upotrebom datih q-V dijagrama, posmatrani odseci se dodeljuju odgovarajućim klasama uspona. Nakon određivanja kojoj klasi uspona pripada odsek, može se utvrditi kapacitet uzimajući u obzir preostale relevantne veličine: horizontalna zakrivljenost, i procenat TV u saobraćajnom toku za posmatrani odsek.

Kada su dostupni svi potrebni podaci, kapacitet se očitava iz odgovarajuće tabele. Nivo Usluge, po HBS-u, zavisi isključivo od gustine saobraćaja (voz/km), koja se odnosi na oba smera vožnje. Računanjem odgovarajuće gustine za određeni odsek, dobijena vrednost se upoređuje sa tabelom graničnih vrednosti i očitava se odgovarajući Nivo Usluge [6].

Kod HBS 2015 razlika je ta što se klasa uspona utvrđuje iz tabele na osnovu uzdužnog nagiba i dužine uzdužnog nagiba, u sledećem koraku određuje se klasa zakrivljenosti, takođe iz tabele na osnovu horizontalne zakrivljenosti. Upotrebom q-V dijagrama očitava se brzina za određenu klasu uspona i klasu zakrivljenosti. Nakon toga se izračunava gustina na osnovu koje se određuje Nivo Usluge koristeći tabelu. Kada se odredi kojoj klasi uspona pripada odsek, može se utvrditi kapacitet uzimajući u obzir klasu zakrivljenosti i procenat TV u saobraćajnom toku za posmatrani odsek. Kada su dostupni svi potrebni podaci, kapacitet se očitava iz odgovarajuće tabele [7].

#### 4. Analiza navedenih postupaka po pojedinačnim putnim i saobraćajnim karakteristikama

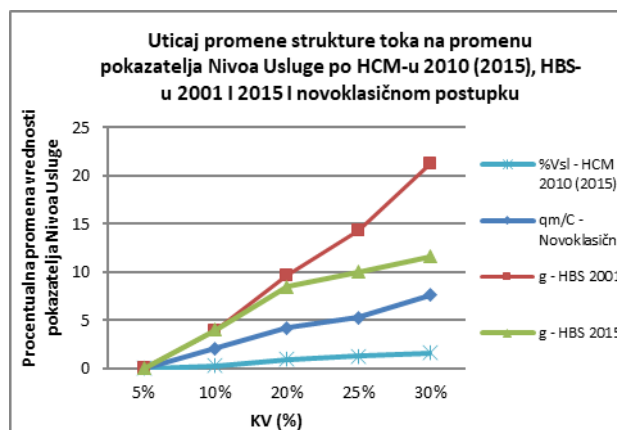
U ovom poglavlju biće prikazani uticaji određenih putnih i saobraćajnih karakteristika na kapacitet i Nivo Usluge po prethodno navedenim priručnicima. Cilj ovog poglavlja jeste da vidimo koje karakteristike uzima koji od priručnika, kao i koliki je uticaj promene strukture toka i uzdužnog nagiba na pokazatelje Nivoa Usluge i kapacitet po ovim priručnicima. U narednoj tabeli biće prikazane saobraćajne i putne karakteristike, kao i koji od prethodno navedenih priručnika uzima koju od karakteritika u obzir prilikom proračuna.

Tabela 1. Prikaz saobraćajnih i putnih karakteristika kao i prikaz priručnika koji uzimaju ili ne navedene karakteristike

		HCM 2010 (2015)	Novoklasični	HBS 2001	HBS 2015
Saobraćajne karakteristike	Struktura saobraćajnog toka	DA	DA	DA	DA
	Faktor vršnog sata	DA	DA	DA	DA
	Neravnomernost toka po smerovima	DA	DA	NE	NE
	Veličina PGDS-a	DA	DA	DA	DA
Putne karakteristike	Širina trake	DA	DA	NE	NE
	Udaljenost bočnih smetnji	DA	DA	NE	NE
	Gustina pristupnih tačaka	DA	NE	NE	NE
	Horizontalna zakrivljenost	NE	NE	DA	DA
	Minimalni radijus krivine	DA/NE	DA	NE	NE
	Uzdužni nagib	DA	DA	DA	DA
	Stanje kolovoza	NE	DA	NE	NE
	Procenat zone bez preticanja	DA	DA	DA	DA

#### 4.1. Uticaj promene strukture saobraćajnog toka na pokazatelje Nivoa Usluge

Na grafiku 1 je prikazano kako promena strukture toka utiče na promenu pokazatelja Nivoa Usluge po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku.



Grafik 1. Uticaj promene strukture toka na promenu pokazatelja Nivoa Usluge po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku

Na prethodnom grafiku možemo videti kako promena strukture toka utiče na promenu pokazatelja Nivoa Usluge po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku.

Kod HCM-a, za pokazatelj Nivoa Usluge je izabran %Vsl, gde možemo videti da je mala razlika u uticaju komercijalnih vozila od 5% i 30% na %Vsl. %Vsl se smanjio za 2% sa porastom komercijalnih vozila od 25%.

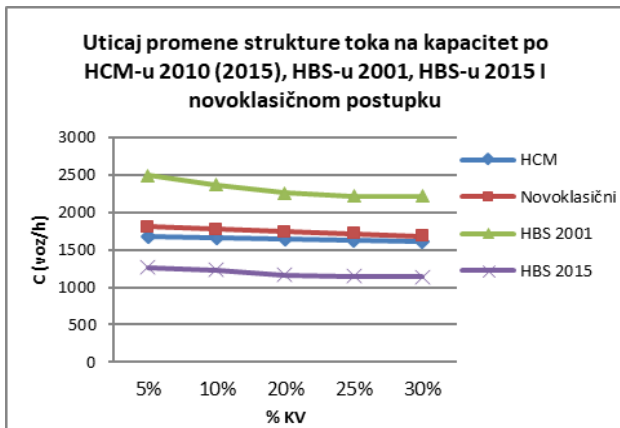
Kod HBS-a kao pokazatelj Nivoa Usluge koristi se gustina koja raste sa porastom %KV. Kod HBS-a 2001 gustina je porasla za 21% sa porastom komercijalnih vozila za 25%, dok je kod HBS-a 2015 gustina porasla za 12%.

Kod novoklasičnog postupka pokazatelj Nivoa Usluge je odnos qm/C koji raste sa porastom %KV. Odnos qm/C je porastao za 8% sa porastom komercijalnih vozila za 25%.

Najveći uticaj procenat komercijalnih vozila od 30% ima na gustinu kod HBS-a 2001. Nivo Usluge po HCM-u je D, dok je po HBS-u i novoklasičnom postupku C.

#### 4.2. Uticaj promene strukture saobraćajnog toka na kapacitet

Na grafiku 2 je prikazano kako promena strukture toka utiče na kapacitet po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku.

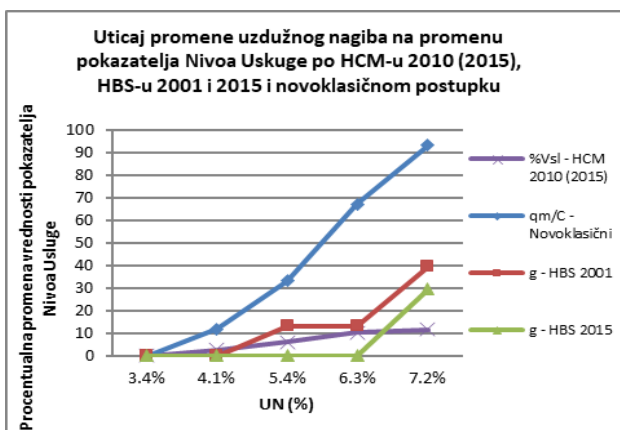


**Grafik 2.** Uticaj promene strukture toka na kapacitet po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku

Na prethodnom grafiku možemo videti kako promena strukture toka utiče na kapacitet po HCM-U 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku. Kapacitet primenom svih navedenih priručnika opada sa porastom procenta komercijalnih vozila. Kod HCM-a kapacitet opada za 5%, kod HBS-a 2001, kapacitet opada za 11%, kod HBS-a 2015 za 10%, dok je kod novoklasičnog postupka kapacitet opao za 7% sa porastom komercijalnih vozila za 30%.

#### 4.3. Uticaj promene uzdužnog nagiba na pokazatelje Nivoa Usluge

Na grafiku 3 je prikazano kako promena uzdužnog nagiba utiče na pokazatelje Nivoa Usluge po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku.



**Grafik 3.** Uticaj promene uzdužnog nagiba na promenu pokazatelja Nivoa Usluge po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku

Na prethodnom grafiku možemo videti kako promena uzdužnog nagiba utiče na promenu pokazatelja Nivoa Usluge po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku.

Kod HCM-a, za pokazatelj Nivoa Usluge je izabran %Vsl, gde taj procenat opada sa povećanjem uzdužnog nagiba. Na grafiku možemo videti da je sa povećanjem uzdužnog nagiba za 3.8%, %Vsl se smanjio za 12%.

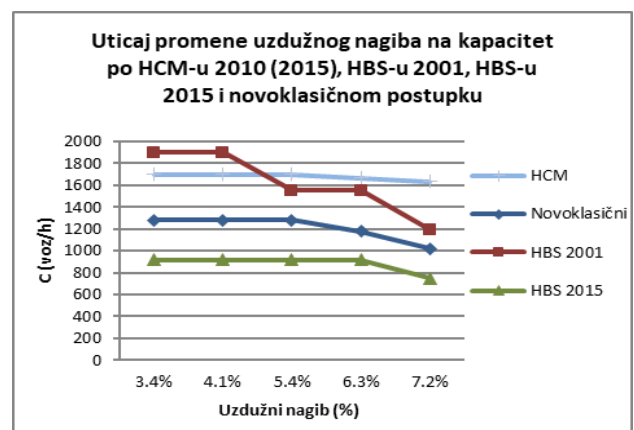
Kod HBS-a kao pokazatelj Nivoa Usluge koristi se gustina koja raste sa porastom uzdužnog nagiba. Kod HBS-a 2001, gustina se povećala za 40% sa povećanjem uzdužnog nagiba za 3.8%, dok se kod HBS-a 2015 gustina povećala za 30%.

Kod novoklasičnog postupka pokazatelj Nivoa Usluge je odnos  $qm/C$  koji takođe raste sa porastom uzdužnog nagiba, sa povećanjem uzdužnog nagiba od 3.8%, odnos  $qm/C$  raste za 25%.

Najveći uticaj promena uzdužnog nagiba ima na odnos  $qm/C$  kod novoklasičnog postupka, dok kod HBS-a 2015 uzdužni nagib od 3.4% ima isti uticaj na gustinu kao i uzdužni nagib od 6.3%. Nivo Usluge po HCM-u je D, gde sa povećanjem uzdužnog nagiba na 6.3%, on opada na E, dok je po HBS-u 2001 Nivo Usluge C, sa povećanjem uzdužnog nagiba na 5.4% on opada na D, kod HBS-a 2015, Nivo Usluge je C, dok je po novoklasičnom postupku Nivo Usluge E.

#### 4.4. Uticaj promene uzdužnog nagiba na kapacitet

Na grafiku 4 je prikazano kako promena uzdužnog nagiba utiče na kapacitet po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku.



**Grafik 4.** Uticaj promene uzdužnog nagiba na kapacitet po HCM-u 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku

Na prethodnom grafiku možemo videti kako promena uzdužnog nagiba utiče na kapacitet po HCM-U 2010 (2015), HBS-u 2001, HBS-u 2015 i novoklasičnom postupku. Kapacitet primenom svih navedenih priručnika opada sa povećanjem uzdužnog nagiba. Kod HCM-a kapacitet opada za 4%, kod HBS-a 2001, kapacitet opada za 37%, kod HBS-a 2015 za 18%, dok je kod novoklasičnog postupka kapacitet opao za 20% sa povećanjem uzdužnog nagiba.

## 5. Упоредна анализа – Test na 10 primera

U sledećoj tabeli su prikazane tehničko eksploatacione karakteristike koje uzimaju u obzir navedeni priručnici kao i raspon vrednosti koji je uziman u obzir prilikom proračuna Nivoa Usluge i kapaciteta u 10 primera.

**Tabela 2.** Tehničko eksploatacione karakteristike i raspon vrednosti koji je korišćen u 10 primera za proračun Nivoa Usluge i kapaciteta

Tehničko eksploatacione karakteristike			
Širina trake (m)		2.75 – 3.50	
Udaljenost bočnih smetnji (m)		0.5 – 1.9	
Minimalni radijus (m)		23 - 465	
Uzdužni nagib	prosečni	UNpros (%)	0.5 – 3.5
		IUNpros (m)	4500
	specifični	UNspec (%)	3.6 – 7.2
		IUNspec (m)	715 - 1056
Gustina pristupnih tačaka		1 - 63	
Stanje kolovoza		Dobro, vrlo dobro i odlično	
Tip terena		Ravničarski, brdovit i planinski	
Procenat zone bez preticanja (%)		20 - 90	
Horizontalna zakrivljenost		29 - 250	

U tabeli 3 i 4 biće prikazane dobijene vrednosti kapaciteta i Nivoa Usluge za 10 tipičnih primera, primenom navedenih 5 priručnika. Prilikom proračuna Nivoa Usluge pretpostavljeni su podaci o saobraćajnom toku u skladu sa istraživanjima prikazanim relevantnoj literaturi [8,9]. Na osnovu dobijenih rezultata su doneti određeni zaključci.

**Tabela 3.** Dobijeni Nivoi Usluge za 10 tipičnih primera primenom navedenih priručnika

	HCM		NOVOKLASIČNI	HBS 2001	HBS 2015	
	NU1	NU2	NU (qm/C)	NU (g)	NU1 (g)	NU2 (g)
1	E	E	D	D	D	D
2	E	E	E	D	D	D
3	E	E	E	D	D	C
4	E	E	E	D	D	C
5	D	B	E	C	C	B
6	D	B	F	C	C	B
7	C	B	D	B	C	B
8	D	B	E	B	D	A
9	D	D	D	C	C	C
10	C	C	D	C	C	C

**Tabela 4.** Dobijene vrednosti kapaciteta za 10 tipičnih primera primenom navedenih priručnika

	HCM		NOVOKLASIČNI	HBS 2001	HBS 2015
	C1	C2	C	C	C
1	1700	1500	2763	2338	1217
2	1700	1500	2631	2215	1135
3	1343	1343	1848	2153	1178
4	1360	1360	1742	1823	1089
5	1700	1500	1278	1901	1009
6	1700	1500	892	1230	915
7	1700	1500	1922	2332	1210
8	1700	1500	1276	2394	1105
9	1700	1500	1763	2322	1210
10	1700	1500	2232	2060	1085

HCM 2010 (2015): Priručnik HCM prilikom proračuna Nivoa Usluge uzima u obzir sve navedene karakteristike u tabeli 1 osim stanja kolovoza i horizontalne zakrivljenosti. U tabeli 2 je prikazan raspon vrednosti pokazatelja koji su korišćeni pri proračunu kapaciteta i Nivoa Usluge. Nakon dobijenih vrednosti za 10 tipičnih primera možemo zaključiti da najveći uticaj na pokazatelje Nivoa Usluge po HCM-u 2010 (2015) imaju uzdužni nagib, gustina pristupnih tačaka i procenat zone bez preticanja, gde je dobijen najniži Nivo Usluge. Na proračun kapaciteta po HCM-u od navedenih karakteristika utiče uzdužni nagib. Novoklasični postupak: Novoklasični postupak prilikom proračuna Nivoa Usluge i kapaciteta ne uzima u obzir gustinu pristupnih tačaka i horizontalnu zakrivljenost. Nakon dobijenih Nivoa Usluge za 10 tipičnih primera možemo zaključiti da najveći uticaj na pokazatelje Nivoa Usluge i kapacitet imaju uzdužni nagib i minimalni radijus.

HBS 2001 i HBS 2015: Priručnik HBS prilikom proračuna Nivoa Usluge i kapaciteta od svih navedenih karakteristika, ne uzima u obzir širinu trake, udaljenost bočnih smetnji, minimalni radijus, gustinu pristupnih tačaka i stanje kolovoza. Najveći uticaj na pokazatelje Nivoa Usluge, gde se i dobija najniži Nivo Usluge, kao i na kapacitet po HBS-u ima horizontalna zakrivljenost i uzdužni nagib.

### 5.1. Uпоредна анализа priručnika - postupak proračuna Nivoa Usluge i kapaciteta

Američki HCM priručnik i nemački HBS priručnik se dosta razlikuju. HCM 2010 (2015) razvrstava DP u tri klase u zavisnosti od željenih pokazatelja uslova saobraćaja na putu, dok je u namčkom HBS-u 2001 i 2015 klasifikacija određena po usponu u zavisnosti od brzine merodavnog teretnog vozila koje ono može postići na datim usponima (2001) i po usponu u zavisnosti od uzdužnog nagiba i dužine uzdužnog nagiba (2015). Kod novoklasičnog postupka kapacitet je u funkciji brzine i gustine.

Posmatrajući priručnike HCM i novoklasični postupak razlika u karakteristikama koju koriste jedan i drugi priručnik jeste ta što HCM pored svih ostalih karakteristika koju koristi novoklasični, koristi i gustinu pristupnih tačaka, dok novoklasični postupak ne koristi gustinu pristupnih tačaka. Nivo Usluge opada kod HCM-a sa povećanjem pristupnih tačaka, dok kod novoklasičnog sa smanjenjem minimalnog radijusa. Ukoliko nemamo ni jednu vrednost karakteristike koja značajno utiče na Nivo Usluge, a pritom su i vrednosti ove dve karakteristike takve da nemaju značajan uticaj, onda je po ova dva priručnika Nivo Usluge isti. Za proračun kapaciteta po HCM-u, ovaj priručnik koristi bazni kapacitet (1700 PA/h po traci) i korekzione faktore za uzdužni nagib i procenat komercijalnih vozila, dok kapacitet kod novoklasičnog postupka zavisi od brzine i gustine pri kapacitetu, odnosno od karakteristika: uzdužnog nagiba, strukture toka, minimalnog radijusa, širine trake bočnih smetnji, neravnomernosti po smeru i stanja kolovoza.

Posmatrajući HCM i HBS, razlika u karakteristikama koju koriste jedan i drugi je ta što HCM koristi putne karakteristike: širina trake, udaljenost bočnih smetnji, minimalni radijus kao i gustinu pristupnih tačaka kao i saobraćajnu karakteristiku, neravnomernost po smerovima, dok HBS priručnik ne koristi ove karakteristike, ali koristi horizontalnu zakrivljenost. Povećanjem širine trake i udaljenosti bočnih smetnji, Nivo Usluge je bolji, dok sa povećanjem gustine pristupnih tačaka i neravnomernosti po smerovima, Nivo Usluge je na nižem nivou. Kod HBS-a, povećanjem horizontalne zakrivljenosti, Nivo Usluge se smanjuje. Razlika između proračuna kapaciteta kod HCM-a i HBS-a je što HBS uzima u obzir pored uzdužnog nagiba i strukture toka i horizontalnu zakrivljenost. Posmatrajući priručnike HBS i novoklasični postupak razlika u karakteristikama koju koriste jedan i drugi je ta što novoklasični postupak koristi putne karakteristike: širina trake, udaljenost bočnih smetnji i minimalni radijus kao i saobraćajnu karakteristiku, neravnomernost po smerovima, dok HBS priručnik ne koristi ove karakteristike, ali koristi horizontalnu zakrivljenost.

Povećanjem širine trake, udaljenosti bočnih smetnji i minimalnog radijusa, Nivo Usluge je bolji, dok sa povećanjem neravnomernosti po smerovima, Nivo Usluge se razlikuje po smeru kretanja. Kod HBS-a, povećanjem horizontalne zakrivljenosti, Nivo Usluge se smanjuje. Za proračun kapaciteta po HBS-u, ovaj priručnik koristi uzdužni nagib, udeo saobraćaja teških vozila i horizontalnu zakrivljenost, dok kapacitet kod novoklasičnog postupka zavisi od brzine i gustine pri kapacitetu, odnosno od karakteristika: uzdužni nagib, strukture toka, minimalnog radijusa, širine trake bočnih smetnji, neravnomernosti po smeru i stanja kolovoza.

## 6. Zaključak

Analiza postupaka pokazala je da je američki HCM najdetaljniji postupak, dok je nemački HBS najjednostavniji za primenu. U okviru Novoklasičnog postupka selekcija postupka analize vrši se na osnovu dominantnih putnih karakteristika. Dominantne putne i saobraćajne karakteristike koje utiču na proračun kapaciteta i NU su neadekvatni poprečni profili, gustina pristupnih tačaka, specifični uzdužni nagib, minimalni radijus horizontalne krivine i struktura toka.

S obzirom na najširu primenu i najmoderniji pristup, od svih postupaka prikazanih u ovom radu, za analizu kapaciteta i Nivoa Usluge na mreži dvotračnih puteva u našoj zemlji, nameće se priručnik HCM 2010 (2015). Za primenu HCM-a (ili drugog odgovarajućeg postupka) u Srbiji u lokalnim uslovima, potrebno je sistematsko prikupljanje podataka (sveobuhvatna saobraćajna istraživanja) o mreži dvotračnih puteva u zemlji, zatim kalibrisanje postupka za specifičnosti u lokalnim uslovima i na kraju primena koja bi mogla dati osnove za razvoj putne mreže u Srbiji. Potrebno je nastaviti istraživanja u svrhu definisanja što adekvatnijeg modela analize kapaciteta i NU za primenu u lokalnim uslovima.

## Modern procedures for capacity and Level of Service analysis of two-lane roads

**Marijana Stojković, M.Sc.TE**

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade

**Marijo Vidas, Ph.D.TE**

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade

**Abstract:** This paper describes the concepts of capacity and Level of Service of two-lane roads. The paper also includes an overview of different methodologies for capacity and Level of Service analysis of Two-lane road, such as HCM 2010, HCM 2015, HBS 2001, HBS 2015 and procedure developed in Republic of Serbia. In addition to the methodologies themselves, the differences between them are presented, which is emphasized through a comparative analysis of procedures and typical test examples, which show the difference between the obtained results of capacity and the level of service on specific examples. Examples are such that some of them differ from each other by only one parameter, which shows the impact of this parameter on the change in the values of capacity and Level of Service of the two-lane road. Comparative analysis includes the analysis of the impact of certain road and traffic characteristics on the capacity and Level of Service of the two-lane road.

**Key words:** Two-lane roads, capacity, Level of Service

## Literatura

- [1] Maletin Mihailo, and Vladan Tubić. "Basic characteristics of traffic on primary rural roads in Serbia." *International Journal for Traffic and Transport Engineering* 3.4 (2013).
- [2] Tubić Vladan, Dragana Božić, and Nemanja Stepanović. "Analysis of speed on rural state roads—valley routes." *Int. J. Traffic Transp. Eng* 10 (2020): 111-125.
- [3] "Highway Capacity Manual" HCM 2010, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2010
- [4] "Highway Capacity Manual" HCM 2015, Transportation Research Board, National Academies Press, Washington, D.C., 2015
- [5] Kuzović, Lj.: „Kapacitet i Nivo Usluge drumskih saobraćajnica“, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2000.
- [6] FGSV "Hnadbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen- HBS 2001", Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Köln, 2001.
- [7] FGSV "Hnadbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen- HBS 2015", Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Köln, 2015.
- [8] Subotić Marko, Vladan Tubić, and Bojan Marić. "PCE in analysis models of the number of following vehicles on a two-lane road." *International Journal for Transport and Traffic Engineering* 6.1 (2016): 25-37.
- [9] Petković Miloš, Vladan Tubić, and Nemanja Stepanović. "Prediction of design hourly volume on rural roads." *Transportation research record* 2675.3 (2021): 112-121.