

Uticaj izgradnje autoputa na veličinu i raspodelu saobraćajnih tokova: primer slučaja autoputa A2 u Srbiji

Draženko Glavić^a

^a Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija

PODACI O RADU

DOI: 10.31075/PIS.69.04.02

Stručni rad

Primljen: 11.09.2023.

Prihvaćen: 29.09.2023.

Korespondent autor:

drazen@sf.bg.ac.rs

Ključne reči:

Autoput,

PGDS,

Novostvoreni PGDS,

Preusmereni PGDS,

Putarina

REZIME

U ovom radu su analizirani ukupni saobraćajni tokovi na starom i novom putu, nakon izgradnje i puštanja u eksploataciju novog puta. Saobraćajni tokovi su analizirani na primeru slučaja autoputa A2 (autoput Miloš Veliki) i puta B-22 (tzv. Ibarska Magistrala). Cilj rad je bila analiza raspodele ukupnih saobraćajnih tokova, kao i analiza saobraćajnih tokova po naplatnim kategorijama. U radu su primenjene metode statističke analize. Dobijeni rezultati pokazuju znatan porast ukupnih saobraćajnih tokova nakon izgradnje autoputa na putnom pravcu Beograd - Čačak. Analizom su dobijeni veoma interesantni podaci o raspodeli saobraćajnih tokova. U daljim istraživanjima potrebno je sprovesti anketu kako bi se otkrile zakonitosti i uticajni faktori na obim i na raspodelu saobraćajnih tokova, kao i kategorija saobraćajnih tokova (novostvoreni, preusmereni i normalni saobraćajni tokovi).

1. Uvod

Izgradnja autoputeva, usled značajnog poboljšanja uslova saobraćaja, smanjenja operativnih troškova vozila (VOC), kao i zbog smanjenja vremena putovanja, stvara uslove za ubrzan rast postojećih društvenih i ekonomskih aktivnosti u uticajnom području autoputa. Ovo takođe stvara uslove za razvoj potpuno novih društvenih i ekonomskih aktivnosti duž autoputeva.

Brz rast postojećih i razvoj novih društvenih i ekonomskih aktivnosti, u uticajnom području autoputa, rezultiralo je povećanjem potreba za prevozom ljudi i robe u odnosu na normalan rast potreba za prevozom u području bez autoputa. Brz rast potreba za prevozom ljudi i robe u odnosu na normalan rast, dovodi do pojave indukovano ili novostvorenog saobraćaja na autoputu [1], [2].

U Srbiji se konstantno povećava mreža autoputeva. Dužina autoputeva trenutno iznosi 977 kilometara sa trendom rasta u narednom periodu. S obzirom na ovu činjenicu potrebno je istražiti uticaj novoizgrađenih autoputeva na saobraćajne tokove.

Dužina izgrađenih i neizgrađenih autoputeva (IA kategorije), koji se nalaze na teritoriji Republike Srbije, prikazana je u Tabeli 1.

Tabela 1. Dužina izgrađenih i neizgrađenih autoputeva IA kategorije¹

Oznaka puta	Od - Do	Dužina (km)	
		Izgrađeno	Neizgrađeno
A1	Horgoš - Novi Sad - Beograd - Niš - Vranje - Preševo	613,156	
A2	Beograd - Obrenovac - Gornji Milanovac - Čačak - Požega	140,067	19,68
A3	Batrovci - Beograd	95,444	
A4	Niš - Pirot - Dimitrovgrad - Gradina	105,434	
A5	Pojate - Kruševac - Kraljevo - Preljina	23,184	97,325
UKUPNO		977,285	117,005

Na Slici 1 prikazana je mreža izgrađenih, u izgradnji i planiranih autoputeva i brzih saobraćajnica u Srbiji.

¹ <https://www.putevi-srbije.rs/index.php/en/organisation/sector-for-the-maintenance-of-public-roads-of-i-and-ii-category/department-for-highway-preservation-and-maintenance> (Accessed: 10/09/2023 at 17:32)



Slika 1. Mreža izgrađenih, u izgradnji i planiranih autoputeva i brzih saobraćajnica u Srbiji ²

Na svim autoputevima u Srbiji je prisutno plaćanje putarine po kilometru [3], dok je tehnologija koja se primenjuje DSRC sa barijerama, kao i ručno plaćanje putarine [4]–[6].

Putarina na autoputevima utiče na raspodelu saobraćajnih tokova između autoputa i starog puta [7]–[9].

Određeni broj vozila, a posebno teški kamioni, izbegavanjem putarine oštećuju sekundarnu mrežu i na taj način povećavaju, ubrzavaju propadanje parametara kvaliteta kolovoza i povećavaju troškove održavanja putne mreže i povećanu emisiju polutanta [3], [10], [11].

Cilja ovog rada je da se utvrdi kako izgradnja autoputa utiče na ukupan obim saobraćaja na koridoru, zatim kako utiče na raspodelu između starog puta i autoputa ukupno i po naplatnim kategorijama putarine. Predmet istraživanja je put B-22 i autoput A2 odnosno tzv. Ibarska Magistrala i autoput Miloš Veliki na delu od Beograda do Čačka.

2. Osnovni podaci o primeru slučaja: autoput A2 i put B-22

2.1. Autoput A2 od Beograda do Preljine

Autoput A2 je deo evropskih puteva E763 (Beograd-Čačak) i E761 (Čačak-Boljare). Na delu od Beograda, autoput A2 paralelno se pruža sa putem B-22 odnosno tzv. Ibarskom Magistralom.

Novoizgrađeni autoput koji ima 6 deonica. Radi analize saobraćajnih tokova podeljen je na tri putna poteza prema godini otvaranja i puštanja u saobraćaj putnih poteza. Navedeni putni potezi su:

- Putni potez 1 petlja Surčin jug - petlja Obrenovac
- Putni potez 2 petlja Obrenovac - petlja Ljig
- Putni potez 3 petlja Ljig - petlja Preljina.

Analizirani putni potezi autoputa A2 sa podelom na deonice prikazani su u narednoj Tabeli (Tabela 2).

Tabela 2. Deonice autoputa Miloš Veliki po putnim potezima

Putni potez	Deonica	Dužina (km)
Putni potez 1	Petlja Surčin jug-Petlja Obrenovac	16.4
	Petlja Obrenovac-Petlja Ub	26.01
Putni potez 2	Petlja Ub-petlja Lajkovac	12.5
	Petlja Lajkovac-Petlja Ljig	20.4
Putni potez 3	Ljig-Takovo	26.2
	Petlja Takovo-Preljina	16.7

2.2. Put B-22 od Beograda do Preljine

Državni put IB reda 22 tzv. Ibarska magistrala od Beograda se pruža kroz opštine i gradove Lazarevac, Lajkovac, Ljig, Gornji Milanovac, Čačak, Kraljevo, Rašku pa do Novog Pazara. Od Preljine do Kraljeva ide paralelno sa rekom Zapadnom Moravom, a zatim se od Kraljeva ka Novom Pazaru usmerava ka jugozapadu i ide paralelno sa rekom Ibar.

U postojećem stanju put B-22 je dvotračni sa velikim brojem pristupnih tačaka, ukrštanja, prolazaka kroz naseljena mesta, lošom geometrijom puta kao i lošim eksploatacionim stanjem kolovoza.

Postojeći put B-22 (Ibarska magistrala) na delu od Beograda do Preljine ima 19 deonica (Tabela 3). Radi uporedne analize saobraćajnih tokova na autoputu i Ibarskoj magistrali ovaj put je podeljen na tri putna poteza koji odgovaraju putnim potezima na autoputu.

² <https://lat.rt.rs/ekonomija/42302-srbija-do-kraja-godine-dobija-hiljaditi-kilometar-auto-puta/> (Accessed: 10/09/2023 at 19:45)

Navedeni putni potezi su:

- Putni potez 1 Petlja Orlovača-Lipovačka šuma
- Putni potez 2 Lipovačka šuma- Ljig
- Putni potez 3 Ljig- Preljina

Tabela 3. Prikaz deonica po potezima za putu B-22

Putni potez	Deonica	Dužina (km)
Putni potez 1 (Petlja Orlovača-Lipovačka šuma)	Petlja Orlovača-Ripanj	7.5
	Ripanj-Lipovačka šuma	2.2
	Lipovačka šuma(Barajevo)-Lipovačka šuma (B.Moštanica)	2.7
Putni potez 2 (Lipovačka šuma-Ljig)	Lipovačka šuma (B.Moštanica)-Meljak (Barajevo)	3.1
	Meljak (Barajevo)-Meljak (Vranić)	0.6
	Meljak (Vranić)-Stepojevac	12.7
	Stepojevac-Lazarevac (Ibarski put)	13.8
	Lazarevac (Ibarski put) -Čelije	4.5
	Čelije-Županjac	4.1
	Županjac-Dudovica	6.4
	Dudovica-Poljanice	8.8
	Poljanice-Ljig	1.6
	Ljig-Kadina Luka	3.1
Putni potez 3 (Ljig- Preljina)	Kadina Luka-Diči	5.7
	Diči-Ugrinovci	9.7
	Ugrinovci-Bučin Grob	10.7
	Bučin grob-Gornji Milonovac (Nevade)	9.6
	Gornji Milonovac (Nevade)-Gornji Milonovac	2.7
	Gornji Milonovac-Preljina	15.2

3. Analiza saobraćajnih tokova na postojećem putu i na novom putu

Analiza prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja (PGDS-a) sprovedena je za ukupan PGDS i po naplatnim kategorijama. Prvu kategoriju čine putnički automobili, drugu kategoriju čine laka teretna vozila. Zatim, treću kategoriju čine srednje teretna vozila, autobusi i teška teretna vozila, dok četvrtu kategoriju čine auto-vozovi.

Analiza saobraćajnih tokova je rađena primenom metode ponderisanja, jer ona najtačnije daje odnos PGDS-a na starom i novom putu uzimajući u obzir veličinu PGDS-a i dužinu deonice sa tim PGDS-om. Metoda se zasniva na sledećoj formuli:

$$PGDS_{POND} = \frac{\sum PGDS_i \times L_i}{\sum L_i}$$

gde je:

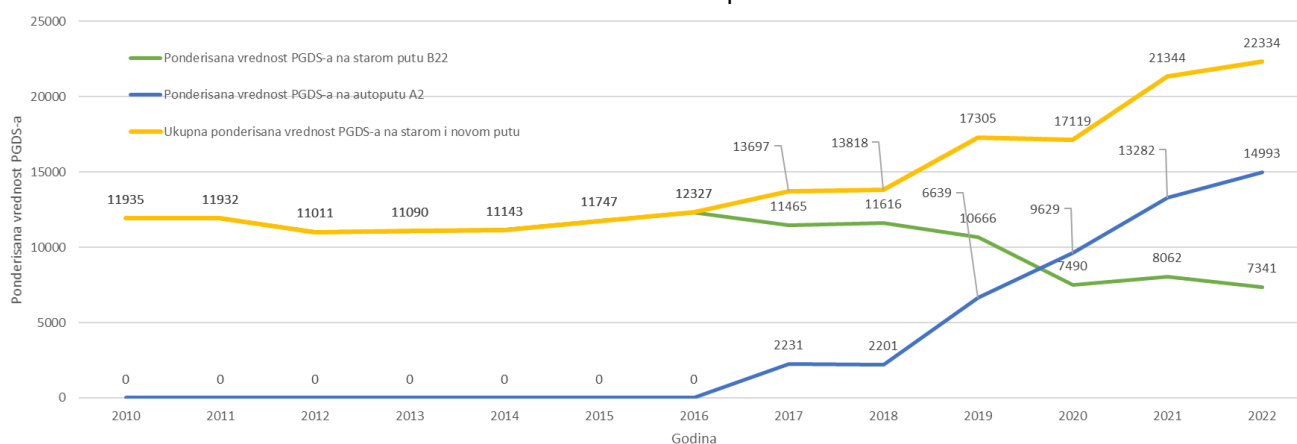
$PGDS_{POND}$ – Ponderisana vrednost PGDS-a;

$PGDS_i$ – PGDS na deonici i

L_i – Dužina deonice.

3.1. Analiza saobraćajni tokova na ukupnoj dužini

Na Slici 2 prikazana je uporedna vrednost ponderisane vrednosti PGDS-a po godinama za celu dužinu, od Beograda do Preljine, na starom putu B-22 i novom autoputu A2.



Slika 2. Uporedni prikaz ponderisane vrednosti PGDS-a na autoputu A2 i na starom putu B22 na ukupnoj dužini od Beograda do Preljine

Na Slici 2 se uočava da je nakon otvaranja trećeg putnog poteza (Ljig - Preljina) 2017. godine, ponderisana vrednost PGDS-a na autoputu iznosila oko 2.400 vozila na dan, dok je na starom putu prisutan blagi pad PGDS-a od oko 7%. Ukupna vrednost tokova za oba putna pravca porasla je za oko 10%.

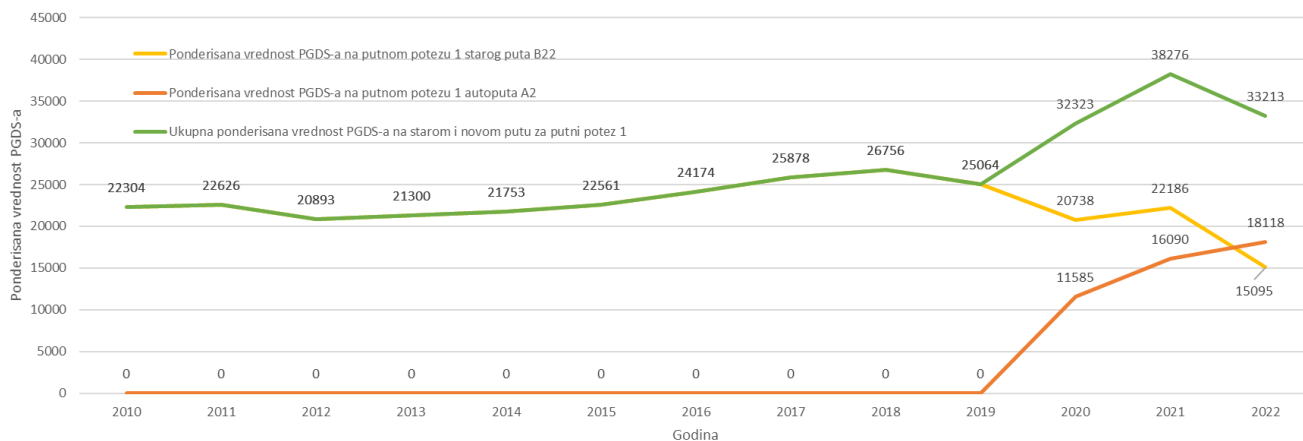
Nakon otvaranja drugog putnog poteza (petlja Obrenovac - petlja Ljig) 2019. godine, na Ibarskoj magistrali dolazi do dodatnog pada PGDS-a za oko 30%, dok se na autoputu beleži konstantan rast PGDS-a koji u 2020. godini iznosi blizu 10.000 voz/dan.

Nakon otvaranja prvog putnog poteza (petlja Surčin jug - petlja Obrenovac) 2020. godine, na Ibarskoj magistrali dolazi do stabilizacije PGDS-a, dok se na autoputu beleži konstantan rast PGDS-a koji u 2020. godini iznosi blizu 10.000 voz/dan, 2021.g. oko 13.000 voz/dan, a 2022.g. oko 15.000 voz/dan.

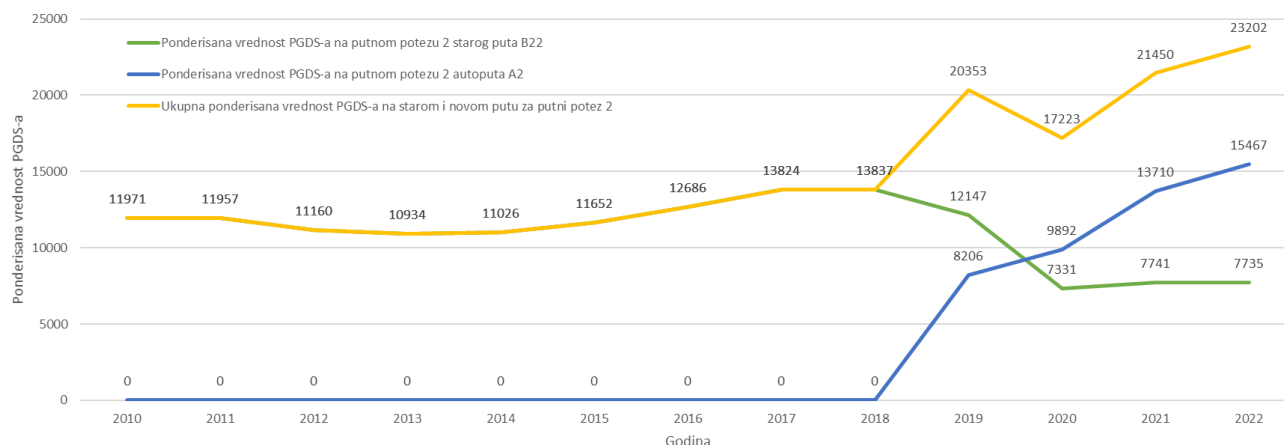
Interesantno je da je ukupan ponderisani saobraćaj na autoputu i Ibarskoj magistrali u 2022.g. oko 22.000 voz/dan i on je znatno veći (oko 60%) od PGDS-a koji bi postojao da se nije izgradio autoput. Ova situacija je posledica činjenice da se na autoputu osim normalnog toka koji je prešao sa Ibarske magistrale pojavljuju i novostvoreni i preusmereni tokovi.

3.2. Analiza saobraćajni tokova po putnim potezima

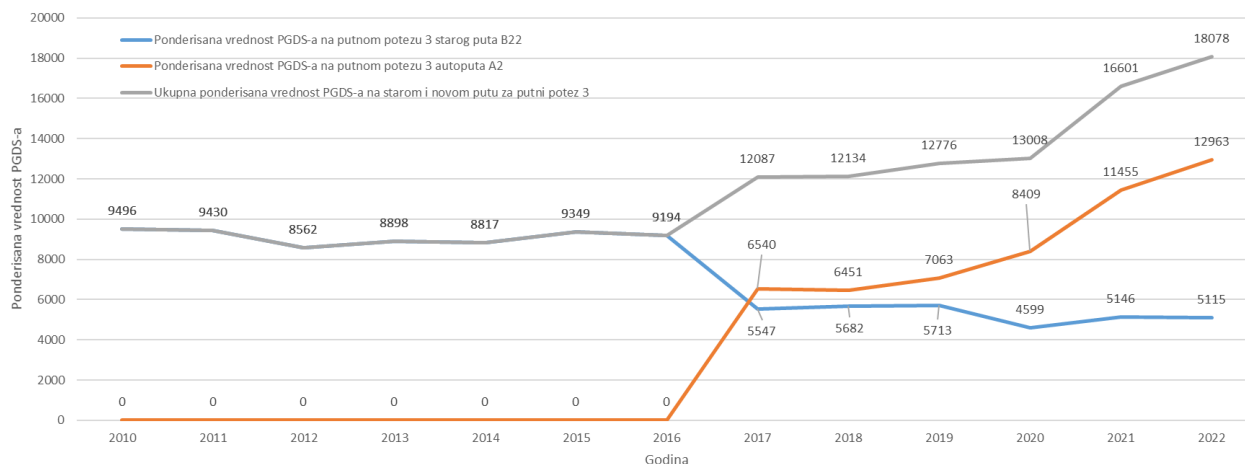
Na narednim Slikama (Slika 3 – 5) prikazana je uporedna vrednost ponderisane vrednosti PGDS-a po godinama na starom putu B-22 i novom autoputu A2 po putnim potezima.



Slika 3. Uporedni prikaz ponderisane vrednosti PGDS-a na putnom potezu 1 (Beograd-Obrenovac) na autoputu A2, na starom putu B-22 i ukupno za oba puta



Slika 4. Uporedni prikaz ponderisane vrednosti PGDS-a na putnom potezu 2 (Obrenovac-Ljig) na autoputu A2, na starom putu B-22 i ukupno za oba puta



Slika 5. Uporedni prikaz ponderisane vrednosti PGDS-a na putnom potezu 3 (Ljig-Preljina) na autoputu A2, na starom putu B-22 i ukupno

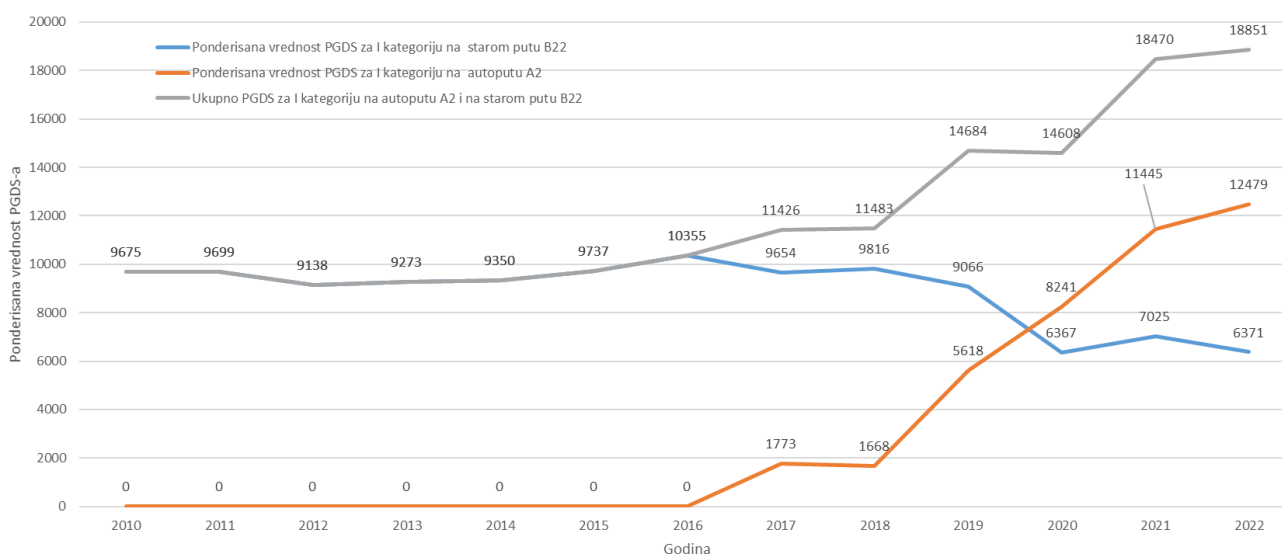
Na putnom potezu 1 (petlja Surčin jug - petlja Obrenovac) uočava se da se nakon puštanja autoputa u upotrebu beleži konstantan rast PGDS-a. U 2022-oj godini ponderisana vrednost PGDS-a na starom putu iznosi 15.095 voz/dan, a na autoputu 18.118 voz/dan. Ukupan PGDS na starom putu i autoputu iznosi 33.213 voz/dan, što predstavlja rast od oko 30% u odnosu na PGDS koji bi postojao da nije izgrađen autoput.

Na putnom potezu 2 (petlja Obrenovac - petlja Ljig) uočava se da se nakon puštanja u upotrebu autoputa beleži konstantni rast PGDS-a. U 2022-oj godini ponderisana vrednost PGDS-a na starom putu iznosi 7.735 voz/dan, a na autoputu 15.467 voz/dan. Ukupan PGDS na starom putu i autoputu iznosi 23.202 voz/dan što predstavlja rast od oko 60% u odnosu na PGDS koji bi postojao da nije izgrađen autoput.

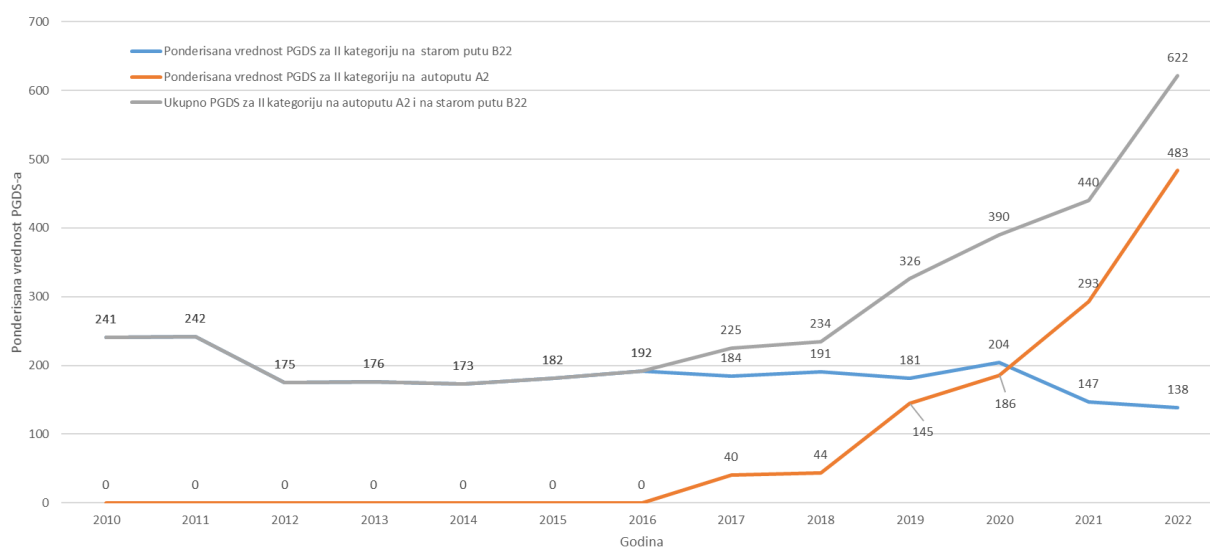
Na putnom potezu 3 (petlja Ljig- petlja Preljina) uočava se da se nakon puštanja u upotrebu autoputa beleži konstantni rast PGDS-a. U 2022-oj godini ponderisana vrednost PGDS-a na starom putu iznosi 5.115 voz/dan, a na autoputu 12.963 voz/dan. Ukupan PGDS na starom putu i autoputu iznosi 18.078 voz/dan što predstavlja rast od oko 100% u odnosu na PGDS koji bi postojao da nije izgrađen autoput.

4. Analiza saobraćaja po platnim kategorijama za ukupnu dužinu

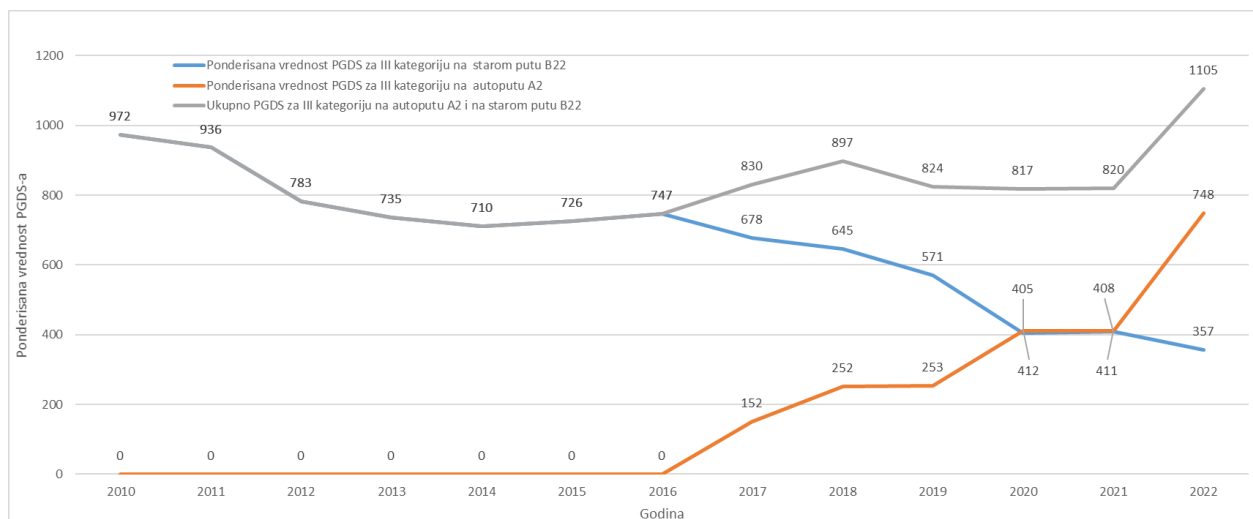
Na narednim Slikama (Slika 6 – 9) prikazana je uporedna vrednost ponderisane vrednosti PGDS-a po godinama na starom putu B-22 i novom autoputu A2 po putnim platnim kategorijama naplate putarine.



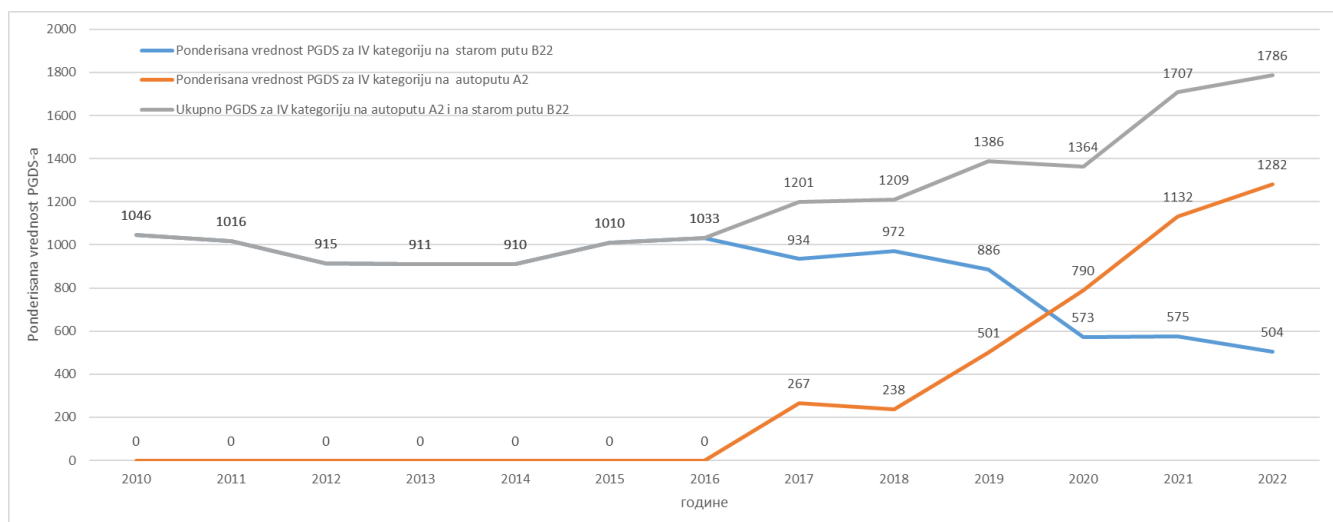
Slika 6. Ponderisana vrednost PGDS-a za I kategoriju na autoputu A2 i na starom putu B-22 na ukupnoj dužini od Beograda do Preljine



Slika 7. Ponderisana vrednost PGDS-a za II kategoriju na autoputu A2 i na starom putu B-22 na ukupnoj dužini od Beograda do Preljine



Slika 8.. Ponderisana vrednost PGDS-a za III kategoriju na autoputu A2 i na starom putu B22 na ukupnoj dužini od Beograda do Preljine



Slika 9. Ponderisana vrednost PGDS-a za IV kategoriju na autoputu A2 i na starom putu B22 na ukupnoj dužini od Beograda do Preljine

Na Slikama 6 - 9 prikazana je uporedna vrednost ponderisanog PGDS-a po godinama na starom putu B-22 i novom autoputu A2 po naplatnim kategorijama putarine.

Na Slici 6 prikazana je ponderisana vrednost PGDS-a za prvu kategoriju vozila na starom i novom putu. Broj putničkih automobila koji se odlučuje na korišćenje novog puta iz godine u godinu raste, u 2022.g. broj putničkih automobila je duplo veći na autoput i iznosi 12.479 PA/dan.

Isto pravilo je i za kategoriju 2 i 3 na Slikama 7 i 8, gde broj teretnih vozila i autobusa stalno raste u duplo je veći na autoputu nego na starom putu.

Na Slici 9 je prikazana ponderisana vrednost PGDS-a za četvrtu kategoriju vozila na starom i novom putu. Broj auto-vozova koji se odlučuje na korišćenje novog puta iz godine u godinu progresivno raste. U 2022. godini broj auto-vozova je 2,5 puta veći na autoputu nego na starom putu što je približno zadovoljavajući rezultat.

5. Zaključci i preporuke

Na autoputu A2 „Miloš Veliki“ nakon otvaranja prve deonice 2017. godine ponderisana vrednost prosečnog godišnjeg saobraćaja raste progresivno iz godine u godinu. Stopa rasta od 2019.g do 2022g iznosi u proseku preko 15%. S druge strane u istom periodu saobraćaj na putu B-22, Ibarskoj magistrali, je u padu sa prosečnom stopom od –9%. Vrednost ponderisanog PGDS-a za celu dužinu od Beograda do Preljine na putu B-22, Ibarskoj magistrali, u 2022.g. se stabilizovala na oko 7.000 voz/dan dok je na autoputu A2 „Miloš Veliki“ ponderisani PGDS oko 15.000 voz/dan

Posmatrajući raspodelu ponderisanog PGDS-a ya ukupnu dužinu po kategorijama naplate putarine na starom i novom putu uočava se da je:

- Broj auto-vozova (IV platna kategorija) koji se odlučuje na korišćenje autoputa iz godine u godinu u progresivnom porastu. U 2022. godini 2,5 puta više

vozača auto-vozova se odluči na korišćenje autoputa.

- Broj autobusa, srednje teretnih i teških teretnih vozila (III platna kategorija) koji se odlučuje na korišćenje autoputa takođe iz godine u godinu progresivno raste. U 2022. godini duplo više vozača autobusa, srednje teretnih i teških teretnih vozila se odlučilo na korišćenje autoputa.
- Broj lakih teretnih vozila (II platna kategorija) koji se odlučuje na korišćenje autoputa takođe progresivno raste. U 2022. godini 3,5 puta više vozača lakih teretnih vozila se odlučilo na korišćenje autoputa.
- Broj putničkih automobila (I platna kategorija) koji se odlučuje na korišćenje novog puta takođe konstantno raste i u 2022. godini je bilo 3 puta više vozača putničkih automobila koji su se odlučili na korišćenje autoputa.

Na osnovu sprovedene analize mogu se doneti sledeći zaključci:

- Ukupni saobraćajni tokovi na putnom pravcu Beograd Preljina (stari put i autoput) veći su za oko 60% u odnosu na veličinu PGDS-a koja bi bila da autoput nije izgrađen.
- Znatno povećanje saobraćaja na pravcu Beograd - Preljina je rezultat pojave novostvorenog i preusmerenog saobraćaja kao posledice izgradnje autoputa.
- Prema podacima iz 2022.g. na autoput je prešlo oko 70% saobraćajnih tokova dok je na starom putu ostalo oko 30% od ukupnog PGDS-a na ovom putnom potezu.

Preporuke

- Nastaviti dalja istraživanja i praćenje vrednosti PGDS-a i trendova rasta na novim deonicama ovog putnog pravca u skladu sa izgradnjom i puštanjem u eksploataciju.
- Uraditi anketu radi utvrđivanja veličine novostvorenog i preusmerenog saobraćaja.
- Uraditi anketu radi utvrđivanja broja korisnika koji izbegavaju putarinu kao i utvrđivanja razloga za izbegavanje putarine.
- Uraditi anketu radi utvrđivanja promena I-C matrice kretanja.

Literatura

- [1] L. Kuzović, D. Topolnik, and D. Glavić, "Induced traffic and its treatment in the evaluation of motorway projects," *Promet - Traffic - Traffico*, vol. 22, no. 6, 2010.
- [2] D. Glavic, M. Milos, T. Luttinen, S. Cicevic, and A. Trifunovic, "Road to price: User perspectives on road pricing in transition country," *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 105, 2017, doi: 10.1016/j.tra.2017.08.016.
- [3] D. Glavić, M. N. Mladenović, M. Milenković, and M. M. Todorova, "User Perspectives on Distance- and Time-Based Road Tolling Schemes: European Case Study," *J. Transp. Eng. Part A Syst.*, vol. 147, no. 9, p. 05021005, Jul. 2021, doi: 10.1061/JTEPBS.0000558.

- [4] D. Glavić and M. Milenković, "Comparative analysis of road tolling technologies," in *Proceedings of the II Serbian Road Congress*, 2016, pp. 562–568.
- [5] D. Glavić, *Komercijalna eksploatacija autoputeva: tehnologije naplate putarine*, 1st ed. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2016.
- [6] M. Milenković, D. Glavić, and M. N. Mladenović, "Decision-Support Framework for Selecting the Optimal Road Toll Collection System," *J. Adv. Transp.*, vol. 2018, pp. 1–16, 2018, doi: 10.1155/2018/4949565.
- [7] D. Glavić and M. Milenković, *Komercijalna Eksploatacija Saobraćajne Infrastrukture*, 1st ed. Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2021.
- [8] M. Milenković, D. Glavić, and M. Maričić, "Determining factors affecting congestion pricing acceptability," *Transp. Policy*, vol. 82, no. October 2018, pp. 58–74, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.tranpol.2019.08.004.
- [9] M. N. Mladenović, D. Jolović, and D. Glavić, "Policy implications for congestion pricing in the city of Belgrade," 2016.
- [10] D. Glavic, K. Tadic, and O. Damjanović, "Uticaj stanja kolovoza na troškove eksploatacije i bezbednosti," *Put i Saob.*, vol. 64, no. 1, pp. 53–59, May 2018, doi: 10.31075/PIS.64.01.07.
- [11] M. Milenković, N. Stepanović, D. Glavić, V. Tubić, I. Ivković, and A. Trifunović, "Methodology for determining ecological benefits of advanced tolling systems," *J. Environ. Manage.*, vol. 258, p. 110007, 2020, doi: 10.1016/j.jenvman.2019.110007.

The impact of highway construction on the volume and distribution of traffic flows: Case study for highway A2 in Serbia

Draženko Glavić, Ph.D.

University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering

Abstract: In this paper, the total traffic flows on the old and new road were analyzed, after the construction of the new road. Traffic flows were analyzed on the example of the A2 highway (the Miloš Veliki highway) and the B-22 road (the so-called Ibarska Magistrala). The aim of the paper is the analysis of the distribution of total traffic flows, as well as the analysis of traffic flows by toll categories between old and new road. Statistical analysis methods were applied in the paper. The obtained results show a significant increase in total traffic flows after the construction of the highway on the Belgrade - Čačak road direction. The analysis yielded very interesting data on the distribution of traffic flows. In further research, it is necessary to conduct a survey in order to reveal the relations and influencing factors on the volume and distribution of traffic flows, as well as the category of traffic flows (newly created, diverted and normal traffic flows).

Keywords: Highway, AADT, Weighted PGDS, Induced AADT, Diverted AADT, Tolling