

Prometna analiza raskrižja ulice Rexhep Bislimi (M25-3) i magistrale Priština - Skopje (E63) u Gradu Uroševcu s prijedlogom rješenja

Gashi, Kole

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:816452>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Kole Gashi

**PROMETNA ANALIZA RASKRIŽJA ULICE
REXHEP BISLIMI (M25 - 3) I MAGISTRALNE
PRIŠTINA – SKOPJE (E63) U GRADU UROŠEVCU S
PRIJEDLOGOM RJEŠENJA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PROMETNA ANALIZA RASKRIŽJA ULICE
REXHEP BISLIMI (M25 - 3) I MAGISTRALNE
PRIŠTINA – SKOPJE (E63) U GRADU UROŠEVČU S
PRIJEDLOGOM RJEŠENJA**

**TRAFFIC ANALYSIS OF THE INTERSECTION OF
REXHEP BISLIMI (M25-3) AND HIGHWAY
PRISHTINA – SKOPJE (E63) IN CITY OF FERIZAJ
WITH SOLUTION PROPOSAL**

Mentor: prof. dr. sc. Marko Šoštarić

Student: Kole Gashi, 0135235477

Zagreb, veljača, 2016

Sadržaj

1	Uvod	1
2	Općenito o prometnim analizama i projektima	3
2.1	Prometne analize	3
2.2	Prometni projekti.....	3
3	Prometna analiza raskrižja ulice Rexhep Bislimi (M25-3) i magistrale Priština – Skopje (E63).....	5
3.1	Prostorni obuhvat	5
3.2	Analiza postojećeg stanja	5
3.2.1	Analiza geoprometnog položaja	6
3.2.2	Analiza dosadašnjeg razvitka postojećih prometnih tokova.....	7
3.2.3	Analiza postojećeg stanja prometnih tokova na raskrižju.....	9
3.2.4	Analiza postojeće infrastrukture i opreme raskrižja	28
3.2.5	Analiza sigurnosti odvijanja prometa	30
3.3	Prognoza prometa.....	33
3.3.1	Demografska analiza Grada Uroševca.....	33
3.3.2	Društveno ekonomski pokazatelji.....	35
3.3.3	Prognoza prometa za plansko razdoblje.....	37
3.3.4	Dodjeljivanje putovanja na prometnu mrežu	48
3.4	Prijedlozi varijantnih rješenja za rekonstrukciju raskrižja	50
3.4.1	Prvo varijantno rješenje	51
3.4.2	Drugo varijantno rješenje.....	55
3.4.3	Treće varijantno rješenje.....	58
3.5	Odabir optimalnog rješenja	63

4	Mogućnosti realizacije odabranog rješenja	66
4.1	Utjecaj na postojeće objekte.....	66
4.2	Zaštita stanovništva od štetnih utjecaja prometa.....	67
4.3	Zaštita okoliša	67
4.4	Sigurnost u prometu	68
5	Zaključak	69
	Literatura	71
	Popis slika	72
	Popis tablica	73
	Popis grafikona	74
	Popis priloga	75
	Metapodaci	
	Izjava o akademskoj čestitosti i suglasnosti	

1 Uvod

Prometni problemi su sve više naglašeni u svim zemljama, a posebno u zemljama u tranziciji. Zemlje u tranziciji imaju specifične prometne probleme jer s jedne strane ubrzano raste broj registriranih vozila dok s druge strane prometna infrastruktura nije razvijena i nemože pratiti trendove porasta broja vozila na cestama. Ponuda i potražnja prometnih kapaciteta nisu uravnotežene, a to stvara probleme koji se manifestiraju manjkom ili neadekvatnim prometnim površinama.

Raskrižje ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje predstavlja važno čvorište za prometne pravce ne samo grada Uroševca već i cijele države.

Podataka o obavljenim studijama ili brojanju prometa na ovom raskrižju nema. Rekonstrukcije raskrižja koje su se obavile na pojedinim mjestima u gradu Uroševcu ali i šire imale su isti cilj; pretvoriti sva raskrižja u križanja s kružnim tokom prometa. Trend koji je poprimio masovnu primjenu bez dokaza opravdanosti i bez poštivanja pravila struke koje se nalažu u prometno-tehnološkom projektiranju.

Cilj ovog diplomskog rada je provesti detaljnu analizu prometa na raskrižju ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje te dati prijedloge poboljšanja u više varijanti. Spomenuto raskrižje je projektirano šesdesetih godina i kao takvo je funkcioniralo do 1999 godine bez većih problema. U poslijeratnim godinama kako naglo raste broj registriranih vozila tako rastu i problemi ovog raskrižja u smislu nepropusnosti. Očekuje se da će problemi postati i veći puštanjem u promet autoceste koja prolazi na 2,5 km istočno od promatranog raskrižja. U svrhu istraživanja i prikaza trenutnog stanja kao i predviđanja budućih prometnih opterećenja i ostalih problema u promatranom raskrižju obavila su se mjerenja te prikupljali i obrađivali podaci koji su relevantni za prikaz prometa.

Rad je podijeljen u pet cjelina:

1. Uvod
2. Općenito o prometnim analizama i projektima
3. Prometna analiza raskrižja ulice Rexhep Bislimi (M25-3) i magistrale Priština – Skopje (E63)
4. Mogućnosti realizacije odabranog rješenja

5. Zaključak.

U drugom poglavlju dane su definicije i objašnjenja postupka izrade prometnih analiza i projekata.

Treće poglavlje predstavlja najšire poglavlje rada. Prikazom prostornog obuhvata nastavlja se na analizu geoprometnog položaja gdje je prikazana šira geoprometna slika područja sa definiranom ulogom promatranog raskrižja u širem i užem području. Analizom dosadašnjeg stanja razvitka postojećih prometnih tokova prikazano je stanje u cestovnoj mreži regije i samog raskrižja. U ovom poglavlju se detaljno opisuje postojeće stanje prometne infrastrukture i prometnih tokova, s naglaskom na probleme u organizaciji prometnih tokova i nedostataka u prometnoj infrastrukturi. Radi bolje analize, raskrižje je promatrano u segmentima. Odvojeno je u dva manja raskrižja koja su zasebno analizirana po pitanju propusnosti i razine usluge koju pružaju. Razina usluge je dobivena metodama koje se koriste u HCM-u (*highway capacity manual*).

U ovom poglavlju je napravljena i analiza sigurnosti odvijanja prometa s naglaskom na postojeće probleme koji narušavaju sigurnost sudionika u prometu.

Uz pomoć demografske analize došlo se do prognoze prometa te se na osnovu prognoze pristupalo davanju varijantnih rješenja za rekonstrukciju raskrižja i odabiru optimalnog rješenja za rekonstrukciju.

U četvrtom poglavlju opisane su mogućnosti realizacije odabranog rješenja s naglaskom na probleme i načinom rješavanja istih kako bi se moglo primjenjivati odabrano rješenje za raskrižje.

Težište rada stavljeno je na znanstvene metode analize postojećeg stanja prometa, prognoze budućeg prometa te na prijedloge varijantnih rješenja.

2 Općenito o prometnim analizama i projektima

Prometni inženjer za uvid u stanje prometa, i organizaciju prometnih tokova određenog prometog objekta ili područja mora se poslužiti mjernim metodama za određivanja prometnog opterećenja promatranog područja ili prometnog objekta. Promatranjem prometa moguće je dobiti parametre koji su potrebni za određivanje prometnih opterećenja i veličina kao što su: broj vozila u određenom vremenu, gustoća prometnog toka, struktura prometnog toka, brzina prometnog toka, prostorni razmak između vozila itd. Dobiveni rezultati služe kao početne ulazne veličine u prometnim analizama i projektima.

2.1 Prometne analize

Kod izrade prometne studije potrebno je promatranje prometnog procesa kako bi se odredili elementi koji su bitni za odvijanje prometnog procesa na promatranom području. Prometna analiza je jedna od osnovnih metoda saznanja o postojećem stanju prometa. Kako bi se dobila što preciznija saznanja prometnom analizom je moguće raščlanjivanje kompleksnih prometnih sustava na jednostavnije elemente koje je potom moguće pojedinačno analizirati sa aspekta prometa.

Cilj prometnih analiza je prikazivanje postojećeg stanja prometa. Potrebno je provesti opsežnu analizu područja ili prometnog objekta kako bi se što preciznije prikazalo stanje prometa. Budući da se promet ne može promatrati kao izolirana pojava, mora se u promatranje uključiti sve čimbenike koji utječu na promet, potrebno je analizirati i ona područja koja su veliki generatori prometa prema promatranom području ili prometnom objektu. Analiza mora biti objektivna, sa određenim ciljem. Rezultati analize trebaju biti jednoznačni i temeljit se na znanstvenim dokazima. Analize moraju biti rađene prema pravilima struke i od osoba koja su ovlaštene za to.

2.2 Prometni projekti

Pojam projekta u hrvatskom jeziku ima dvostruko značenje. Šire značenje odnosi se na projekt kao aktivnost u svrhu postizanja određenog cilja i uže značenje koje se odnosi na projekt kao sinonim za projektnu dokumentaciju, odnosno određeni dokument koji je sastavni dio projektne dokumentacije nekog projekta.¹

¹ Dadić, I.: Prometno tehnološko projektiranje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

Za projekt u širem značenju postoji nekoliko definicija. Jedna od konkretnih definicija glasi:

Projekt je vremenski određena aktivnost s ciljem da se proizvede jedinstven proizvod, usluga ili rezultat²

Projekt u užem smislu značenja predstavlja dokumentaciju koja je potrebna za izgradnju objekta prometne ifrastrukture ili zahvata u prostoru. Dokumenti koji se prikupljaju sa svrhom gradnje određenog prometnog objekta podrazumijevaju dozvole i suglasnosti koje izdaju nadliježna tijela državnih, regionalnih i lokalnih uprava te ostalih subjekata koji su važni za funkcioniranje objekta. Cijeli proces gradnje, od idejnog rješenja do stavljanja objekta u promet prati se potrebnom dokumentacijom.

Projektiranje se može definirati kao postupak pretvaranja određene zamisli u konkretnu vidljivu formu, ili kao proces kreiranja rješenja od osnovne zamisli do potpunog definiranja funkcionalnog rješenja koje zadovoljava postavljene ciljeve.

Osnovni zadatak inženjera kod projektiranja je da primi informacije o zahtjevima, ideji (zamisli), o raspoloživim sredstvima (zaliham) i željenom cilju te na osnovu toga otkrije prepreke i ograničenja i moguća rješenja kako bi određenu zamisao uz pomoć logičkih postupaka doveo do opipljivog rješenja kojim se postiže željeni cilj. Tijekom procesa projektiranja projektant mora odabrati optimalni logički niz postupaka koji dovodi do željenog cilja.

Definicija koja se često primjenjuje za inženjersko projektiranje je ona koju je uspostavila američka organizacija Accreditation Board for Engineering and Technology - ABET. Ta definicija glasi: "Inženjersko projektiranje je proces zasnivanja sustava, komponente ili procesa usklađenog sa željenim potrebama. To je proces donošenja odluka (često iterativan) u kojem se prirodne znanosti (engl. basic sciences), matematika i tehničke znanosti (engl. engineering sciences) primjenjuju za optimalnu pretvorbu zaliha (engl. resources) u skladu s postavljenim zahtjevima. Temeljna počela procesa projektiranja jesu postavljanje zahtjeva i kriterija, sinteza, analiza, konstrukcija, ispitivanje i vrednovanje. Najznačajnije u tom procesu su suštinske i komplementarne uloge sinteze i analize."³

² <https://hr.wikipedia.org/wiki/Projekt>.

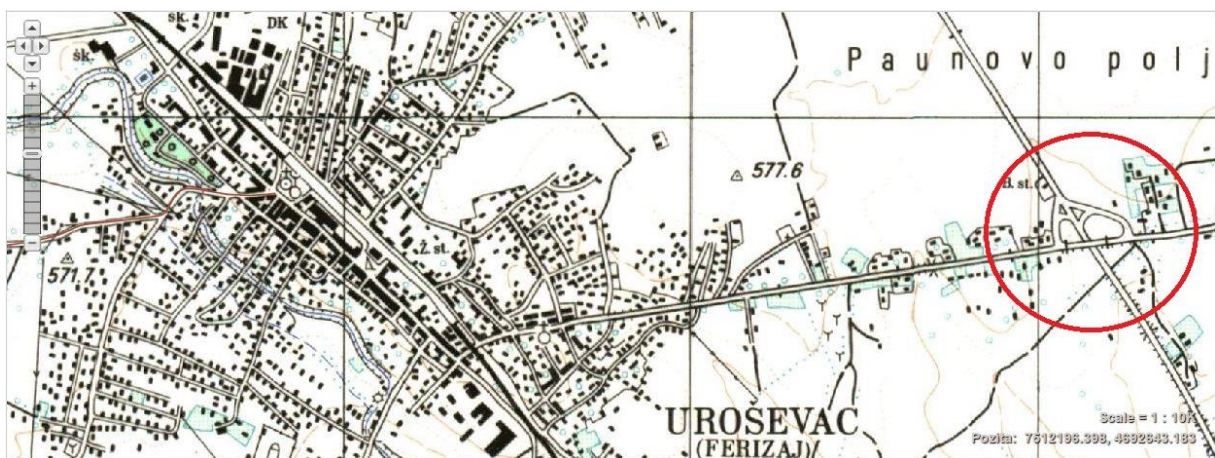
³ <https://www.fer.hr/oferu/zvanje>

3 Prometna analiza raskrižja ulice Rexhep Bislimi (M25-3) i magistrale Priština – Skopje (E63)

Primarni cilj prometne analize raskrižja ulice Rexhep Bislimi i magistrale Priština – Skopje je ispitivanje postojećeg stanja u prometnom sustavu koji se odvija tim raskrižjem, dobivanje relevantnih informacija o stanju prometne infrastrukture i regulacije tokova te uspostava poveznice između prometne ponude i potražnje. Jedan od ciljeva je i definiranje stanja sigurnosti na promatranom području kao i razina pružanih usluga na raskrižjima i ostalim objektima.

3.1 Prostorni obuhvat

Prostorni obuhvat za potrebe analize raskrižja je prostor koji obuhvaća pripadne spojne ceste i sve elemente pripadajućeg raskrižja (slika 1). Područje analize se može smatrat kao mikrolokacija s obzirom na veličinu i kompleksnost prometa u Gradu Uroševcu.



Slika 1. Pozicija raskrižja

Izvor.: www.geoportal.rks-gov.net. 07.10.2015

3.2 Analiza postojećeg stanja

Analiza postojećeg stanja je prikaz stanja na terenu pomoću elemenata koji omogućuju prikazivanje sustava prometa kao i rasčlanjivanje pojedinih sustava u podsustave ili u elemente prometnog sustava radi lakšeg proučavanja. Za dobivanje prave slike općenitog

stanja prometa u promatranom području potrebno je opisivati stanje prometnog sustava u široj zoni (makro lokaciji), kako bi se kasnije uz obradu određenih podataka dobivale informacije o trenutnom stanju prometa u promatranj zoni (mikrolokaciji). Dobiveni podaci se dalje mogu koristiti za prognoziranje odvijanja prometa.

3.2.1 Analiza geoprometnog položaja

Tendencije R. Kosova su da autocestama poveže značajnije cestovne pravce za prijevoz ljudi i dobara. Budući da Kosovo nema vodne prijevozne putove, za prijevoz roba trebalo se osloniti na željezničke prijevozne pravce kojih je 333 km. Željeznička infrastruktura je u lošem stanju, njeno korištenje bilježi znatne padove kao u putničkom tako i u robnom prijevozu. Razlog tomu nije samo slabo održavanje željezničke infrastrukture već i premještanje robnih tokova koji su prije bili orijentirani prema R. Srbiji i R. Makedoniji, dok u poslijeratno doba ti su tokovi uvelike preorijentirani prema Albaniji.

R. Albanija nema razvijenu željezničku mrežu, razvijanje iste bilo bi skupo zbog nepogodnog brdovitog terena.

R. Kosovo se opredjelila za primarno razvijanje cestovne prometne infrastrukture. Autocesta od Prištine do granice s Albanijom je završena, dalje sa strane Albanije vodi do Drača, što za Kosovo ima velik značaj u prijevozu roba; do Drača morskim plovnim putovima a dalje prema Kosovu autocestom. Autocesta ima velik značaj i u putničkom prometu, jer povezuje Kosovo sa zapadnom Europom preko Albanije, Crne Gore i Hrvatske.

Grad Uroševac povijesno spada u novije gradove, prve bilješke datiraju od 1873 god kad je ovim prostorom postavljena željeznička pruga. Uroševac je Grad koji se razvio prvenstveno zbog dobre geoprometne pozicije, što je privuklo mnoge trgovce i ulagače. Tako je 1900 god. Uroševac imao 400 objekata od kojih je 200 objekata bilo privredne i trgovačke naravi. Prostire se u 345 km², pozicioniran je na jugu centralnog dijela Republike Kosova i po veličini zauzima treće mjesto iza Prištine i Prizrena (slika 2). Grad Uroševac prema zadnjem popisu stanovništva 2011 god. imao je oko 110.000 stanovnika. Gustoća stanovnika je 320 stanovnika/km². U gradu nema javnog prijevoza što dodatno opterećuje gradske površine sa osobnim vozilima za koja nije osigurano dovoljno parkiranih površina.



Slika 2. Administrativna karta Republike Kosova

Izvor.: www.skyscrapercity.com. 07.10.2015

3.2.2 Analiza dosadašnjeg razvitka postojećih prometnih tokova

Cestovna infrastruktura Republike Kosova je nakon rata bila u lošem stanju. Dodatni problem nastaje početkom naglog ekonomskog rasta i poslijeratnom gradnjom koja je kao rezultat imala ekspanziju broja vozila na cestama kao i veliki broj teretnih vozila koja bez kontrole i ograničenja zauzimaju cestovne kapacitete. Tako su se ceste koje su već bile u lošem stanju dodatno uništile.

Podaci iz tablice 1 pokazuju broj registriranih vozila po godima od 2011 do 2014. Za ranije razdoblje podaci nisu dostupni.

Zadnji stupac pokazuje porast broja registriranih vozila u postocima. Prikazani porast odnosi na razdoblje od 2011 do 2014 godine.

Tablica 1. Broj registriranih vozila po godinama

Registrirana vozila					
Godine:	2011	2012	2013	2014	porast od 2011 do 2014
Osobni auto	170321	176398	222537	236145	39%
Prijevozno vozilo, 3.5 i iznad 3.5t	10877	11547	15352	15769	45%
Prijevozno vozilo, manje od 3.5t	17901	18225	24659	26949	51%
Kombibus	2698	2520	3225	3161	17%
Autobus	1117	1298	1570	1697	52%
Motocikl	546	809	1488	1540	182%
Traktor	39	137	776	1036	2556%
Prikolica do 3,5t	101	117	217	250	148%
Prikolica 3.5 i iznad 3.5t	1766	1800	2283	2281	29%
Ukupno:	205366	212851	272107	288828	41%

Izvor: [7]

Cestovna infrastruktura se stalno obnavlja i širi ali još uvijek nije dostigla kapacitete koji bi bar u neku mjeru rasteretili postojeće prometne pravce. Razvoj cestovne infarstrukture ne uspijeva pratiti porast broja vozila. Očekuje se da će gradnja autocesta rasteretit magistralne i regionalne prometne pravce.

Tablica 2. Duljina cestovne mreže u R. Kosovo (km).

Godine:	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Autocesta	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	60,4	78,0	78,0
Nacionalna cesta	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4	630,4
Regionalna cesta	1294,7	1294,7	1294,7	1294,7	1294,7	1294,7	1294,7	1294,7
Ukupno	1925,1	1925,1	1925,1	1925,1	1963,1	1985,5	2003,1	2003,1

Izvor: [7]

U nacionalne i regionalne ceste uložilo se u smislu održavanja i širenja poprečnog profila ali ne i u širenju mreže u smislu postavljanja novih trasa.

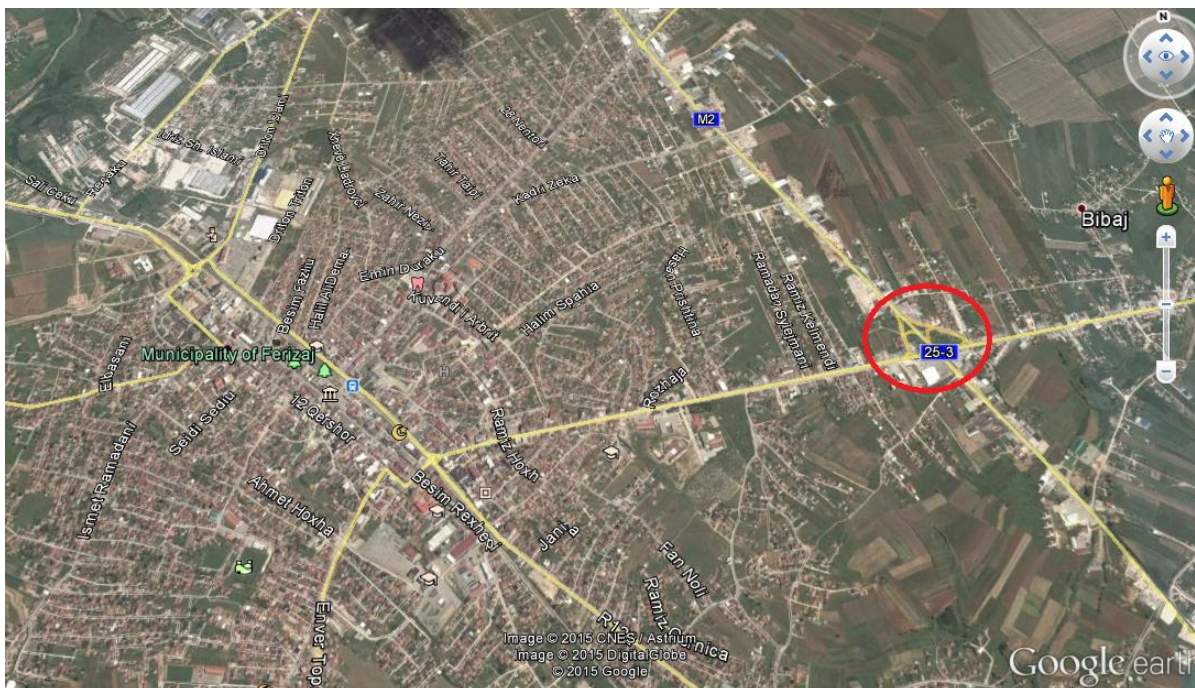
Prema podacima (tablica 2) vidljivo je da u 2013 i 2014 godini na teritoriju Kosova ima 2003,1 km, gdje u kategoriji Autoceste spadaju 4 posto, nacionalne 31 posto dok 63 posto su regionalne ceste.

Zadnjih godina se velike investicije događaju u gradnji lokalnih cesta zbog širenja urbanih sredina sa novo gradnjom stambenih i industrijskih zona.

Ulaganje u autoceste je primarno, sigurnost i kvaliteta autoceste ispunjava visoke standarde i radi se po modelu uzetom iz Hrvatskih autocesta.

3.2.3 Analiza postojećeg stanja prometnih tokova na raskrižju

Raskrižje ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje je najveće i najopterećenije raskrižje Grada Uroševca. Raskrižje je kombinacija raskrižja u razini (RUR) i raskrižja izvan razine (RIR), magistralni pravac nema presjecanja prometnih tokova dok ulica Rexhep Bislimi ima više presjecanja glavnog i sporednih prometnih tokova. Smješteno je na istoku Grada i predstavlja glavni prometni ulaz u Grad (slika 3).



Slika 3. Pozicija raskrižja i Grada Uroševca

Izvor.: www.googleearth.com 18.10.2015

Podaci o gradnji nadvožnjaka nisu dostupni jer je gradska arhiva unštena tijekom rata. Nadvožnjak kao i spojne ceste pretrpjele su oštećenja koja su nastala od teške vojne mehanizacije i posebnih prijevoza potrebnih za gradnju američkog vojnog kampa. Rekonstrukcija statičkog dijela mosta je izvršena 2006 god. Rekonstrukcija je bila statičke naravi i nije ništa učinjeno u pogledu povećanja propusne moći i optimizacije prometnih tokova.

Prometni pravac sjevero – zapad povezuje velegrade Prištinu i Skopje, dok tok istok – zapad poveznica je između Uroševca i niz općina sa Gradom Gnjilane, Američkom vojnom bazom Bondsteel i budućom autocestom, koja će biti puštena u promet krajem 2017 godine, (slika 4).



Slika 4. Prometni pravci raskrižja

Izvor.: www.googleearth.

Važnost ovog raskrižja je velika za promet grada i njegove prometno povezivanje sa glavnim prometnim pravcima, posebno budućom autocestom. Administrativna pripadnost raskrižja je komplicirana jer ulica Rexhep Bislimi pripada administraciji za infrastrukturu Grada Uroševca dok je magistrala Priština – Skopje pod administracijom ministarstva infrastrukture Republike Kosova.

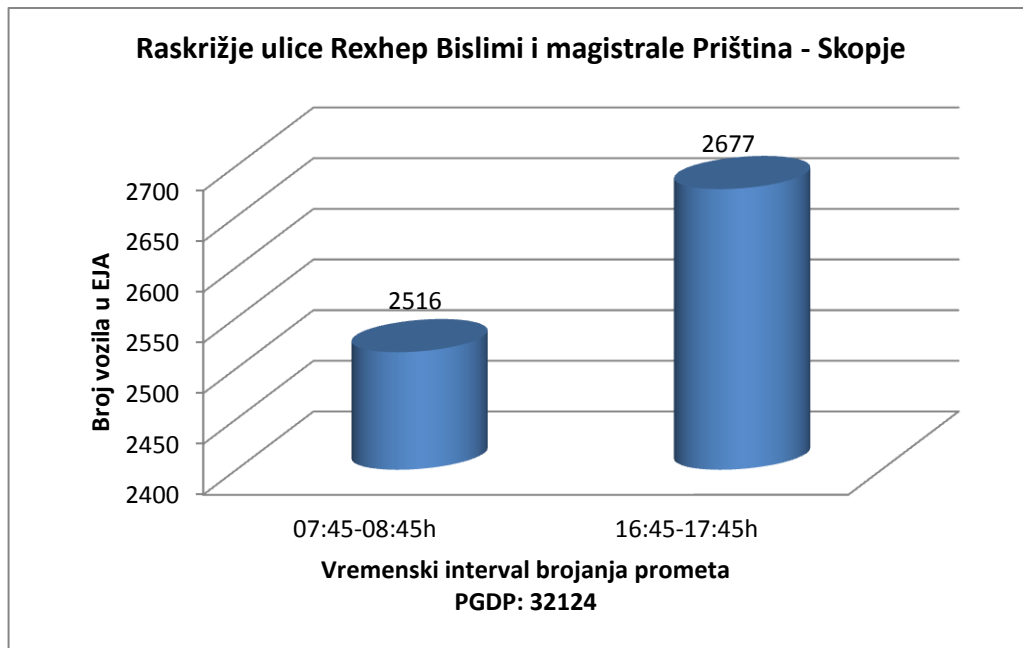
Za konkretni uvid u stanje prometa na cijelom području analize vršena su mjerenja prometnog opterećenja svih tokova. Mjerenja su rađena na načina da se raskrižje snimalo tri dana u tjednu za vrijeme vršnih satova. Kao vršni satovi uzeti su intervali vremena odlaska stanovništva na posao od 07:45 h do 08:45 h, kao i vrijeme povratka s posla od 16:45 h do 17:45 h. Mjerenje je izvršeno snimanjem pomoću video kamera. Naknadnim brojanjem sa snimke, broj vozila za svaki tok u jedinici vremena upisan je u listove za brojanje prometa a potom u excel tablice kako bi se broj različitih kategorija vozila pretvorio u ekvivalent jedinice automobila (EJA) (tablica 3).

Tablica 3. Prikaz prometnog opterećenja i ukupnog broja EJA.

mjesto:					datum:			07.04.2015		
SAT	SMJER	15'-int	OA	LT	TT	BUS	MOT			
16:45-17:45	1	0-15'	22	2		1				
		15'-30'	18	3						
		30'-45'	19	4	1	1				
	Uroševac	45'-60'	10	4	1					
	↓	UKUPNO	69	13	2	2	0			
	Skopje	EJA	69	19,5	4	4	0			
	Sveukupno vozila					86				
	Sveukupno EJA					97				

Mjerenjima je ustanovljeno da broj vozila u vršnim satima je neznatno veći od broja vozila u ostalim satima tijekom dana. Razlog tome je to da; veliki dio zaposlenika radi terenske poslove, velika su kretanja ljudi i dobara i posebna struktura stanovništva (velik broj nezaposlenih).

Prometno opterećenje je najveće u popodnevnom vršnom satu. Grafički je prikazano opterećenje raskrižja sa svim pripadajućim tokovima (prilog 1). Debljina crte pojedinog toka predstavlja veličinu opterećenja istog toka na način da 1 mm debljine linije predstavlja opterećenje od 100 EJA/h, mjereno u popodnevnom vršnom satu, što ujedno predstavlja i maksimalno opterećenje raskrižja. Iz grafičkog prikaza može se vidjeti i distribucija odnosno pravac kretanja vozila nakon ulaska u raskrižje.



Slika 5. Grafički prikaz ukupnog broja vozila na raskrižju

Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) izračunat na osnovi dobivenih podataka brojanjem je: 32124 (voz/dan) (slika 5.)

Propusna moć konstrukcije nadvožnjaka je izračunata korištenjem jednadžbe za proračun propusne moći za ceste s dva prometna traka za dvosmjerni promet:

$$N1 = 2200 * n_1 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * k_1 \text{ [voz/h]}$$

gdje je:

n_1 - broj prometnih trakova u oba smjera

K_1 - korekcijski čimbenik utjecaja širine prometnih trakova

K_2 - korekcijski čimbenik utjecaja tipa prometnice i prometnih trakova

K_3 - korekcijski čimbenik udaljenosti bočne smetnje

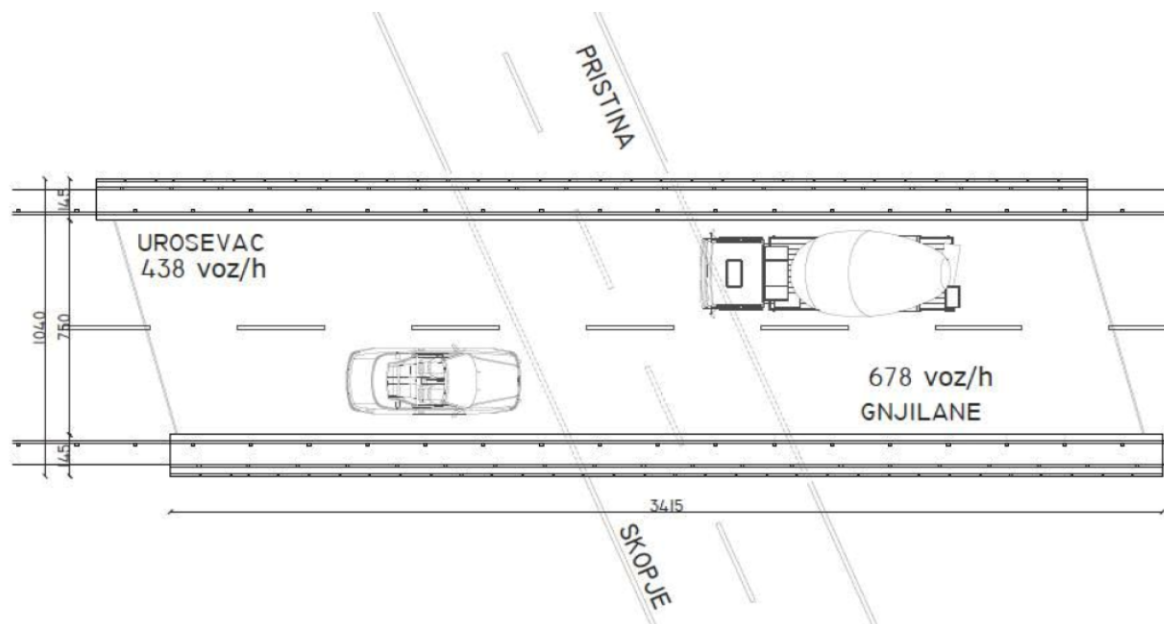
K_4 - korekcijski čimbenik utjecaja veličine i duljine uzdužnog nagiba

k_1 - korekcijski čimbenik utjecaja sastava prometnog toka

$$N1 = 2200 * 2 * 1 * 0.65 * 0.7 * 0.98 * 0.995 = 1952 \text{ [voz/h]}$$

Propusna moć dobivena na osnovi prethodne jednadžbe nije kvalitativno mjerilo nego prikazuje najveću moguću propusnost kroz promatrani presjek⁴.

Prometno opterećenje nadvožnjaka u ulici Rexhep Bislimi u oba smjera je (slika 6):



Slika 6. Prometno opterećenje nadvožnjaka u ulici Rexhep Bislimi

$$438 + 678 = 1116 \text{ voz/h}$$

Prometno opterećenje < propusne moći → $1116 < 1952 \text{ voz/h}$

Moguća propusna moć je veća od prometnog opterećenja u promatranom presjeku za 42.8 posto, što se može uzet kao zadovoljavajuća propusnost s obzirom na prometno opterećenje.

Magistralni pravac Priština – Skopje posjeduje ukupnu širinu kolnika od 7 metara. Uzdužni nagib magistralnog pravca je +3 posto u smjeru Prištine. Izmjereno prometno opterećenje u smjeru Prištine je 742 voz/h dok je u smjeru Skopja prometno opterećenje od 592 voz/h.

⁴ Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Prometni fakultet, Zagreb, 2001

Prema jednadžbi za proračun propusne moći može se izračunati da je propusna moć magistralnog pravca u presjeku ipod konstrukcije nadvožnjaka (izračunato zbog lateralnih smetnji) sljedeća:

$$N1 = 2200 * 2 * 1 * 0.65 * 0.92 * 1 * 0.99 = 2604 \text{ [voz/h]}$$

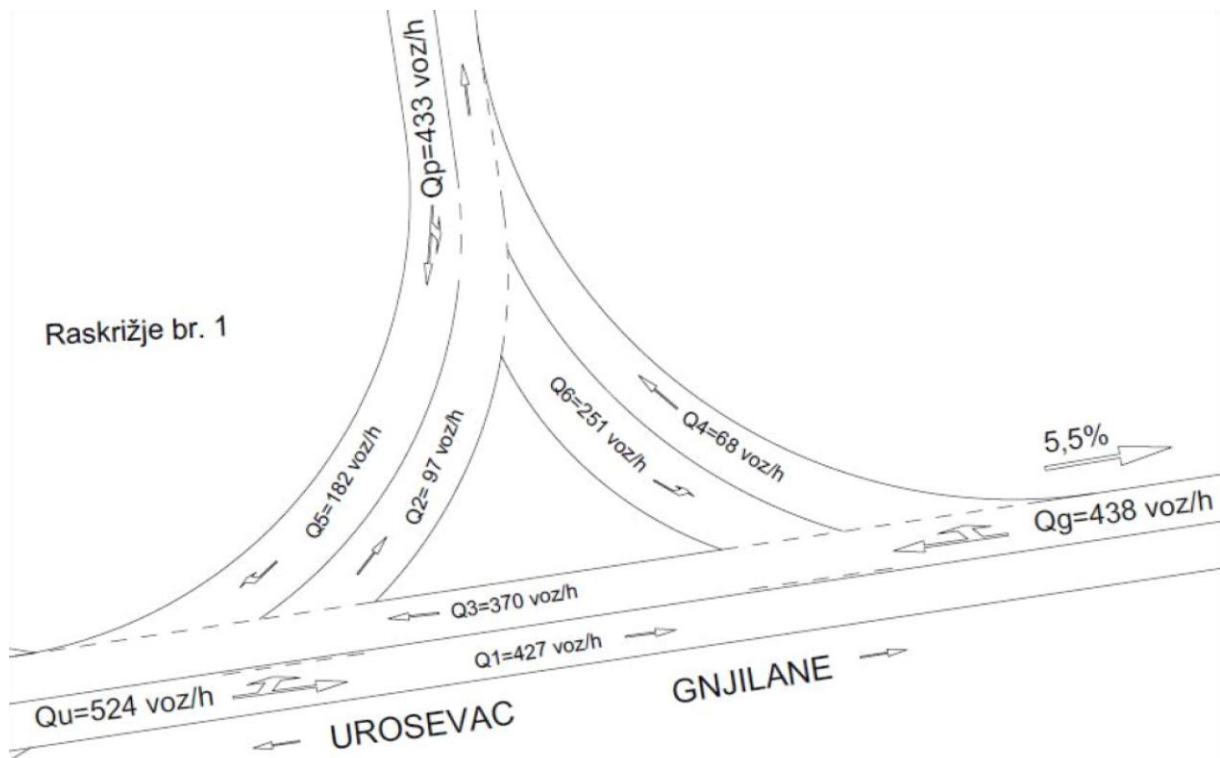
$$1334 \text{ voz/h} < 2604 \text{ voz/h}$$

Prometno opterećenje magistralnog pravca je manje od propusne moći presjeka ceste.

U kvalitativnom smislu zadovoljava kriterije i uvjete udobne vožnje.

Razina usluge raskrižja ulice Rexhep Bislimi po HCM-u

Proračun za raskrižje 1: Raskrižje 1 ima dva ranga sa gledišta prava prelaska kroz raskrižje, ima tri točke presjecanja tokova. Najveće opterećenje raskrižja je ono koje se stvara skretanjem ulijevo iz sporednog privoza. Određene vrijednosti za raskrižje br. 1 (slika 7).



Slika 7. Raskrižje br.1 sa pripadajućim opterećenjima

Pripadajuća opterećenja za pojedine privoze i prometne trakove raskrižja 1.

$$Q_U(V_U) = 524 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_1 = 427 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_2 = 97 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_G(V_G) = 438 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_3 = 370 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_4 = 68 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_P(V_P) = 433 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_5 = 182 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_6 = 251 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$V_r = 50 \left[\frac{km}{h} \right]$$

Konfliktni tokovi raskrižja 1.

Konfliktni tokovi Q_1 , Q_3 i Q_4 pripadaju rangu 1, znači da imaju pravo prelaska kroz raskrižje i nisu u konfliktu sa ostalim tokovima.

Tokovi (Q_1, Q_3), su tokovi za ravno na glavnom privoz i pripadaju rangu 1.

Tok Q_3 nema ograničenja dok tok Q_1 dijeli zajednički trak sa tokom Q_2 i uvjetovan je propusnom moći toka Q_2 .

$$V_{c,1} = V_2 = 370 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$V_{(c,3)}$ – nema ograničenja

Desni skretači sa sporednog privoza (Q_5), rang 2:

$$V_{c,5} = V_3 + 0,5 \cdot V_4 = 370 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

Lijevi skretači sa glavnog privoza (Q_2), rang 2:

$$V_{c,2} = V_3 + V_4 = 370 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

Lijevi skretači sa sporednog privoza (Q₆), rang 2:

$$V_{c,6} = V_3 + V_1 + V_2 + 0,5 \cdot V_4 = 928 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

Kritična vremenska praznina:

$$t_{c,x} = t_{c,BASE} + t_{c,HV} \cdot P_{HV} + t_{c,G} \cdot G - t_{c,T} - t_{3,LT} [s]$$

gdje je:

$t_{c,x}$ - kritična vremenska praznina za manevar x (s)

$t_{c,BASE}$ - bazna kritična vremenska praznina (s)

$t_{c,HV}$ - korekcijski faktor za teška vozila (1.0 za dvotračni glavni pravac, a 2.0 za 4-tračni glavni pravac) (s)

P_{HV} - postotak teških vozila u toku/100

$t_{c,G}$ - koekcijski faktor utjecaja uzdužnog nagiba za svaki privoz (0.1 za desna skretanja sa sporednog privoza; 0.2 za ravno i lijevo sa sporednog privoza)

G - postotak uzdužnog nagiba privoza /100

$t_{c,T}$ - korekcijski faktor kod ulaza u raskrižje u dva koraka (1 za dva koraka, 0 za jedan korak)

$t_{3,LT}$ - korekcijski faktor geometrije raskrižja (0.7 za skretanje ulijevo sa sporednog privoza kod 3-krakih raskrižja, 0.0 za ostalo).

$$t_{c,G} = 0$$

$$G = 5,5/100$$

$$t_{c,T} = 0$$

$$t_{c,HV} = 1$$

$$t_{c,BASE} = Tablica$$

$$P_{HV} = \%$$

$$t_{3,LT} = 0.7$$

$$t_{c,1} = 4,1 + 1,0 \cdot 0,023 + 0,055 = 4,178 [s]$$

$$t_{c,2} = 4,1 + 1,0 \cdot 0,023 = 4,123 [s]$$

$$t_{c5} = 6,2 + 1,0 \cdot 0,044 = 6,244 \text{ [s]}$$

$$t_{c,6} = 7,1 + 1,0 \cdot 0,042 + (0,2 * 0,055) - 0,7 = 6,543 \text{ [s]}$$

Vrijeme slijeđenja:

$$t_{f,x} = t_{c,BASE} + t_{f,HV} \cdot P_{HV} \text{ [s]}$$

$t_{f,HV}$ - korekcijski faktor za teška vozila (0,9 za dvotračni glavni smjer, a 1.0 za 4-tračni glavni smjer).

$$t_{f,BASE} = \text{Tablica}$$

$$t_{f,HV} = 0,9$$

$$P_{HV} = \%$$

$$t_{f,1} = 2,2 + 0,9 \cdot 0,035 = 2,23 \text{ [s]}$$

$$t_{f,2} = 2,2 + 0,9 \cdot 0,023 = 2,22 \text{ [s]}$$

$$t_{f,5} = 3,3 + 0,9 \cdot 0,044 = 3,34 \text{ [s]}$$

$$t_{f,6} = 3,5 + 0,9 \cdot 0,042 = 3,54 \text{ [s]}$$

Potencijalni kapacitet (idealna propusna moć):

$$C_{p,x} = V_{c,x} \cdot \frac{e^{-\frac{(V_{c,x} \cdot t_{c,x})}{3600}}}{1 - e^{-\frac{(V_{c,x} \cdot t_{f,x})}{3600}}} \text{ [voz/h]}$$

Rang 1:

Q₁ jednak je propusnoj moći toka Q₂ iz ranga 2, vozila moraju čekati da se oslobodi prolaz od lijevih skretača budući da nepostoji poseban trak za lijevo skretanje.

$$C_{p,1} = 370 \cdot \frac{0,650896}{0,20483} = 1175,76 \text{ [voz/h]}$$

Q₃ - nema konflikata

Q₄- nema konflikata

Rang 2:

$$C_{p,2} = 370 \cdot \frac{0,65459}{0,204} = 1187,25 \text{ [voz/h]}$$

$$C_{p,5} = 370 \cdot \frac{0,566}{0,305} = 686,6 \text{ [voz/h]}$$

$$C_{p,6} = 928 \cdot \frac{0,18514}{0,59849} = 287 \text{ [voz/h]}$$

Realni kapacitet trakova:

$$c_{m,k} = (c_{p,k}) \cdot f_k$$

$$c_{m,x} = c_{p,x}$$

Rang 1 :

$$C_{m,1} = 1175,76 \text{ [voz/h]}$$

Q₁ jednak je Q₂

Q₃ i Q₄ ne računaju se jer nemaju konflikata sa ostalim tokovima.

Rang 2:

$$c_{m,x} = c_{p,x}$$

$$C_{m,2} = 1187,25 \text{ [voz/h]}$$

$$C_{m,5} = 686,6 \text{ [voz/h]}$$

$$C_{m,6} = 287 \text{ [voz/h]}$$

$$P_{0,j} = 1 - \frac{v_j}{c_{m,j}}$$

c_m – realni kapacitet

$$f_k = \prod p_{0,j}$$

$P_{0,j}$ – vjerojatnost da prometni tok ranga 1 (Q_1) nema repa čekanja ($j = 1$) ovisi o tome kolika je vjerojatnost da tok Q_2 iz ranga 2 nema repa čekanja.

$$P_{0,1} = 1 - \frac{v_1}{c_{m,1}} = 1 - \frac{427}{1175,25} = 0,637$$

$$f_k = \Pi p_{0,j} = p_{0,1} \cdot p_{0,2} = 0,637 \cdot 0,918 = 0,585$$

$P_{0,j}$ – vjerojatnost da prometni tok ranga 2 nema repa čekanja ($j = 2$)

manevri ranga 2:

$$P_{0,2} = 1 - \frac{v_2}{c_{m,2}} = 1 - \frac{97}{1187,25} = 0,918$$

$$P_{0,5} = 1 - \frac{v_5}{c_{m,5}} = 1 - \frac{182}{686,6} = 0,735$$

$$P_{0,6} = 1 - \frac{v_6}{c_{m,6}} = 1 - \frac{251}{287} = 0,1255$$

$$f_k = \Pi p_{0,j} = p_{0,2} \cdot p_{0,5} \cdot p_{0,6} = 0,918 \cdot 0,735 \cdot 0,1255 = 0,0847$$

Kapacitet zajedničkih trakova:

$$c_{SH} = \frac{\sum_y v_y}{\sum_y \left(\frac{v_y}{c_{m,y}} \right)} \left[\text{voz}/h \right]$$

Kapacitet zajedničkih trakova na glavnom privozu:

$$c_{1,2} = \frac{v_1 + v_2}{\frac{v_1}{c_{m,1}} + \frac{v_2}{c_{m,2}}} = \frac{427 + 97}{\frac{427}{1175,76} + \frac{97}{1187,25}} = 1177,8 \left[\text{voz}/h \right]$$

Kapacitet zajedničkih trakova na sporednom privozu:

$$c_{5,6} = \frac{v_5 + v_6}{\frac{v_5}{c_{m,5}} + \frac{v_6}{c_{m,6}}} = \frac{182 + 251}{\frac{182}{686,6} + \frac{251}{287}} = 380 \left[\text{voz}/h \right]$$

Duljina repa čekanja:

$$Q_{95} \approx 900 \cdot T \cdot \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}} \right) \cdot \left(\frac{v_x}{c_{m,x}} \right)}{150 \cdot T}} \right] \cdot \left(\frac{c_{m,x}}{3600} \right) [\text{voz}]$$

T – analizirani period (0.25 za 15-minutni period)

Proračun za zajedničke trakove:

$$\begin{aligned} Q_{95,1/2} &\approx 900 \cdot T \cdot \left[\frac{v_{1/2}}{c_{m,1/2}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_{1/2}}{c_{m,1/2}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,1/2}} \right) \cdot \left(\frac{v_{1/2}}{c_{m,1/2}} \right)}{150 \cdot T}} \right] \cdot \left(\frac{c_{m,1/2}}{3600} \right) \\ &= 900 \cdot 0,25 \cdot \left[\frac{524}{1177,8} - 1 + \sqrt{\left(\frac{524}{1177,8} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{1177,8} \right) \cdot \left(\frac{524}{1177,8} \right)}{150 \cdot 0,25}} \right] \\ &\quad \cdot \left(\frac{1177,8}{3600} \right) = 5,78 [\text{voz}] \end{aligned}$$

Lijevo skretanje sa glavnog privoza (manevar 5/6):

$$\begin{aligned} Q_{95,5/6} &\approx 900 \cdot T \cdot \left[\frac{v_{5/6}}{c_{m,5/6}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_{5/6}}{c_{m,5/6}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,5/6}} \right) \cdot \left(\frac{v_{5/6}}{c_{m,5/6}} \right)}{150 \cdot T}} \right] \cdot \left(\frac{c_{m,5/6}}{3600} \right) \\ &= 900 \cdot 0,25 \cdot \left[\frac{433}{380} - 1 + \sqrt{\left(\frac{433}{380} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{380} \right) \cdot \left(\frac{433}{380} \right)}{150 \cdot 0,25}} \right] \cdot \left(\frac{380}{3600} \right) \\ &= 16,48 [\text{voz}] \end{aligned}$$

Prosječno vrijeme kašnjenja:

$$d = \frac{3600}{c_{m,x}} + 900 \cdot T \cdot \left[\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{c_{m,x}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,x}}\right) \cdot \left(\frac{v_x}{c_{m,x}}\right)}{450 \cdot T}} \right] + 5 \text{ [S/voz]}$$

$$\begin{aligned} d_{1/2} &= \frac{3600}{c_{m,1/2}} + 900 \cdot T \cdot \left[\frac{v_{1/2}}{c_{m,1/2}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_{1/2}}{c_{m,1/2}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,1/2}}\right) \cdot \left(\frac{v_{1/2}}{c_{m,1/2}}\right)}{450 \cdot T}} \right] + 5 \\ &= \frac{3600}{1177,8} + 900 \cdot 0,25 \\ &\cdot \left[\frac{524}{1177,8} - 1 + \sqrt{\left(\frac{524}{1177,8} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{1177,8}\right) \cdot \left(\frac{524}{1177,8}\right)}{450 \cdot 0,25}} \right] + 5 \\ &= 14,23 \text{ [S/voz]} \end{aligned}$$

Trakovi sporednih privoza:

$$\begin{aligned} d_{5/6} &= \frac{3600}{c_{m,5/6}} + 900 \cdot T \cdot \left[\frac{v_{5/6}}{c_{m,5/6}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_{5/6}}{c_{m,5/6}} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_{m,5/6}}\right) \cdot \left(\frac{v_{5/6}}{c_{m,5/6}}\right)}{450 \cdot T}} \right] + 5 \\ &= \frac{3600}{380} + 900 \cdot 0,25 \cdot \left[\frac{433}{380} - 1 + \sqrt{\left(\frac{433}{380} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{380}\right) \cdot \left(\frac{433}{380}\right)}{450 \cdot 0,25}} \right] + 5 \\ &= 122,3 \text{ [S/voz]} \end{aligned}$$

Radnja 6, je naj kompliciranija radnja. Vozači koji prolaze kroz lijevo skretanje sa sporednog privoza imaju obvezu propuštati oba pravca za ravno na glavnom toku. Dodatna smetnja se javlja i od desnih skretača sa glavnog toka koji ometaju uključivanje u promet lijevih skretača, u proračunima se uzima polovica njihovog broja.

Razina usluge nesemaforiziranog raskrižja:

$$d_x = \frac{d_r \cdot v_r + d_t \cdot v_t + d_l \cdot v_l}{v_r + v_t + v_l} [S/voz]$$

$$d_U = \frac{d_{1/2} \cdot v_{1/2}}{v_{1/2}} = \frac{14,23 \cdot 524}{524} = 14,23 [S/voz]$$

$$d_P = \frac{d_{5/6} \cdot v_{5/6}}{v_5 + v_6} = \frac{122,3 \cdot 433}{433} = 122,3 [S/voz]$$

$$d_G = \frac{d_3 \cdot v_3 + d_4 \cdot v_4}{v_4 + v_3} = 0 [S/voz]$$

Prosječno vrijeme čekanja kompletnog raskrižja:

$$d_I = \frac{d_U \cdot v_U + d_P \cdot v_P + d_G \cdot v_G}{v_U + v_P + v_G} = \frac{14,23 \cdot 524 + 122,3 \cdot 433 + 0 \cdot 438}{524 + 433 + 438} = 43,33 [S/voz]$$

Razina usluge na raskrižju 1 je razina E, što predstavlja stanje forsiranog toka.

Gledajući razinu usluge pojedinih prometnih trakova vidi se da raskrižje nema dovoljnu propusnost, najbolji dokaz tome su lijevi skretači sa sporednog privoza koji moraju čekati za prolazak 122 s/voz. Duljina repa čekanja na tom privozu je 16 vozila. Puštanjem u promet autoceste ovaj tok će se još više opteretiti što dovodi do razine usluge F i stanja nestabilnog toka na raskrižju 1.

Proračun za raskrižje 2: raskrižje 2 je identično raskrižju 1.

Analogno proračunu za prvo raskrižje računa se razina usluge na raskrižju 2.

Određene vrijednosti za raskrižje 2:

$$Q_{U2}(V_U) = 678 [voz/h]$$

$$Q_1 = 470 [voz/h]$$

$$Q_2 = 208 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_{G2}(V_G) = 569 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_3 = 323 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_4 = 246 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_S(V_S) = 193 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_5 = 115 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$Q_6 = 78 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$$V_r = 50 \left[\frac{km}{h} \right]$$

Konfliktni tokovi:

Konfliktni tokovi Q_1 , Q_3 i Q_4 pripadaju rangu 1, znači da imaju pravo prelaska kroz raskrižje i nisu u konfliktu sa ostalim tokovima.

Privoz s pravom prelaska kroz raskrižje (Q_1, Q_3), rang 1

$$V_{c,1} = V_2 = 323 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

$V_{c,3}$ - nema ograničenja

U rangu dva pripadaju Q_2, Q_5 i Q_6 .

Desni skretači sa sporednog privoza (Q_5), rang 2:

$$V_{c,5} = V_3 + 0,5 \cdot V_4 = 323 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

Lijevi skretači sa glavnog privoza (Q_2), rang 2:

$$V_{c,2} = V_3 + V_4 = 323 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

Lijevi skretači sa sporednog privoza (Q_6), rang 2:

$$V_{c,6} = V_3 + V_1 + 0,5 \cdot V_4 = 916 \left[\frac{voz}{h} \right]$$

Kritična vremenska praznina:

$$t_{c,1} = 4,1 + 1,0 \cdot 0,067 = 4,167 \text{ [s]}$$

$$t_{c,2} = 4,1 + 1,0 \cdot 0,022 = 4,122 \text{ [s]}$$

$$t_{c5} = 6,2 + 1,0 \cdot 0,087 + (0,1 * 0,055) = 6,2925 \text{ [s]}$$

$$t_{c,6} = 7,1 + 1,0 \cdot 0,03 + (0,2 * 0) - 0,7 = 6,43 \text{ [s]}$$

Vrijeme slijedenja:

$$t_{f,1} = 2,2 + 0,9 \cdot 0,067 = 2,26 \text{ [s]}$$

$$t_{f,2} = 2,2 + 0,9 \cdot 0,022 = 2,22 \text{ [s]}$$

$$t_{f,5} = 3,3 + 0,9 \cdot 0,087 = 3,38 \text{ [s]}$$

$$t_{f,6} = 3,5 + 0,9 \cdot 0,03 = 3,53 \text{ [s]}$$

Potencijalni kapacitet (idealna propusna moć):

Rang 1:

Q₁ jednak je propusnoj moći toka Q₂ iz ranga 2, vozila moraju čekati da se oslobodi prolaz od lijevih skretača budući da nepostoji posebni trak za lijevo skretanje.

$$C_{p,1} = 323 \cdot \frac{0,68806}{0,18354} = 1210,87 \text{ [voz/h]}$$

Q₃ - nema konflikata

Q₄ - nema konflikata

Rang 2:

$$C_{p,2} = 323 \cdot \frac{0,69085}{0,1806} = 1235,57 \text{ [voz/h]}$$

$$C_{p,5} = 323 \cdot \frac{0,5686}{0,26159} = 702,08 \text{ [voz/h]}$$

$$C_{p,6} = 916 \cdot \frac{0,19474}{0,59269} = 300,97 \left[\text{voz}/h \right]$$

Realni kapacitet za rang 1:

Q_1 jednak je Q_2

$$C_{m,1} = 1210,87 \left[\text{voz}/h \right]$$

Q_3 i Q_4 ne računaju se, nemaju konflikata sa ostalim tokovima.

Rang 2:

$$C_{m,x} = C_{p,x}$$

$$C_{m,2} = 1235,57 \left[\text{voz}/h \right]$$

$$C_{m,5} = 702,08 \left[\text{voz}/h \right]$$

$$C_{m,6} = 300,97 \left[\text{voz}/h \right]$$

$$f_k = \prod p_{0,j}$$

$P_{0,j}$ – vjerojatnost da prometni tok ranga 1 (Q_1) nema repa čekanja ($j = 1$) ovisi o tome kolika je vjerojatnost da tok Q_2 iz ranga 2 nema repa čekanja.

$$P_{0,1} = 1 - \frac{v_1}{C_{m,1}} = 1 - \frac{470}{1210,87} = 0,612$$

$$f_k = \prod p_{0,j} = p_{0,1} \cdot p_{0,2} = 0,612 \cdot 0,832 = 0,51$$

$P_{0,j}$ – vjerojatnost da prometni tok ranga 2 nema repa čekanja ($j = 2$)

k – manevri ranga 2

$$P_{0,2} = 1 - \frac{v_2}{C_{m,2}} = 1 - \frac{208}{1235,57} = 0,832$$

$$P_{0,5} = 1 - \frac{v_5}{c_{m,5}} = 1 - \frac{115}{702,08} = 0,836$$

$$P_{0,6} = 1 - \frac{v_6}{c_{m,6}} = 1 - \frac{78}{300,97} = 0,741$$

$$f_k = \Pi p_{0,j} = p_{0,2} \cdot p_{0,5} \cdot p_{0,6} = 0,832 \cdot 0,836 \cdot 0,741 = 0,515$$

Kapacitet zajedničkih trakova:

Kapacitet zajedničkih trakova na glavnom privozu:

$$c_{1,2} = \frac{v_1 + v_2}{\frac{v_1}{c_{m,1}} + \frac{v_2}{c_{m,2}}} = \frac{470 + 208}{\frac{470}{1210,87} + \frac{208}{1235,57}} = 1218,34 \text{ [voz/h]}$$

Kapacitet zajedničkih trakova na sporednom privozu:

$$c_{5,6} = \frac{115 + 78}{\frac{115}{702,08} + \frac{78}{300,97}} = 456,31 \text{ [voz/h]}$$

Duljina repa čekanja:

$$Q_{95,1/2} \approx 900 \cdot 0,25 \cdot \left[\frac{678}{1218,34} - 1 + \sqrt{\left(\frac{678}{1218,34} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{1218,34} \right) \cdot \left(\frac{678}{1218,34} \right)}{150 \cdot 0,25}} \right] \cdot \left(\frac{1218,34}{3600} \right) = 3,575 \text{ [voz]}$$

Trakovi sporednih privoza:

$$Q_{95,5/6} \approx 900 \cdot 0,25 \cdot \left[\frac{193}{456,31} - 1 + \sqrt{\left(\frac{193}{456,31} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{456,31}\right) \cdot \left(\frac{193}{456,31}\right)}{150 \cdot 0,25}} \right] \cdot \left(\frac{456,31}{3600}\right)$$

$$= 2,07 \text{ [voz]}$$

Prosječno vrijeme kašnjenja:

Lijeva skretanja s glavnog privoza:

$$d_{1/2} = \frac{3600}{1218,34} + 900 \cdot 0,25$$

$$\cdot \left[\frac{678}{1218,34} - 1 + \sqrt{\left(\frac{678}{1218,34} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{1218,34}\right) \cdot \left(\frac{678}{1218,34}\right)}{450 \cdot 0,25}} \right] + 5$$

$$= 9,03 \text{ [s/voz]}$$

Trakovi sporednih privoza:

$$d_{5/6} = \frac{3600}{456,31} + 900 \cdot 0,25 \cdot \left[\frac{193}{456,31} - 1 + \sqrt{\left(\frac{193}{456,31} - 1\right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{456,31}\right) \cdot \left(\frac{193}{456,31}\right)}{450 \cdot 0,25}} \right] + 5$$

$$= 18,55 \text{ [s/voz]}$$

Razina usluge nesemaforiziranog raskrižja:

$$d_U = \frac{d_{1/2} \cdot v_2}{v_2} = \frac{9,03 \cdot 678}{678} = 9,03 \text{ [s/voz]}$$

$$d_P = \frac{d_{5/6} \cdot v_{5/6}}{v_5 + v_6} = \frac{18,55 \cdot 193}{193} = 18,55 \text{ [s/voz]}$$

$$d_G = \frac{d_3 \cdot v_3 + d_4 \cdot v_4}{v_4 + v_3} = 0 \text{ [s/voz]}$$

Prosječno vrijeme čekanja kompletnog raskrižja

$$d_I = \frac{d_U \cdot v_U + d_P \cdot v_P + d_G \cdot v_G}{v_U + v_P + v_G} = \frac{9,03 \cdot 678 + 18,55 \cdot 193 + 0 \cdot 569}{678 + 193 + 569} = 6,73 [s/voz]$$

Na osnovi gornjih proračuna, na raskrižju 2 ustanovljena je razina usluge A.

Problem raskrižja 2 nisu lijevi skretači sa sporednog privoza kao što je slučaj na raskrižju 1, problem je što na glavnom privozu vozila za ravno i lijevo koriste isti prometni trak. Korištenje istog traka za lijevo i za ravno nije podobno za propusnost raskrižja a ni za sigurnost sudionika u prometu. Kod takvih rješenja prometnih tokova dolazi do prometnih nesreća tipa nalet vozila na stražnji kraj vozila ispred sebe.

Raskrižje 2 ispunjava kvalitativne uvjete kao propusnost, vrijeme čekanja, duljina repa čekanja itd. ali ne ispunjava uvjete sigurnosti sudionika u prometu. Stoga dolazi se do zaključka da treba uvesti dodatni trak koji ide iz smjera Uroševca kako bi se dobio poseban trak za lijeve skretače ili treba eliminirati križanje lijevih skretača sa vozilima koja idu ravno iz suprotnog smjera, što je bolje i održivije rješenje.

3.2.4 Analiza postojeće infrastrukture i opreme raskrižja

Raskrižje ulice Rexhep Bislimi i magistrale Priština – Skopje je posebno jer konstrukcija raskrižja je takva da ima obilježja izvangradskih raskrižja ali u konkretnom slučaju raskrižje je toliko urbanizirano da privredni objekti, kuće za stanovanje i razni obrti su smješteni na 5-7 m. od rubnog dijela kolnika, što uz česta uključivanja i isključivanja vozila, dodatno ometaju odvijanje prometa.

Vertikalna prometna signalizacija nije adekvatna, vozačima nisu osigurane potrebne informacije ili ih ne dobivaju na vrijeme. Postojeći vertikalni prometni znakovi su nekvalitetni. Za vrijeme teških meteoroloških prilika i smanjene vidljivosti znakovi nemaju dovoljnu retrorefleksiju i nisu adekvatno opremljeni retroreflektivnim folijama.

Horizontalna prometna signalizacija praktički ne postoji, iako se po danu mogu primjetiti mjestimično rubne i središnja crta, njihova je retrorefleksija manja od potrebne da bi preko noći i okolnostima smanjene vidljivosti pružala pomoć pri orijentiranju vozačima. "stop crte" i drugi horizontalni prometni znakovi ne postoje.

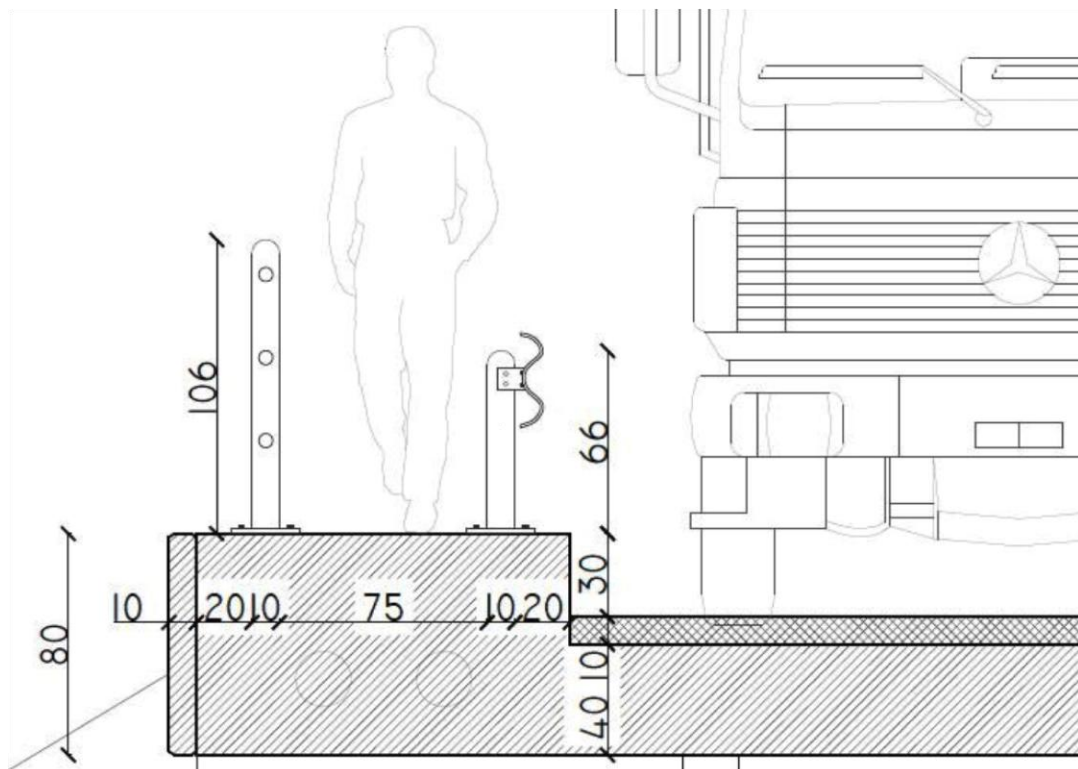
Kolnički zastor je u lošem stanju, oštećenja na kolniku su velika i česta, površina asfalta je skliska i nedovoljno čista da bi osigurala adekvatno prijanjanje između podloge i pneumatika. Odvodnja nije riješena adekvatno i često predstavlja problem vozačima, pogotovo u zimskom periodu kad tijekom dana pokrije asfaltni zastor, dok noću uslijed niskih temperatura dolazi do smrzavanja i postaje nepredvidiva opasnost vozačima.

Nogostupi nisu riješeni na način da pružaju sigurnu kretnju pješacima i biciklistima. Nogostup postoji na konstrukcijskom dijelu nadvožnjaka, fizički je odvojen od prometnog traka i uzdignut je propisno s obzirom na kolničku površinu ali nije propisne širine. Pješaci se nemogu mimoći ako se istovremeno nalaze na prolazu, pa se često dogodi da za prelazak nadvožnjaka koriste kolničkom površinom. (slika 8).

Pješačkih prijelaza nema.

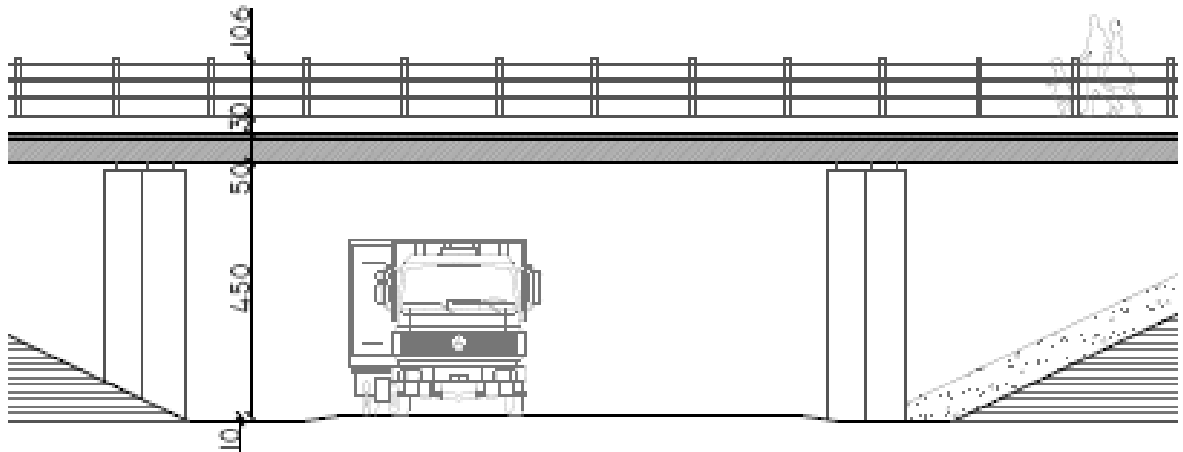
Posebne biciklističke staze ne postoje.

Prometni objekt nema rasvjete.



Slika 8. Prikazivanje situacije pješačkih prolaza na nadvožnjaku

Konstrukcija samog nadvožnjaka statistički je prihvatljiva, nema ograničenja prometa po pitanju mase vozila. Visina, odnosno visinski razmak između površine kolnika i prepreke nastale konstrukcijom mosta je 4,5 m. (Slika 9).



Slika 9. Prikazivanje visine (slobodnog profila)

3.2.5 Analiza sigurnosti odvijanja prometa

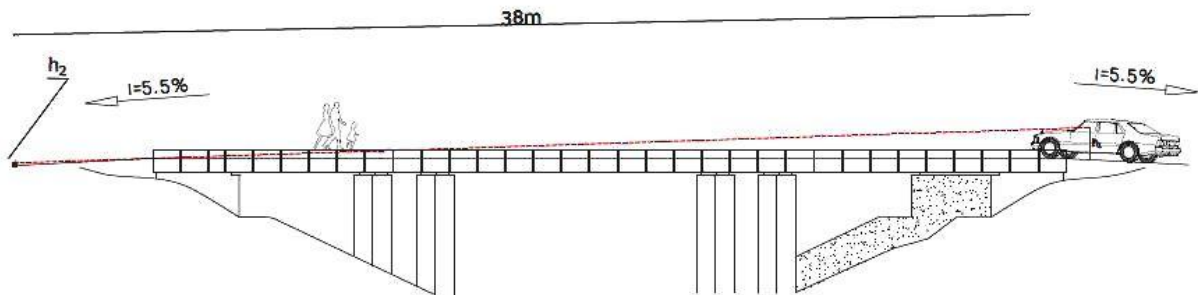
Veliki broj raskrižja u ovoj regiji nisu dobro organizirana sa stajališta prometa i sigurnosti sudionika u prometu.

Vođenje prometnih tokova nije propisno označeno što dovodi do zbunjenosti među vozačima a često i do prometnih nesreća.

Kod konstrukcije nadvožnjaka veliki konveksni prijelom nivelete daje uzdužni nagib ceste od 5.5 %. Imajući u vidu da se sa svake strane nadvožnjaka nalaze raskrižja, uzdužni nagib je neprikladan zbog nekoliko razloga:

- otežano uključivanje u promet vozila sa sporednih pravaca zbog uzdužnog nagiba i smanjene duljine preglednosti
- smanjena duljina preglednosti zbog velikog konveksnog prijeloma nivelete
- povećava se put kočenja zbog negativnog uzdužnog nagiba u smjeru vožnje nakon prelaska nadvožnjaka.

Duljina preglednosti između oka vozača $h_1=1.2$ m i visine prepreke $h_2=0.1$ m je 38m (slika 10).



Slika 10. Prikaz duljine preglednosti na konstrukcijskom dijelu nadvožnjaka

Zaustavni put potreban da se vozilo zaustavi pred nepomičnom preprekom je:

$$L_p = \frac{V \cdot t_R}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot \left(f_1 \pm \frac{u}{100} \right)} + r_z$$

gdje je:

L_p - duljina zaustavnog puta

V - brzina vozila u km/h

f_1 - tangencijalni koeficijent prljanjanja

u - uzdužni nagib u postotku.

r_z - duljina sigurnosnog razmaka, može se uzeti do 5 metara.

Potrebna duljina da se vozilo sigurno zaustavi pred nepomičnom zaprekom izračunata je za tri različita stanja zastora;

a) mokar glatki asfalt $f_{1g}=0,5$

b) blato na kolniku $f_{1b}=0,3$ i

c) poledica $f_{1p}=0,1$

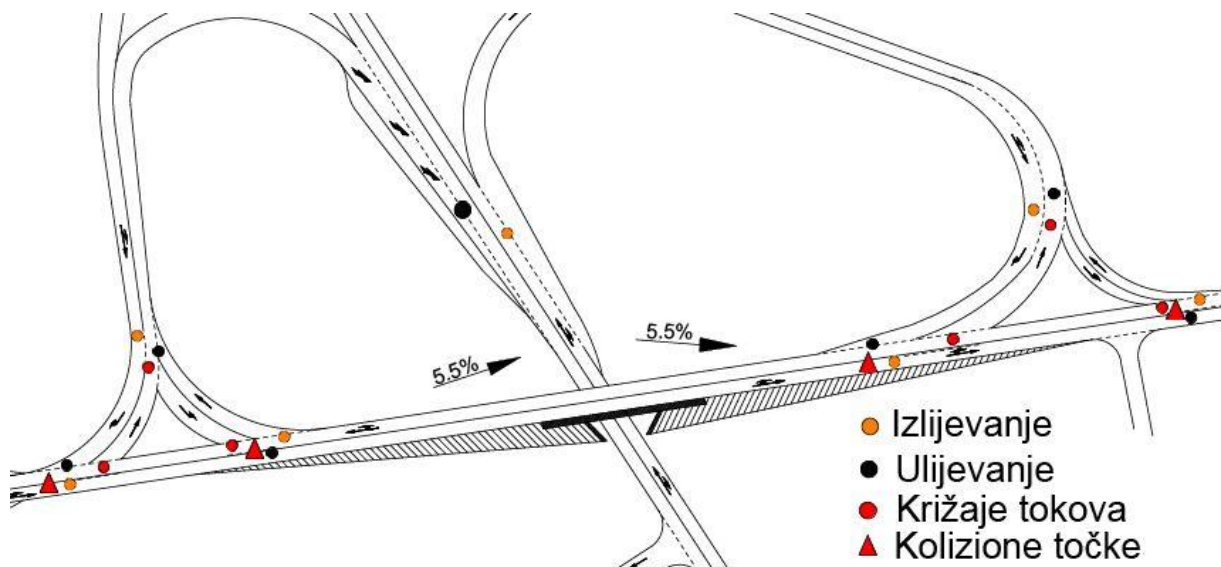
a).
$$L_{pg} = \frac{50 \cdot 1}{3,6} + \frac{50^2}{254 \cdot \left(0,5 - \frac{u}{100} \right)} + 5 = 13,89 + 22,12 + 5 = 41,01 \text{ m}$$

b).
$$L_{pb} = \frac{50 \cdot 1}{3,6} + \frac{50^2}{254 \cdot \left(0,3 - \frac{u}{100} \right)} + 5 = 13,89 + 40,17 + 5 = 59,06 \text{ m}$$

$$c). L_{pp} = \frac{50 \cdot 1}{3,6} + \frac{50^2}{254 \cdot \left(0,1 - \frac{u}{100}\right)} + 5 = 13,89 + 218,72 + 5 = 237,61 \text{ m}$$

Uzimajući u obzir da je osigurana duljina preglednosti od 38 m. proizlazi da vozaču nisu pružani uvjeti za sigurno zaustavljanje vozila pred nepomičnom preprekom osim u slučaju a), kad će vozilo uslijed forsiranog kočenja, približavati se nepomičnoj prepreci u razmaku manjem od vrijenosti r_z što nije sigurno i propisno.

Točke kolizije u promatranom području su locirane na četiri mjesta u ulici Rexhep Bislimi. Razlog za česte prometne nezgode je da sa svake strane nadvožnjaka u ulici Rexhep Bislimi postoji raskrižje koje na glavnim prometnim pravcima nema odvojene trakove za lijeve skretače i za ravno (slika 11).



Slika 11. Kolizione točke raskrižja

Organizacija prometnih tokova je riješena na način da magistralni pravac nema presjecanje tokova, ima četiri konfliktne točke, dva uplitanja i dva isplitanja (slika 11). Ulica Rexhep Bislimi ima dva raskrižja koja su prometno opterećena i predstavljaju najveće prometne otpore u cijelom promatranom području.

Kod opreme cestovnih objekata, posebnu pozornost treba posvetiti rasvjeti, koja je ključni čimbenik u povećanju sigurnosti na cestama. Raskrižje ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje nema rasvjetu. Sigurnost svih sudionika u prometu je narušena činjenicom da je raskrižje ne osvijetljeno, posebno su ugroženi pješaci.

Pješačkih prijelaza nema. Nije osigurana dovoljna sigurnost prelaska pješaka nadvožnjakom.

3.3 Prognoza prometa

Predviđanje potražnje predstavlja fazu kojoj su podređene sve prethodne faze prometnog planiranja. Cilj ove faze je osiguravanje podataka o ukupnoj veličini, sastavu i načinu prijevoza ljudi i robe na prometnoj mreži za razdoblje za koje se izrađuje plan. Temeljna pretpostavka ove faze je da postoji uzročno-posljedična veza između prometne potražnje i društveno-ekonomskih obilježja promatranog područja.

Kako bi se predvidjelo kretanje prometnih tokova, opterećenje prometnih površina i bilo koja veličina relevantna za prometno planiranje, potrebno je dati prometnu prognozu. Prometna prognoza sadrži informacije o budućem intenzitetu, strukturi i raspodjeli prometnih tokova za promatrano područje.

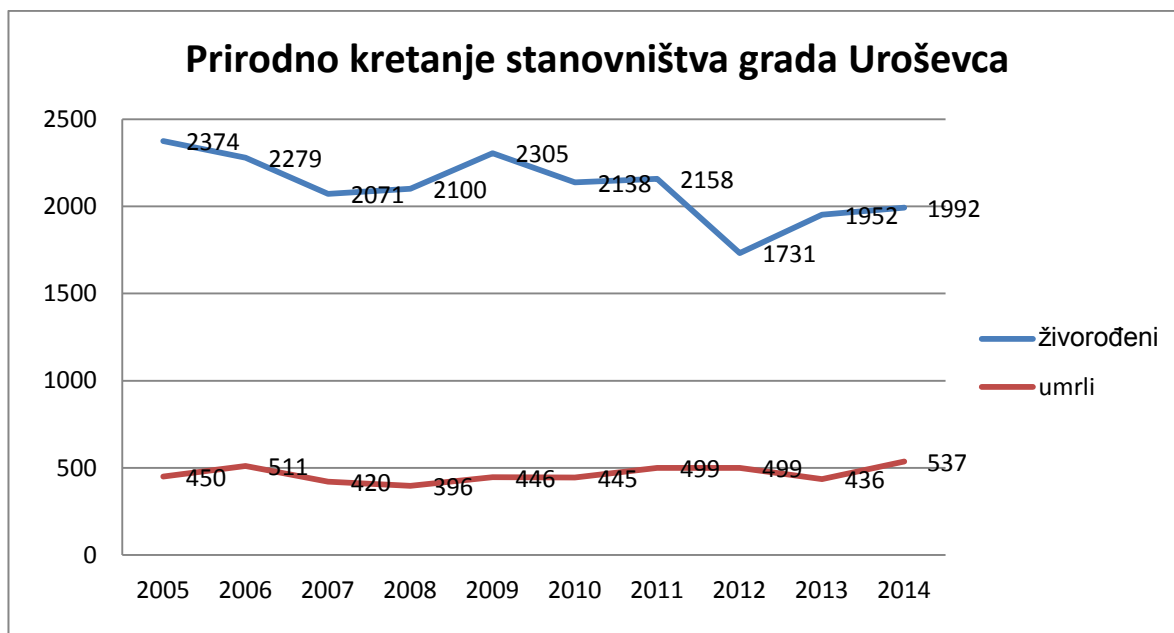
U cilju postizanja što boljih rezultata u prognozi prometa potrebno je korištenje što više informacija i podataka o stanju stanovništva i društveno ekonomskih pokazatelja.

3.3.1 Demografska analiza Grada Uroševca.

Za potrebu demografske analize populacije Kosova i Grada Uroševca korišteni su podaci statističke agencije Kosova. Pridržavalo se preporukama statističke agencije te su korišteni podaci srednjih varijanti planiranja i prognoziranja.

Podaci potrebni za demografsku analizu su razni podaci vezani za stanovništvo promatranog područja (broj stanovnika, postotak zaposlenosti stanovništva sposobnog za rad, porast broja stanovnika po godinama, i drugi potrebni podaci koji pokazuju pojedine pojave ili strukturu stanovništva s obzirom na neku pojavu ili obilježje). Područje za demografsku analizu nemože se ograničiti na područje obuhvata analize jer područje obuhvata prometne analize je prometna površina (raskrižje), dok promet koji prolazi određenim područjem obuhvata nije ograničen na isto područje nego je rasprostranjen u šira područja koje generiraju putovanja (promet). Za dobivanje što preciznijih informacija o prometu određenog područja potrebno je uključiti demografske podatke ali i niz drugih čimbenika koji posredno ili neposredno utječu na intenzitet, smjer, pravac i sastav prometnih tokova.

Stanovništvo Kosova je posljednjih deset godina u stalnom porastu. Grad Uroševac prati isti trend porasta stanovništva prosječnom stopom porasta od 8,5 posto godišnje za deset prethodnih godina (grafikon 1).



Grafikon 1. Prirodno kretanje stanovništva grada Uroševca

Iz gornje slike je vidljivo da broj živorođenih je u opadanju ali je i dalje dosta veći od broja umrlih što u konačnici ima kao rezultat porast stanovništva u prosjeku za 1646,1 osoba godišnje.

Prognozu broja stanovnika Kosova daje nekoliko institucija: Eurostat, svjetska banka, agencija za svjetske populacije Sjedinjenih Američkih Država, statistička agencija Republike Kosova itd.

Prema podacima statističke agencije Kosova polovica ukupnog stanovništva Republike Kosova je mlađa od 28.2 godine. Srednja starost populacije u 2011 godini je bila 30,2 godine.

Gornji podaci pokazuju da Kosovo ima mladu populaciju, što nije slučaj u ostalim Europskim zemljama. Pokazatelj starosti populacije može se kasnije upotrijebiti kod prognoze prometa jer je to populacija koja je vozno sposobna.

Za bolji uvid u stanovništvo Republike Kosova mogu se koristiti podaci iz projekcije stanovništva do 2046 godine (tablica 4).

Tablica 4. Projekcija stanovništva Kosova

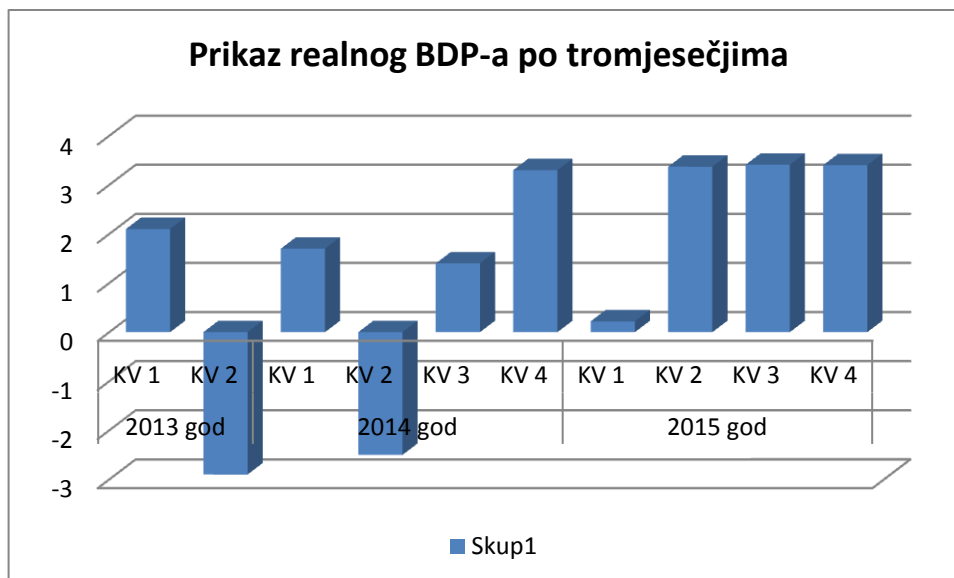
dobna grupa	2016	2021	2026	2031	2036	2041	2046
0-4	139722	139069	135333	124587	110704	99315	91250
5-9	141656	128499	127189	122799	114144	102352	90992
10-14	160519	138492	125167	123679	119871	111800	100021
15-19	177289	158399	136290	122871	121759	118329	110273
20-24	175996	175251	156297	134120	121067	120305	116890
25-29	156983	167760	166549	147154	126515	114983	114238
30-34	132645	144484	154519	152592	135538	117231	105742
35-39	127281	126529	138018	147718	146900	130987	112757
40-44	124846	124856	124057	135443	145491	145065	129267
45-49	109410	123654	123758	123052	134453	144550	144231
50-54	96311	108155	122366	122661	122007	133330	143502
55-59	81354	94224	106054	120214	120609	120054	131424
60-64	65234	78244	90924	102709	116566	117182	116995
65-69	51943	61563	74106	86506	97907	111323	112456
70-74	40986	46751	55744	67540	79199	90159	103238
75-79	28893	33487	38758	46709	57174	67832	78234
80-84	16929	20937	24685	29053	35498	44145	53323
85+	9073	13451	17959	22550	27639	34235	43067
ukupno	1837070	1883805	1917773	1931957	1933041	1923177	1897900

Podaci za projekciju stanovništvo Grada Uroševca nisu dostupni, pa će se prikazati što točnije demografska slika stanovništva Kosova, te će se daljnjom obradom podataka nastojati opisati demografska slika grada Uroševca i okolnjih mjesta koja su bitna za generiranje ili privlačenje putovanja u promatranom području.

3.3.2 Društveno ekonomski pokazatelji

Ekonomija Kosova je podložna ekonomskoj krizi u regiji, ali su ekonomske prognoze i predviđanja pozitivne.

Pokazatelj društvenog ekonomskog rasta je rast BDP-a (slika 12).

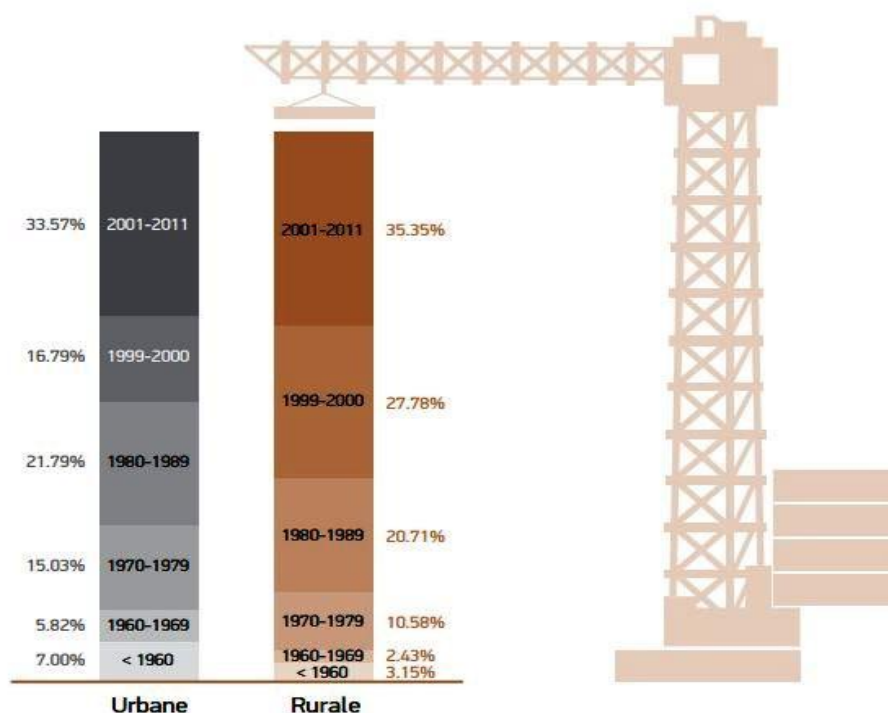


Slika 12. Prikaz BDP-a za Kosovo

Iskustva zemalja regije govore da porast standarda utječe na povećanje broja prijeđenih kilometrara po vozilu.

Porastom društveno ekonomskih čimbenika moguće je da će isti broj predviđenih vozila generirati veći broj putovanja od očekivanog, odnosno sadašnjeg broja putovanja po vozilu. Porastom standarda raste i vrijednost vremena (*value off time*), što utječe na to da stanovništvo za prijevoz češće bira osobni automobil od javnog prijevoza.

Stanovništvo Kosova nije koncentrirano u gradovima (iznimka je Priština), stanovništvo koje živi u ruralnim sredinama ima tendenciju preseljavanja u gradske urbane sredine. U prilog tome idu podaci koji govore da je broj stambenih objekata na teritoriju Kosova u zadnjih 20 godina u stalnom porastu. Gotovo je nevjerovatan podatak koji navodi statistička agencija Kosova prema kojem u zadnjih 20 godina je sagrađeno otprilike 57 posto građevina u Republici Kosovo (slika 13).



Slika 13. Prikaz gradnje objekata za stanovanje prema sredinama i po godinama gradnje

3.3.3 Prognoza prometa za plansko razdoblje

Podataka za prethodno brojanje prometa na području Kosova nema. Znajući da je Kosovo zemlja u tranziciji neka obilježja prometa mogu se poistovjetiti sa iskustvima zemalja koja su prošla razdoblje tranzicije, na primjer Hrvatska.

Razdoblje za koje se izrađuje plan je 20 godina.

Stanovništvo Kosova spada u mobilne nacije, primjer je Grad Priština koji posjećuje preko 56000 dnevnih migranata, broj koji na dnevnoj bazi povećava broj domicilnog stanovništva za preko 38 posto. Stanovništvo Prištine broji 145000 stanovnika. Gradske resurse dnevno kad se uzimaju u obzir posjetitelji koristi preko 200.000 građana.

Prosječni broj dnevnih migranata koji posjećuju Grad Uroševac u radnim danima je 9827 osoba/dan (tablica 5). Razlozi putovanja u Grad Uroševac najčešće su:

- poslovni
- školovanje
- medicinski

- ostali razlozi putovanja.

Tablica 5. Broj dnevnih imigranata u Gradu Uroševcu

Grad Uroševac	Broj stanovnika	Broj dnevnih migranata	Udio migranata u domicilnom stanovništvu
	107985	9827	9,10%

Prema statističkim podacima iz Uroševca dnevno u Prištinu i nazad putuje 2156 osoba.

Trenutno 46 posto stanovništva grada Uroševca živi u urbanim sredinama i taj je broj u porastu. Posljedica porasta broja stanovnika u gradskim središtima ima kao rezultat širenje grada što dovodi do opterećenja postojećih prometnih površina.

Neprihvatljivo u slučaju grada Uroševca sa aspekta urbanističke i prometne organizacije je to da je Grad maksimalno centraliziran, u centru grada su sve bitne ustanove koje su potrebne građanima; bolnice, škole, razni uredi i institucije, vjerski i ostali objekti koji privlače putovanja i po pitanju posjetitelja ali i po pitanju radnog osoblja. U centru grada je smješten i međugradski i prigradski autobusni kolodvor. Željeznička postaja isto tako je smještena u centru grada, željeznička pruga svojom trasom prolazi na 100 m od središta grada i praktički dijeli grad na dva dijela.

Centar grada se može smatrat kao najveći atraktor prometa dok se kao produktori mogu nabrajati sva veća naselja koja za potrebe odlaska u grad koriste raskrižje ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje, vojna baza Bondsteel i buduća Autocesta.

U radu će se nastojati što točnije dati prometna prognoza na osnovu raspoloživih statističkih podataka i podataka prikupljenih s terena.

Metodom regresijske analize ustanovit će se veza između porasta broja stanovnika i porasta broja registriranih vozila, nadalje pomoću postojećih podataka iz primjera Republike Hrvatske nastojat će se odredit korelacija između broja registriranih vozila i povećanja obujma prometa.

U regresijskoj analizi se kao temelj za procjenu stvaranja putovanja koriste zajednička obilježja zone kao što su intenzitet i razmještaj površina različitih namjena te društveno-

ekonomska obilježja stanovništva. Za jedinicu analize se uzima čitava zona te se sve razlike u stvaranju putovanja između zona dovode u vezu s različitim obilježjima zone.

U regresijskoj analizi se broj putovanja uzima kao zavisna varijabla, a zonska obilježja kao što su npr. motorizacija stanovništva, dohodak, posjedovanje auta, broj kućanstava i drugo uzima kao nezavisne varijable.

Slučajne varijable Y_i su statistički nezavisne sa srednjom vrijednošću $a + bX_i$ i varijansom σ^2 .

Kako regresijski pravac nije poznat, potrebno je prvo odrediti parametre a i b koji se procjenjuju iz uzorka. Dobiva se procijenjeni pravac regresije $\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}X$. Kod procijenjenog pravca regresije varijable odstupaju za vrijednost pogreške e od prave vrijednosti varijabla Y .

Parametri regresijskog pravca određuju se primjenom metode najmanjih kvadrata koja minimizira korijen pogreške:

$$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}X$$
$$\hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - \hat{b} \left(\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \right)$$
$$\hat{b} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_i)^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

gdje je:

Y_i - zavisna varijabla

X_i - nezavisna varijabla

n - broj uzoraka

Kako bi se utvrdilo koliko dobro procijeni pravac regresije opisuje korelativnu ovisnost između zavisnih varijabli Y i zavisnih varijabli dobivenih jednadžbom pravca regresije \hat{Y}_i , koristi se koeficijent determinacije R^2 :

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Koeficijent poprima vrijednosti od 0 do 1, gdje 1 predstavlja potpunu korelativnu ovisnost između dviju promatranih varijabli.

Na temelju podataka (tablica 6) o broju stanovnika Kosova i broju registriranih osobnih automobila u Kosovu treba ustanoviti njihovu povezanost (korelaciju), pomoću regresijske analize, metodom utvđivanja najmanjih kvadrata odredit će se pravac linearne regresije i koeficient determinacije.

Tablica 6. Podaci o broju stanovnika i broju registriranih osobnih automobila

	xi	yi	xi·yi	Xi2
	1780021	170321	303174956741,00	3168474760441,00
	1793745	176398	316413030510,00	3217521125025,00
	1805853	222537	401869109061,00	3261105057609,00
	1816891	236145	429049725195,00	3301092905881,00
suma:	7196510	805401	1450506821507,00	12948193848956,00

Xi - broj stanovnika

Yi - broj registriranih osobnih automobila

$$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}X$$

$$\hat{b} = \frac{4 \cdot 1450506821507 - 7196510 \cdot 805401}{4 \cdot 12948193848956 - 7196510^2}$$

$$\hat{b} = 1,971$$

$$\hat{a} = \frac{805401}{4} - 1,971 \left(\frac{7196510}{4} \right)$$

$$\hat{a} = -3344766$$

$$\bar{Y} = \frac{y_i}{n}, \quad \bar{Y} = \frac{805401}{4}$$

$$\bar{Y} = 201350,25$$

$$\hat{Y}_x = \hat{a} + \hat{b} \cdot x$$

$$\hat{Y}_1 = -3344766 + 1,971 \cdot 1780021$$

$$\hat{Y}_1 = 163690,9$$

$$\hat{Y}_2 = 190741,2$$

$$\hat{Y}_3 = 214606,3$$

$$\hat{Y}_4 = 236362,5$$

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}$$

R^2

$$= \frac{(163690,9 - 201350,25)^2 + (190741,2 - 201350,25)^2 + (214606,3 - 201350,25)^2 + (236362,5 - 201350,25)^2}{(170321 - 201350,25)^2 + (176398 - 201350,25)^2 + (222537 - 201350,25)^2 + (236145 - 201350,25)^2}$$

$$R^2 = 0,9037$$

Vrijednosti koeficijenta determinacije su prihvatljive ako poprimaju vrijednosti:

$$R^2 \geq 0,6.$$

Može se zaključiti da broj stanovnika i broj registriranih osobnih vozila imaju čvrstu korelativnu vezu, što znači da se može koristiti projekcija broja stanovništva u budućoj planskoj godini za prognoziranje broja registriranih osobnih vozila.

Broj registriranih osobnih vozila može rasti i sa društveno ekonomskim rastom, neovisno o broju stanovnika.

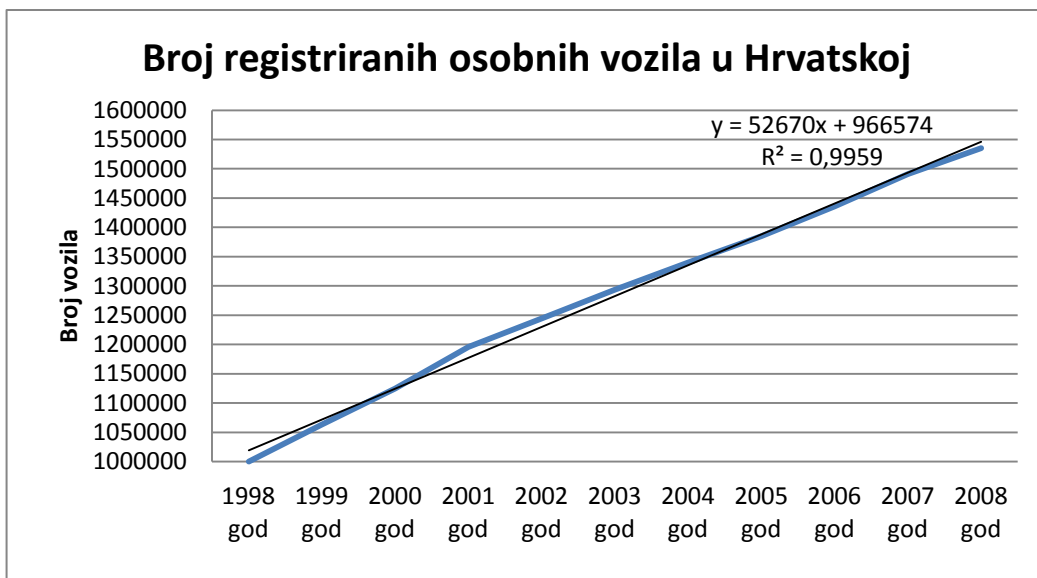
Broj registriranih osobnih vozila po kućanstvima u Kosovu je relativno nizak: 55,3 posto kućanstva posjeduju osobni automobil, za razliku od Hrvatske gdje 75 posto kućanstava imaju osobni automobil.

Prosjeak osoba po kućanstvu u Kosovu je 6, dok je taj broj u Hrvatskoj 2,8 osoba po kućanstvu.

Očekuje se da će u Kosovu porasti broj kućanstava ali i broj automobila po kućanstvima.

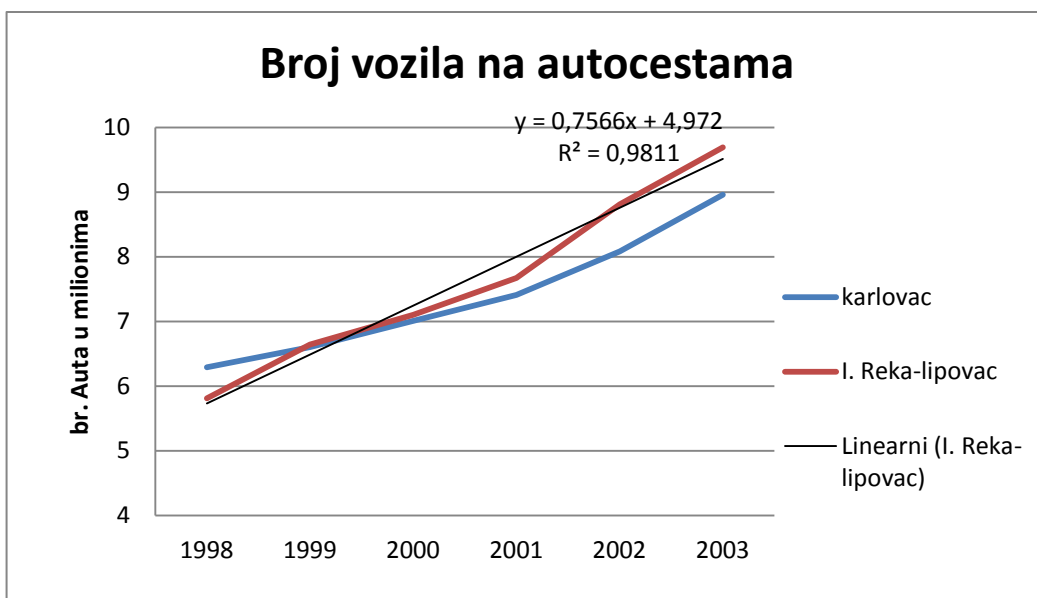
Pretpostavlja se da broj registriranih osobnih automobila je u čvrstoj vezi sa prometnim opterećenjem, ta pretpostavljena uzročno – posljedična veza je logička jer funkcija svakog registriranog osobnog automobila je stvaranje putovanja. Stvaranje putovanja dovodi do povećanja prometne opterećenosti prometnih površina.

Kako bi se dokazala veza između porasta broja registriranih automobila i prometnog opterećenja koristit će se podaci o brojanju prometa Hrvatskih Cesta i podaci Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske o broju registriranih osobnih vozila (grafikon 1.i grafikon 2).



Grafikon 2. Prikaz porasta broja registriranih osobnih vozila u Republici Hrvatskoj.

Izvor: [12]



Grafikon 3. Prikaz porasta broja vozila na autocestama Republike Hrvatske

Izvor: [13]

Iz grafa 1 i 2 vidljivo je da porast broja registriranih osobnih vozila rezultira porastom putovanja ili porastom prometne opterećenosti cestovnih pravaca.

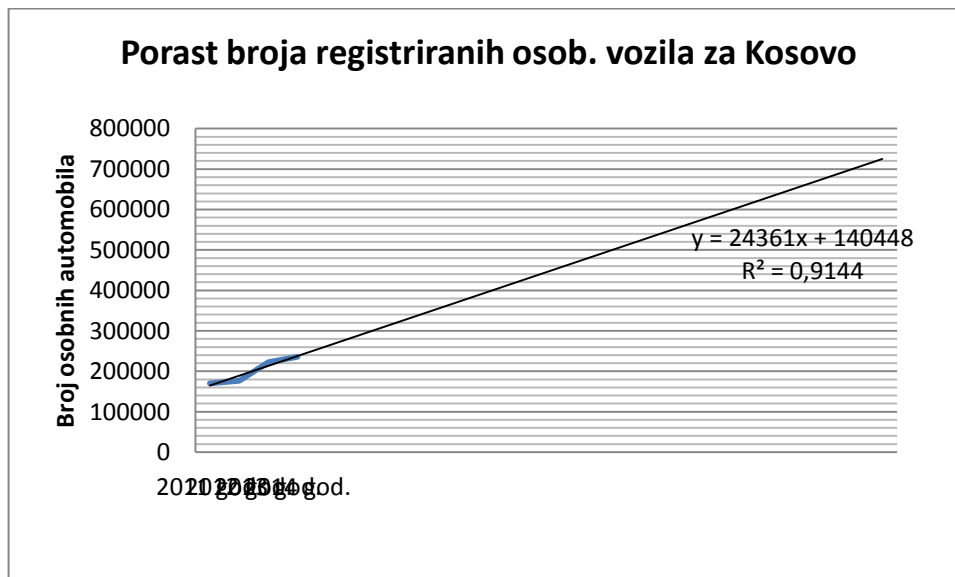
Budući da svi pokazatelji kao što su; ekonomski, broj registriranih vozila, projekcija populacije, pokazuju trendove rasta za plansko razdoblje, za očekivati je da će stvarni broj vozila na cestama Kosova u planiranom razdoblju drastično rasti, a samim time i opterećenja na određenim prometnim površinama.

Prognozu prometa za područje Kosova prikazat će se pomoću nekoliko varijanti:

1. Varijanta linerane regresijske analize, tj. kao linerni porast broja registriranih auta u sledećih 20 godina (grafikon 3)
2. Varijanta dobivena pomoću prosjeka motorizacije zemalja regije koja su prošla kroz tranzicijsko razdoblje (stupanj motorizacije)
3. Varijanta dobivena pomoću predviđanja broja registriranih osobnih automobila na osnovu porasta srednjom godišnjom postotnom stopom, dobivenom na osnovu postojećih podataka (kamatni izračun).

Varijanta1.

Linearna regresijska analiza dobivena pomoću metode najmanjih kvadrata.



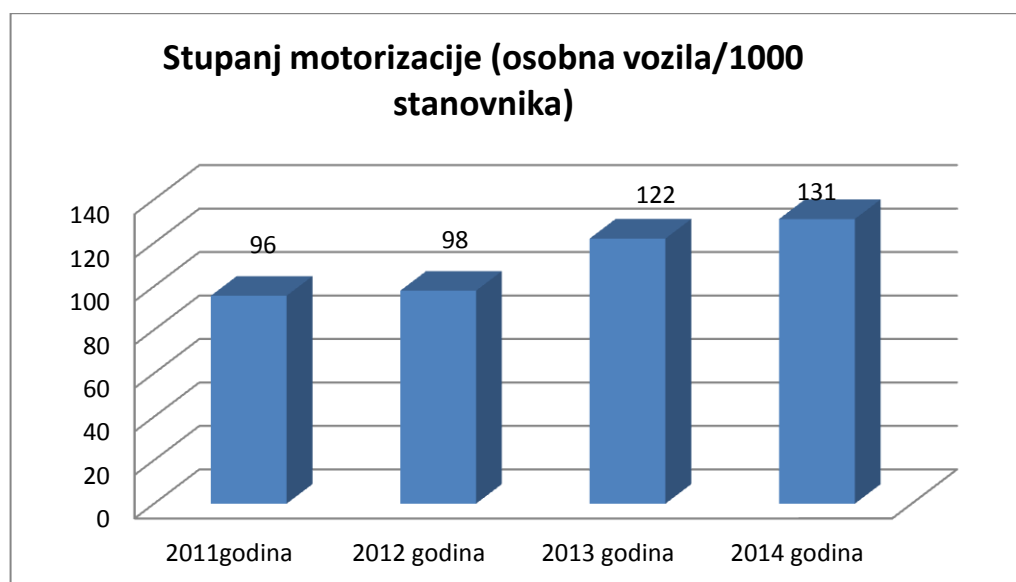
Grafikon 4. Prikaz porasta broja vozila za plansko razdoblje od 20 god.

Iz gornje slike (grafikon 3) vidljivo je da se metodom lineranog rasta dobiva broj od 720000 osobnih automobila na kraju planskog razdoblja.

Varijanta 2.

Pomoću prosjeka motorizacije zemalja regije koja su prošla kroz tranzicijsko razdoblje (stupanj motorizacije) nastojat će se predvidjeti stupanj motorizacije stanovništva Kosova za plansko razdoblje.

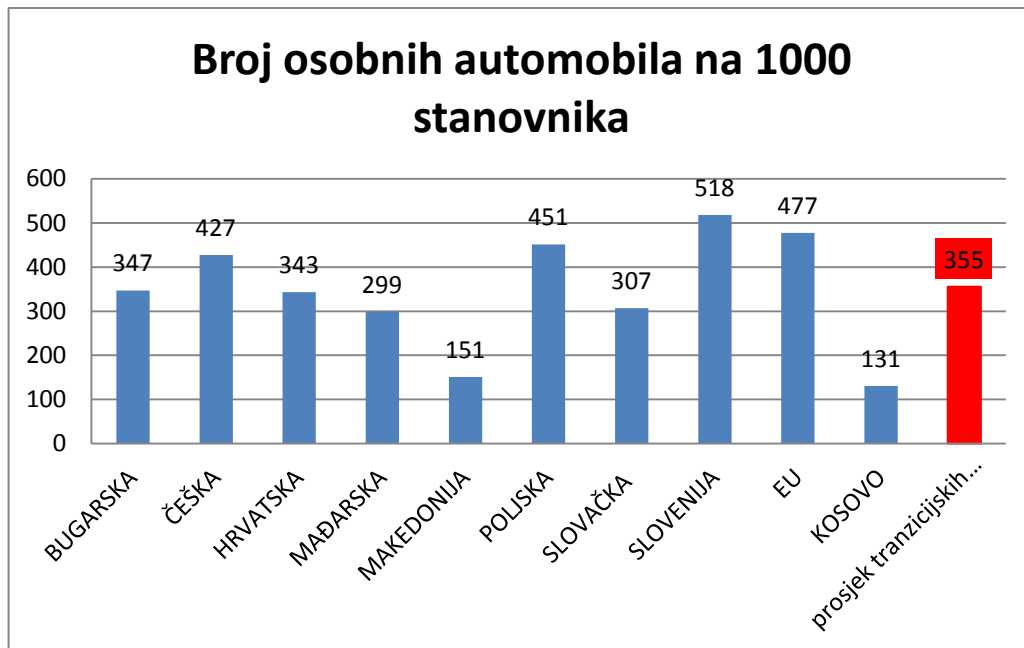
Na osnovu raspoloživih podataka za potrebe prognoziranja prometa izračunat je stupanj motorizacije stanovništva Kosova po godinama (slika 14).



Slika 14. Stupanj motorizacije stanovništva Kosova

Motorizacija stanovništva dobar je pokazatelj mobilnosti stanovništva, podaci iz gornje slike pokazuju stalni porast broja vozila što daje do znanja da će u budućnosti prometnice biti više opterećene.

Stupanj motorizacije nije beskonačan, njegov rast će u sljedećem planskom razdoblju (20 godina), uz pretpostavku da će društveno ekonomski pokazatelji biti pozitivni, doseći prosjek broja vozila na 1000 stanovnika zemalja koja su prošla tranzicijsko razdoblje (slika 15).



Slika 15. Broj osobnih automobila na 1000 stanovnika za tranzicijske zemlje

Približno isti broj vozila na 1000 stanovnika se dobije ako se uzima prosječni godišnji rast broja registriranih vozila od 21941 vozila godišnje:

$$A_{20} = S + (P \cdot n)$$

gdje je:

A- broj automobila na kraju planskog razdoblja (20 godina)

P- prosjek godišnjeg porasta broja registriranih osobnih vozila (21941 voz/god)

n- broj godina

$$A_{20} = 236145 + (21941 \cdot 20) \text{ (vozila)}$$

$$A_{20} = 674965 \text{ vozila}$$

uračunato kao broj vozila na 1000 stanovnika:

$$A_s = \frac{\text{broj vozila na kraju planskog razdoblja}}{\text{broj stanovnika na kraju planskog razdoblja}/1000}$$

$$A_s = \frac{674965}{1897900/1000} = 355,6 \left(\frac{\text{vozila}}{1000 \text{ stanovnika}} \right)$$

A_s -broj vozila na 1000 stanovnika.

Varijanta 3.

Predviđanje broja registriranih osobnih automobila na osnovu porasta srednjom godišnjom postotnom stopom, dobivenom na osnovu postojećih podataka zemalja regije (kamatni izračun):

Iskustva iz Hrvatske i drugih zemalja regije, koje su uzete za uspoređivanje govore da je srednja stopa godišnjeg porasta broja registriranih vozila na godišnjoj razini 2,5 posto. U skladu s tim izračunat će se broj vozila za plansko razdoblje.

$$C_n = C_o \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right)^n$$

gdje je:

C_n - broj vozila na kraju planskog razdoblja

C_o - broj vozila u baznoj godini

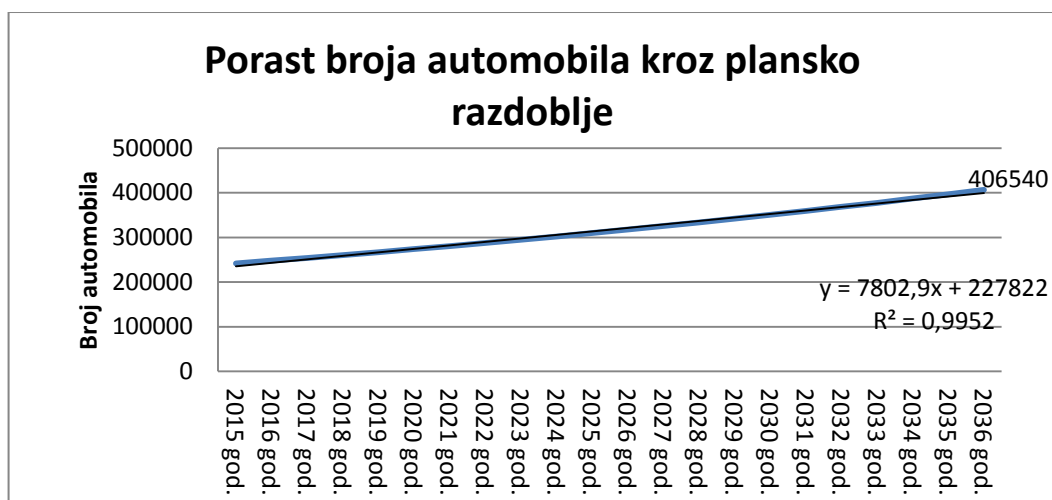
P - stopa rasta obračunskog razdoblja (godišnja)

n - broj godina planskog razdoblja.

$$C_{20} = 248100 \cdot \left(1 + \frac{2,5}{100}\right)^{20} \text{ vozila}$$

$$C_{20} = 406540 \text{ vozila}$$

Porast broja automobila dobiven pomoću treće varijante prikazan je grafikonom 5.



Grafikon 5. Prikaz porasta broja vozila kroz plansko razdoblje

Za mjerodavno opterećenje uzet će se srednja vrijednost varijanti V_2 i V_3 . Vrijednosti dobivene varijantom V_1 pokazuju linearan porast broja registriranih vozila. Nije realno očekivati da će broj vozila tijekom planskog razdoblja linearno rasti, stoga vrijednosti dobivene varijantom V_1 će se odbaciti.

$$V_1 = 720000 \text{ vozila}$$

$$V_2 = 686920 \text{ vozila}$$

$$V_3 = 406540 \text{ vozila}$$

$$V_{sr} = \frac{686920 + 406540}{2} = 546730 \text{ vozila}$$

$$V_{20} = 546730 \text{ vozila}$$

Na kraju planskog razdoblja ukupni broj registriranih osobnih vozila bit će 546730 vozila što je porast od 120 posto.

Jedinstveni faktor porasta je: $\tau = 2,2$

Matrica putovanja dobivena brojanjem prometa prikazana je u tablici 7.

Tablica 7. Matrica putovanja postojećeg stanja.

Matrica putovanja postojećeg stanja (EJA/h)					
	Priština	Uroševac	Gnjilane	Skopje	SUMA
Priština	0	182	251	427	860
Uroševac	208	0	470	97	775
Gnjilane	246	323	0	68	637
Skopje	530	115	78	0	723
SUMA:	984	620	799	592	2995

Predviđena motorizacija stanovništva na kraju planskog razdoblja prema gornjim podacima je:

$$A_{s20} = \frac{540752}{1897900/1000} = 285 \left(\frac{\text{vozila}}{1000 \text{ stanovnika}} \right)$$

3.3.4 Dodjeljivanje putovanja na prometnu mrežu

Dodjeljivanje putovanja na prometnu mrežu predstavlja spajanje prijevozne potražnje definirane prometnom prognozom i prometne ponude, koja predstavlja prometnu infrastrukturu za plansko razdoblje.

U slučajevima kad je moguće između izvorišta i odredišta putovanja izabrati različite rute, vozači biraju one rute koje imaju najmanje generalizirane troškove putovanja. Kod određivanja generaliziranog troška nemaju svi vozači iste kriterije *ponderiranja* generaliziranog troška. Kao primjer se može napomenuti da vozači koji imaju veće prihode biraju rute sa većim generaliziranim troškovima ako mogu brže stići do odredišta jer im je vrijednost vremena (*valu off time*) veća. Dok, na primjer vozači koji nisu zaposleni biraju rute sa najmanjim generaliziranim troškovima bez obzira na vrijeme putovanja.

Praksa je pokazala da putnici najčešće se vode linearnim ponderiranjem vremena putovanja i udaljenosti s toga za dobivanje generaliziranog troška putovanja najbolje je koristiti pojednostavljenu verziju koncepta generaliziranog troška⁵.

$$c_a = \alpha(\text{vrijeme putovanja})_a + \beta(\text{duljina rute})_a$$

Dodjeljivanje putovanja na prometnoj mreži pokazuje koje će pravce putovanja iz ponuđene prometne mreže koristiti pojedina vozila za savladavanje prostorne dimenzije između izvorišta i odredišta putovanja.

Podaci brojanja prometa koje vrše Hrvatske Ceste pokazuju da puštanje u promet neke dionice Autoceste ima utjecaja na postojeću prometnu mrežu.

Krajem 2017 godine predviđeno je puštanje u promet Autoceste koja veže Prištinu i granični prijelaz sa Republikom Makedonijom. Autocesta prolazi 2,5 km istočno od raskrižja ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje.

Korištenje Autoceste u Republici Kosovo se ne naplaćuje, tako da se očekivati je da će svim putnicima koji za krajnje odredište imaju Prištinu, Skopje ili daljnje destinacije, odabir rute Autocestom predstavljati rutu sa najmanjim generaliziranim troškovima.

Pretpostavka o utjecaju Autoceste na opterećenja postojeće prometne infrastrukture može se donijeti iz podataka o korištenju dionica drugih autocesta na području Kosova. Na primjer;

⁵ Novačko, L.: Prometno modeliranje u cestovnom prometu, Zagreb

dionicu autoceste koja spaja Prištinu i granični prijelaz sa Republikom Albanijom koristi 100% putnika koji idu iz dijela unutrašnjosti Kosova prema Albaniji.

U slučaju raskrižja ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca M2 predviđa se da će 100% prometa koji ide prema R. Makedoniji iz Prištine (tranzitni promet) i obrnuto koristiti Autocestu za putovanje. Tranzitni promet trenutno ima udio od 40 posto ukupnog prometa promatranog raskrižja.

U planskom razdoblju može se očekivati pad predviđenog prometa u magistralnom pravcu Priština - Skopje za 40 posto.

Putnici koji iz Uroševca idu u smjeru Prištine na promatranom raskrižju, nemaju svi za odredište Prištinu, njih 40 posto ima kao krajnje odredište Prištinu, pa za pretpostavit je da će ti putnici koristiti rutu Autocestom. Isto tako 40 posto putnika koji dolaze iz Prištine u Uroševac koristit će rutu Autocestom.

Prognozom prometa predviđen je porast broja vozila u planskom razdoblju, na osnovu toga je izračunat jedinstveni faktor porasta putovanja na prometnoj mreži

$$\tau = 2,2$$

U skladu sa predviđanjama o raspodjeli prometnih opterećenja na prometnu mrežu dobivaju se sljedeća opterećenja za glavne prometne pravce tablice 8 i 9:

Tablica 8. Matrica putovanja na kraju planskog razdoblja

Matrica putovanja na kraju planskog razdoblja (bez autoceste) (EJA/h)					
	Priština	Uroševac	Gnjilane	Skopje	Σ i:
Priština	0	400	552	939	1891
Uroševac	458	0	481	213	1152
Gnjilane	541	562	0	150	1253
Skopje	1166	253	172	0	1591
Σ u:	2165	1215	1205	1302	5887

Tablica 9. Utjecaj buduće autoceste na matricu putovanja

Matrica putovanja na kraju planskog razdoblja (EJA/h)					
	Priština	Uroševac	Gnji/Autocesa	Skopje	Σ i:
Priština	0	240	332	563	1135
Uroševac	275	0	749	128	1152
Gnji/Autocesa	324	822	0	150	1296
Skopje	700	153	104	0	957
Σ u:	1299	1215	1185	841	4540

Prosječni godišnji dnevni promet za predviđeni promet na kraju planskog razdoblja je:

$$PGDP = 45400 \text{ voz/dan}$$

Podaci iz tablice 9 govore o predviđenom porastu i smanjivanju intenziteta prometa na određenim prometnim pravcima na kraju planskog razdoblja. Uvjet za ovakav ishod je korištenje Autoceste od strane tranzitnog prometa.

U tablici 9 plavom bojom su obilježeni pravci koji imaju pad prometnog intenziteta u usporedbi sa tablicom koja prikazuje predviđeni promet na kraju planskog razdoblja, dok crvena boja prikazuje pravce koji imaju povećanje prometnog intenziteta s obzirom na predviđeni promet na kraju planskog razdoblja bez Autoceste.

Ukupni promet raskrižja ulice Rexhep Bislimi i magistrale Priština – Skopje na kraju planskog razdoblja je 5887 voz/h, što je porast od 120 posto.

Puštanjem Autoceste u promet očekuje se da će tranzitni promet izbjeći promatrano raskrižje, što reducira ukupan broj vozila koja u jednom satu prolaze kroz promatrano raskrižje na 4540 voz/h. Što s obzirom na trenutno stanje intenziteta prometa predstavlja porast od 70 posto na kraju planskog razdoblja.

3.4 Prijedlozi varijantnih rješenja za rekonstrukciju raskrižja

Prijedlozi rješenja prometne studije i analize su prijedlozi mjera i zahvata na području obuhvata studije kojima je moguće unaprijediti ili optimizirati stanje sustava. Prijedlozi mjera su prijedlozi kojima se predlažu promjene u organizaciji prometnih sustava i prometnoj

politici, a prijedlozi zahvata su prijedlozi kojima se dodaju rješenja za izgradnju ili rekonstrukciju elemenata prometne infrastrukture⁶.

Analizom postojećeg stanja utvrđeni su nedostaci u promatranom raskrižju. Nedostatak posebnog traka za skretanja ulijevo u ulici Rexhep Bislimi narušava sigurnost sudionika koji koriste raskrižje. Presjecanje tokova u ulici Rexhep Bislimi još je jedan od velikih nedostataka raskrižja. Zbog presjecanja tokova dolazi do pada razine usluge cijelog raskrižja.

Prometnom prognozom je predviđen rast intenziteta u promatranom raskrižju. Budući da grad Uroševac prometno je koncipiran tako da se teško može dodati (otvarati) novi ulaz-izlaz u grad, treba optimizirati postojeće raskrižje kako bi se promet unatoč očekivanom rastu što bolje odvijao. Kompleksnost i multidisciplinarnost prometnog sustava nalaže da se kod predlaganja varijantnih rješenja za rekonstrukciju raskrižja uzimaju u obzir i oni elementi koji nemaju direktnog utjecaja na odvijanje prometa npr; ekonomski čimbenik za realizaciju predloženog rješenja, kvaliteta života stanovnika, očuvanje okoliša itd.

Utvrđene nedostatke u promatranom raskrižju nije moguće riješiti mjerama reorganizacije ili promjene prometne politike već su potrebni zahvati kojima se predviđa rekonstrukcija raskrižja i određenih elemenata infrastrukture.

Kod predloženih rješenja mora se voditi računa o mjerodavnom vozilu, promatrano raskrižje je križanje ulice i magistralnog pravca sa postotkom teških vozila od prosječnih 3%. Sukladno tome za mjerodavno vozilo uzet će se tegljač sa poluprikolicom. Polumjeri kod projektiranja zavoja u raskrižju ne smiju biti manji od 12 m.

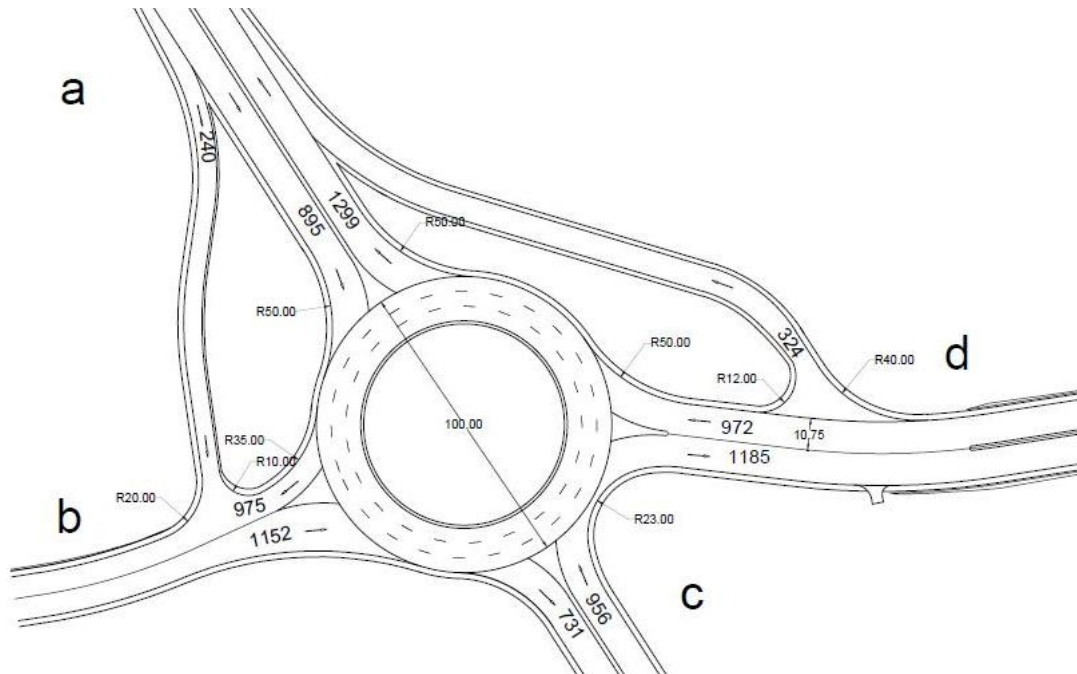
3.4.1 Prvo varijantno rješenje

Predloženo varijantno rješenje analizira uvođenje četvero krakog kružnog vođenja prometnih tokova. Kružni dio toka sastoji se od tri prometna traka. Prilazni i odlazni pravci imaju po dva prometna traka (slika 16). Zadržane su spojne rampe od postojećeg stanja koje vode promet odvojeno od kružnog toka što bitno utječe na smanjenje prometnih opterećenja u samom kružnom dijelu toka.

Uvođenje kružnog toka zahtjeva velik prostorni zahvat na raskrižju. Najzahtjevniji dio uvođenja ovog rješenja je uklanjanje nadvožnjaka i reorganizacija prilaza kružnom raskrižju.

⁶ Dadić, I.: Prometno tehnološko projektiranje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

Prvo varijantno rješenje je preuzeto iz projekta rekonstrukcije raskrižja ulice Rexhep Bislimi i magistrale Priština – Skopje. Projekt je izrađen u uredu za planiranje ministarstva prometa Republike Kosova u suradnji s uredom za promet grada Uroševca.



Slika 16. Prikaz prvog varijantnog rješenja

Izvor: [14]

Budući da je propusna moć kružnog raskrižja ovisna o propusnoj moći ulaza u kružni tok, potrebno je odrediti propusnu moć svakog pojedinog ulaza⁷. Za određivanje propusne moći ulaza koristi se izraz:

$$L = 1500 - \left[\frac{8}{9} \cdot (b \cdot M_k + a \cdot M_A) \right] [EJA/h]$$

gdje je:

L- propusna moć ulaza (EJA/h)

M_k - opterećenje na kružnom prometnom traku (u području konfliktne točke) (EJA/h)

M_A - prometno opterećenje izlaza (EJA/h)

⁷ Dadić, I, Kos, G.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Zagreb, 2007

a - faktor geometrije ulaza u raskrižje (određuje se u ovisnosti od udaljenosti između konfliktnih točaka toka koji izlazi iz raskrižja i toka koji ulazi u kružno raskrižje)

b - faktor broja prometnih trakova u krugu

Propusnost privoza je:

$$a = 0,2$$

$$b = 0,7$$

$$L_a = 1500 - \left[\frac{8}{9} \cdot (0,7 \cdot 713 + 0,2 \cdot 975) \right] [EJA/h]$$

$$L_a = 883 [EJA/h]$$

Prikazana vrijednost je izračunata za trakove kružnog toka ali nisu uzete u obzir dva prometna traka na prilazu kružnoga toka.

Uz pomoć stupnja zasićenosti ulaza određuje se do koje mjere je postignut računski kapacitet ulaza s obzirom na stvarno odnosno predviđeno prometno opterećenje.

Stupanj zasićenosti ulaza određuje se pomoću izraza:

$$A_a = \frac{c \cdot M_E}{L} \cdot 100 [\%]$$

gdje je:

A - stupanj opterećenosti ulaza [%]

M_E - prometno opterećenje ulaza [EJA/h]

L - sposobnost ulaza u kružno raskrižje [EJA/h]

c - faktor broja trakova na ulazu

$$A_a = \frac{0,63 \cdot 1152}{883} \cdot 100 [\%]$$

$$A_a = 83 [\%]$$

Stupnjevi opterećenja ulaza ne smiju (ni pri maksimalnim satnim opterećenjima) prelaziti 90 posto maksimalnog satnog prometnog opterećenja.

Analogno gornjem izračunu određujemo stupanj opterećenosti ulaza za b i c privoze:

Propusnost privoza (b):

$$L_b = 1500 - \left[\frac{8}{9} \cdot (0,7 \cdot 991 + 0,2 \cdot 1206) \right] [EJA/h]$$

$$L_b = 668[EJA/h]$$

Zasićenost privoza (b):

$$A_b = \frac{0,63 \cdot 956}{668} \cdot 100 [\%]$$

$$A_b = 90,2 [\%]$$

Propusnost privoza (c):

$$L_c = 1500 - \left[\frac{8}{9} \cdot (0,7 \cdot 1128 + 0,2 \cdot 1185) \right] [EJA/h]$$

$$L_c = 578[EJA/h]$$

Zasićenost privoza (c):

$$A_c = \frac{0,63 \cdot 972}{578} \cdot 100 [\%]$$

$$A_c = 106 [\%]$$

Znajući da nijedno zasićenje ne smije prelaziti 90 posto dolazi se do zaključka da ovaj privoz ne ispunjava uvjete stabilnog prometnog toka. Razina usluge na ovom privozu je F, takva razina usluge dovodi do stanja nestabilnog toka koji će generirati nestabilno stanje prometnog toka u kružnom dijelu raskrižja i na ostale privoze.

Propusnost privoza (d):

$$L_d = 1500 - \left[\frac{8}{9} \cdot (0,7 \cdot 1125 + 0,2 \cdot 975) \right] [EJA/h]$$

$$L_c = 626[EJA/h]$$

Zasićenost privoza (d):

$$A_d = \frac{0,63 \cdot 895}{626} \cdot 100 [\%]$$

$$A_d = 90,1 [\%]$$

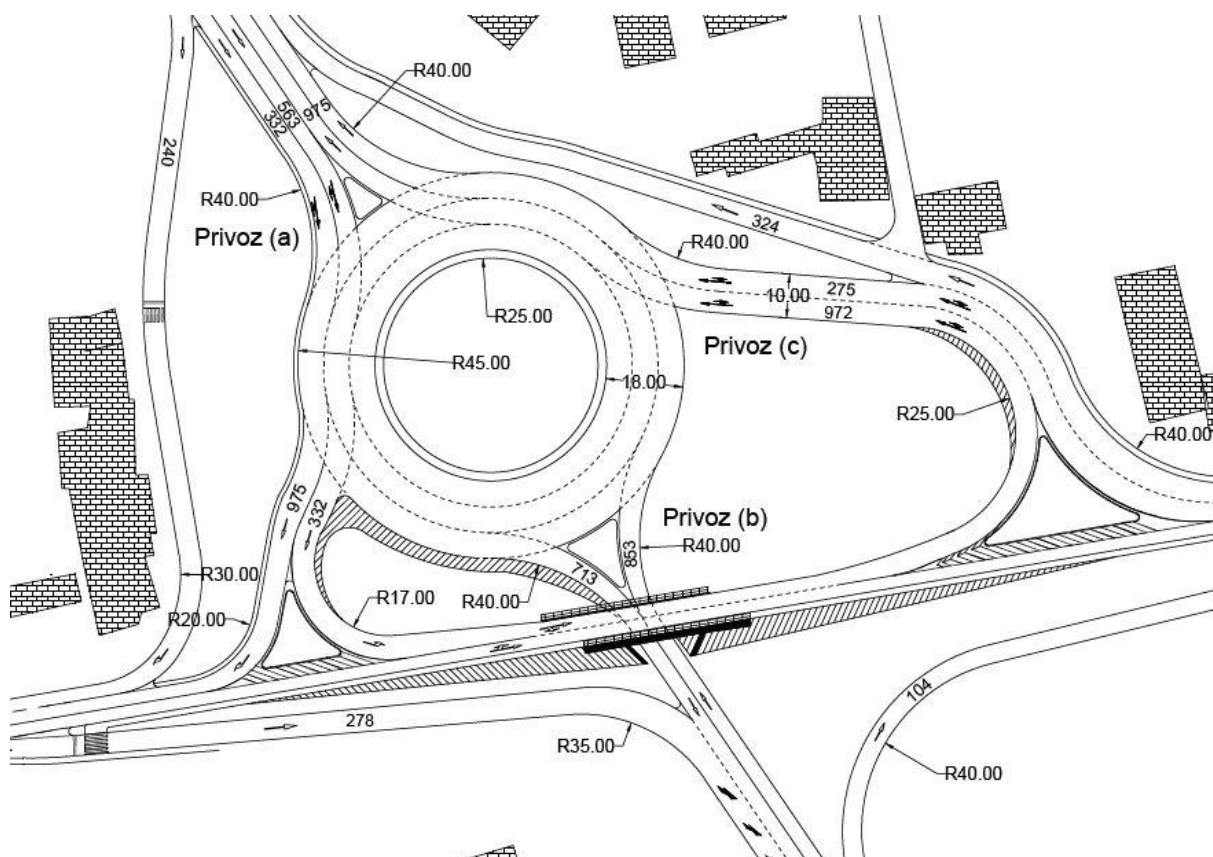
Predložena varijanta kružnog toka na raskrižju ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje nije prihvatljiva i neadekvatna je za prometno opterećenje predviđeno za kraj planskog razdoblja.

3.4.2 Drugo varijantno rješenje

Za potrebe poboljšanja prometa na promatrano raskrižju analizirana je mogućnost djelomičnog uvođenja kružnog vođenja tokova. Unutarnji polumjer kružnog toka je $R_u=25$ m, dok je polumjer vanjskog kružnog toka $R_v=45$ m. Kružno raskrižje smjestit će se na magistralnom pravcu Priština - Skopje, istočni prometni tok koji dolazi iz Gnjilana i Autoceste preusmjerit će se u kružni tok, pravac iz Prištine koji vodi prema Uroševcu vodit će se odvojeno, tj. neće se usmjeriti u kružni tok, pravac iz Skopja za Gnjilane i Autocestu isto imati će posebni trak i neće se voditi u kružni tok. Specifičnost ove varijante rješenja je u tome da će se zadržati nadvožnjak, na nadvožnjaku će se uvesti jednosmjerni promet sa dva prometna traka, desni trak vodi prema Autocesti dok lijevi prometni trak vodi do kružnog toka ili direktne prometne rampe za Prištinu. Ovo varijantno rješenje je dosta ograničeno po pogledu propusnosti prometnog toka koji dolazi iz smjera Autoceste prema Uroševcu i Skopju jer mora proći kroz cijelo kružno raskrižje. Raskrižja s kružnim tokom prometa nisu preporučljiva u situacijama kad postoji veliki broj lijevih skretača.

Širina kolnika u kružnom dijelu otoka je 18 m što omogućava uvođenje triju prometnih traka. Ovako koncipirano kružno raskrižje nije standardno i ne spada u model kružnog raskrižja koji je uobičajeni u prometu.

Mora se provjeriti propusnost kružnog toka kako bi se donijela odluka o uvođenju ovog rješenja.



Slika 17. Prikaz drugog predloženog rješenja (kombinacija RUR i RIR)

Ovakav način vođenja prometa raspoređuje opterećenje prometa na drugčiji način s obzirom na klasični kružni tog promatran u prijašnjem predloženom rješenju, stoga je nužno analizirati i odrediti opterećenje svakog privoza posebno kako bi se moglo odrediti ukupno opterećenje a u skladu s tim izračunati propusnu moć kružnog raskrižja. Opterećenja po privozima vidljiva su iz slike 17, brojke prikazane na privoznim i odvoznim mjestima prikazuju opterećenje u (EJA/h).

Uvođenje ovakvog varijantnog rješenja treba dokazati izračunom o propusnosti kružnog raskrižja.

Budući da je propusna moć kružnog raskrižja ovisna o propusnoj moći ulaza u kružni tok, potrebno je odrediti propusnu moć svakog pojedinog ulaza.

Analogno izračunima iz prvog predloženog varijantnog rješenja računa se propusnost za privoze:

$$a = 0,2$$

$$b = 0,7$$

$$L_a = 1500 - \left[\frac{8}{9} \cdot (0,7 \cdot 1125 + 0,2 \cdot 975) \right] [EJA/h]$$

$$L_a = 626 [EJA/h]$$

$$A_a = \frac{0,63 \cdot 895}{626} \cdot 100 [\%]$$

$$A_a = 90,1 [\%]$$

Stupnjevi opterećenja ulaza ne smiju (ni pri maksimalnim satnim opterećenjima) prelaziti 90 posto maksimalnog satnog prometnog opterećenja.

Analogno gornjem izračunu određujemo stupanj opterećenosti ulaza za b i c privoze:

Propusnost privoza (b):

$$L_b = 1500 - \left[\frac{8}{9} \cdot (0,7 \cdot 100 + 0,1 \cdot 713) \right] [EJA/h]$$

$$L_b = 1374 [EJA/h]$$

Zasićenost privoza (b):

$$A_b = \frac{0,63 \cdot 853}{1374} \cdot 100 [\%]$$

$$A_b = 39 [\%]$$

Propusnost privoza (c):

$$L_c = 1500 - \left[\frac{8}{9} \cdot (0,7 \cdot 853 + 0,1 \cdot 0) \right] [EJA/h]$$

$$L_c = 969 [EJA/h]$$

Zasićenost privoza (c):

$$A_c = \frac{0,63 \cdot 1247}{969} \cdot 100 [\%]$$

$$A_c = 81 [\%]$$

Predloženo rješenje je pokazalo bolje rezultate propusnosti s obzirom na klasično kružno raskrižje. Problem je veliko opterećenje privoza (a) i zasićenost koje prelazi 90 posto.

Problem predstavlja kompleksnost cjelokupnog rješenja koje nije konvencionalno nego je kombinacija kružnog toka i nadvožnjaka što može rezultirati nesnalaženjem vozača koji ne pripadaju domicilnom stanovništvu, to će dovest do usporavanja prometa ili stvaranja nepredviđenih situacija u prometu na raskrižju.

Ovo rješenje treba uzeti s rezervom pogotovo kad se zna da je moguće odstupanje prometnih opterećenja na kraju planskog razdoblja.

3.4.3 Treće varijanto rješenje

Treće varijantno rješenje je sa financijskog smisla zahtjevnije ali će se to nadoknaditi pružanjem kvalitetnije prometne usluge na raskrižju.

Predloženo varijantno rješenje je rekonstrukcija raskrižja ulice Rexhp Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje u raskrižje izvan razine (slika 18).

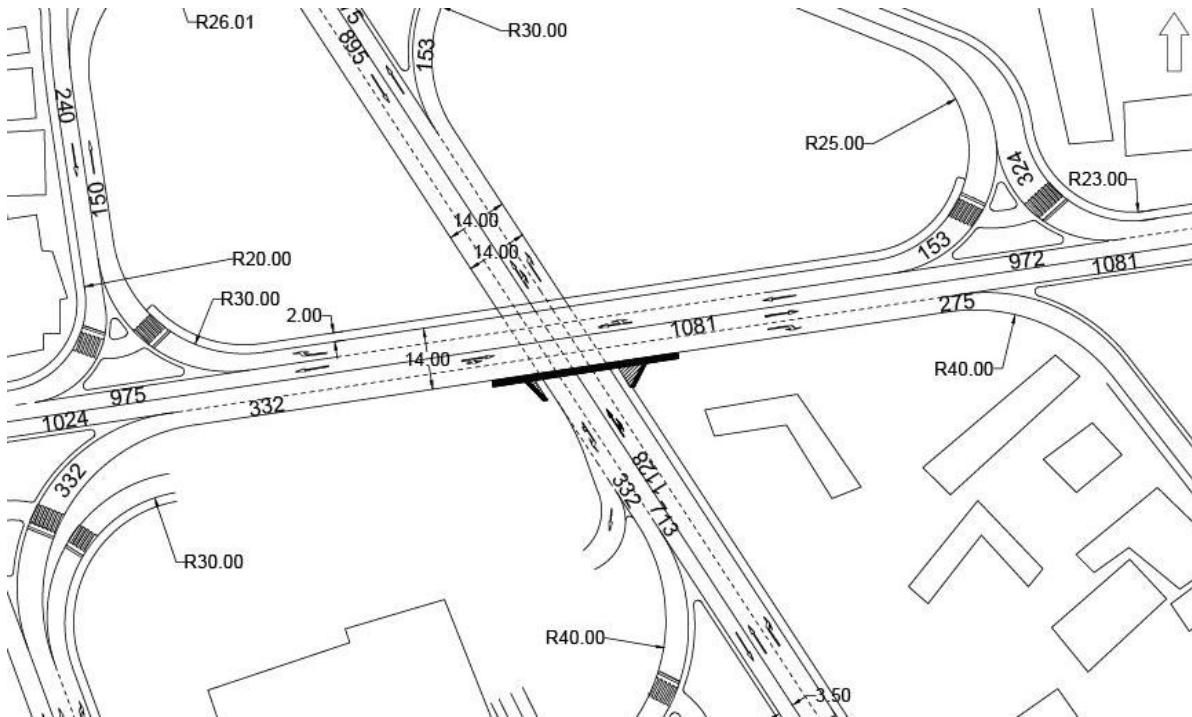
Prema autoriziranim predavanjima iz kolegija cestovne prometnice II definicija raskrižja izvan razine je: raskrižja izvan razina su prometne građevine za organizirano povezivanje dvaju cestovnih pravaca pod uvjetom održavanja režima neprekinutih tokova.

Prostornim razdvajanjem konfliktnih tokova eliminiraju se točke presjecanja ili križanja i na taj se način postiže veća propusna moć koja ima svojstva kao kod slobodnih dionica trase. Statistički podaci pokazuju da raskrižja izvan razina imaju najmanje 2,0-2,5 puta veću propusnu moć.

Potreba za prostornim razdvajanjem javlja se kod raskrižja gdje ukupna prometna opterećenja glavnog i sporednog pravca prelaze 12000 voz/dan, a sa stajališta ekonomske opravdanosti trebalo bi se kao minimalno uzeti opterećenje $PGDP \geq 3000$ do 4000 voz/dan.⁸

⁸ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta - cestovne prometnice II, Zagreb, 2008

Konstrukcija samog nadvožnjaka je promjenjena i po širini i po duljini te se time osigurala mogućnost uvođenja dodatnih prometnih traka potrebnih za spojne rampe i mjesta za preplitanje prometa. Prometna površina ispod nadvožnjaka isto tako se proširila i uvodila su se nova dva prometna traka i nogostup za potrebe pješaka (slika 19).



Slika 19. Prikaz konstrukcijskog dijela nadvožnjaka.

Brojevi prikazani na prometnim trakama predstavljaju broj EJA/h za pripadajući prometni trak.

Specifičnost ovog rješenja su objekti unutar površine raskrižja.

Točke ulijevanja, izljevanja i preplitanja predstavljaju točke najvećih otpora raskrižja izvan razine.

Definiranje razine usluge predloženog rješenja vršit će se na način da će se određivati opterećenja u zonama ulijeva i izljeva (kontrolne točke).

Pomoću vrijednosti iz tablice 10 određivati će se razina usluge za predloženo rješenje. Predloženo rješenje nije raskrižje četverotračne autoceste, sukladno tome od vrijednosti mjerila za određivanje razine usluge uzet će se pola vrijednosti kako bi se dobilo mjerilo za dvotračnu prometnicu (vrijednosti u zagradi).

Definiranje propusne moći magistralnog pravca Priština – Skopje:

$$q_m = q_1 + q_u$$

gdje je:

q_m - opterećenje u zoni odmah nakon upajanja

q_1 - opterećenje na glavnom pravcu

q_u - opterećenje na privozu uljevanja ili uplitanja

Opterećenje iz smjera Skopja prema Prištini:

$$q_s = 853 + 275 [EJA/h]$$

Dobivena opterećenja treba pretvoriti u iznose vršnih tokova. Obavlja se tako da svaki protok na kontrolnoj točki podjeli sa faktorom vršnog sata (FVS)⁹.

Faktor vršnog sata za promatrano raskrižje je: $FVS = 0,9$

$$q_s = \frac{1128}{0,9}, q_s = 1253 [EJA/h]$$

q_{su} - iznos toka uplitanja

q_{si} - iznos toka isplitanja

$$q_{su} = 275[EJA/h]$$

$$q_{si} = 153[EJA/h]$$

Opterećenje za smjer Priština – Skopje:

$$q_p = 895 + 150 [EJA/h]$$

$$q_p = \frac{1045}{0,9}, q_p = 1161 [EJA/h]$$

$$q_{pu} = 150[EJA/h]$$

$$q_{pi} = 332[EJA/h]$$

⁹ Legac, I.: Raskrižja javnih cesta - cestovne prometnice II, Zagreb, 2008

Proračun za ulicu Rexhep Bislimi:

Opterećenje za smjer Uroševac – Gnjilane:

$$q_U = 1024 + 332 [EJA/h]$$
$$q_U = \frac{1356}{0,9}, q_U = 1506 [EJA/h]$$
$$q_{Uu} = 332[EJA/h]$$
$$q_{Ui} = 275[EJA/h]$$

Opterećenje za smjer Gnjilane – Skopje:

$$q_G = 972 + 153 [EJA/h]$$
$$q_G = \frac{1125}{0,9}, q_G = 1250 [EJA/h]$$
$$q_{Gu} = 153[EJA/h]$$
$$q_{Gi} = 150[EJA/h]$$

Tablica 10. Mjerila za razine usluge iznosa toka kod kontrolne točke za spojeve rampi i autocesta

Razina usluge	Iznos toka uplitanja (EJA/h)	Izos toka isplitanja (EJA/h)	Izos glavnog toka (EJA/h)
A	≤600 (≤300)	≤601 (≤300)	≤1400 (≤700)
B	≤1000 (≤500)	≤1050 (≤525)	≤2200 (≤1100)
C	≤1450 (≤725)	≤1500 (≤750)	≤3100 (≤1550)
D	≤1750 (≤875)	≤1800 (≤900)	≤3700 (≤1850)
E	≤2000 (≤1000)	≤2000 (≤1000)	≤4000 (≤2000)
F	Vrlo promjenjivo		

Izvor.: [4]

Napomena: vrijednosti u zagradi vrijede za dvotračni glavni tok.

Glavni tok sa najvećim opterećenjem je tok Uroševac – Gnjilane: $q_U = 1506 [EJA/h]$

Najveći iznos uljevnih tokova je: $q_{Uu} = 332[EJA/h]$

Najveći iznos izljevnih tokova je: $q_{Pi} = 332[EJA/h]$

Prema očitanjima iz tablice 10 može se odrediti:

Razina usluge za glavne tokove je razina usluge C.

Za uljevne izljevne tokove razina usluge B.

Na osnovu gornjih izračuna dolazi se do zaključka da će predloženo rješenje na kraju planskog razdoblja pružati razinu usluge C.

3.5 Odabir optimalnog rješenja

Odabir optimalnog rješenja u procesu odlučivanja kod preporučenih varijanti ne predstavlja odabir varijante po kriteriju propusne moći već predstavlja proces više kriterijskog odlučivanja kod kojeg najveću ulogu ima sigurnost sudionika u prometu.

Kriteriji koji će imati važnu ulogu pri odlučivanju u odabiru optimalne varijante su:

- Sigurnost
- Propusnost (razina usluge)
- Ekonomska opravdanost odnosno troškovi izvedbe

Kod procesa odlučivanja postoji niz metoda i računalnih programa pomoću kojih je moguće svesti na minimum logičke pogreške i odrediti optimalnu varijantu.

U radu, za određivanje optimalne varijante koristit će se metoda odlučivanja pomoću SWOT analize.

SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analiza je jedna od često korištenih metoda u kreiranju politike odlučivanja kod poduzeća. Metoda kojom se prikazuju snage, slabosti, prilike i prijetnje kod određene pojave ili situacije. Rezultati dobiveni SWOT analizom koriste se u daljnjem koraku kod odlučivanja o odabiru najpovoljnijeg rješenja (tablica 11).

Tablica 11. SWOT analiza

Varijante	S - O	W - T
PRVA VARIJANTA (kružni tok)	<ul style="list-style-type: none"> • Spajanje prostora skidanjem nadvožnjaka i nasipa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sigurnost (moguće velike brzine u kružnom dijelu) • Nedovoljna propusnost, razina usluge F. • Potrebna velika investicijska sredstva za skidanje nasipa i konstrukcije nadvožnjaka
DRUGA VARIJANTA (kružni tok + nadvožnjak)	<ul style="list-style-type: none"> • Relativno mala investicija • Nije potrebna dodatna površina za realizaciju 	<ul style="list-style-type: none"> • Sigurnost ulaza u kružno raskrižje (kutevi ulaza i izlaza) • Nedovoljna propusnost • Neobično kombinirano rješenje RIR+RUR
TREĆA VARIJANTA (RIR - "djetelina")	<ul style="list-style-type: none"> • Sigurnost sudionika u prometu • Velika propusna moć sa razinom usluge C • Opravdana investicija 	<ul style="list-style-type: none"> • Relativno velika investicija • Zauzimanje površine

Rezultati dobiveni pomoću SWOT analize pokazuju da je optimalno rješenje uvođenje raskrižja izvan razine odnosno treće predloženo varijantno rješenje.

Prednosti ovog rješenja su velik stupanj sigurnosti sudionika u prometu. Raskrižja izvan razine imaju 2,0 do 2,5 puta veću sigurnost u odnosu na raskrižja u razini.

Velika propusna moć osigurava da, u slučaju variranja prognoziranog prometnog opterećenja na kraju planskog razdoblja ova varijanta rješenja neće doživjeti neuspjeh niti će zahtijevati prijevremene investicije i rekonstrukcije.

Ekonomska opravdanost je osigurana budući da prometno opterećenje je veće od minimalnih preporučenih opterećenja kod korištenja ove varijante rješenja. Ekonomska opravdanost se može sagledati i kroz sigurnost prometa znajući da su ugrožavanje ljudskih života i zdravlja kao i materijalne štete koje nastaju mogućim nesrećama u prometu svedene na minimum.

Na osnovu provedene analize dolazi se do zaključka da je preporučljivo rješenje za križanje ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje uvođenje raskrižja izvan razine "djetelina".

4 Mogućnosti realizacije odabranog rješenja

Pomoću SWOT analize ustanovljeno je da je optimalnao rješenje rekonstrukcija raskrižja u raskrižje izvan razine "djetelina" (prilog 2).

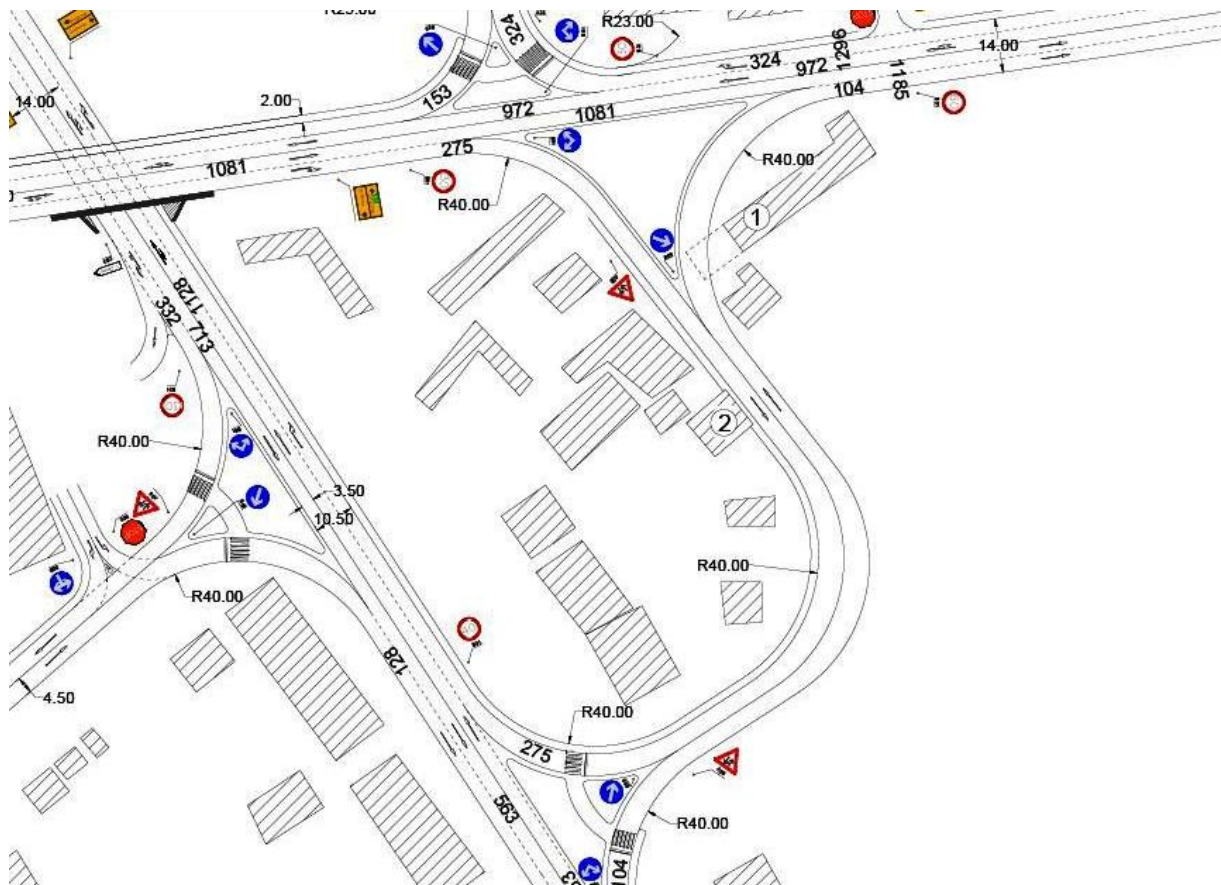
Konstrukcija raskrižja izvan razine tipa djetelina zahtjeva prostor od 11 hektara. Kod predloženog rješenja zbog nastojanja da se izbjegava rušenje postojećih objekata ova je površina veća od 11 ha međutim nije svih 11 hektara utrošeno samo na raskrižje nego su zadržani i drugi sadržaji u prostoru.

4.1 Utjecaj na postojeće objekte

Realizacija ovog rješenja zahtjeva veću rekonstrukciju raskrižja i okolnjih površina koji su se do sada koristila u razne svrhe. Većina tih površina spada u privatnu imovinu građana koji žive ili rade na istima. Može se primjetiti da se unutar promjera jugo – zapadne spojne rampe nalazi trgovački centar. Ulaz i izlaz iz trgovačkog centra su riješeni na način da ima dva ulaza i jedan izlaz za korisnike i dostavna vozila.

Na drugoj (jugo istočnoj) strani raskrižja nalazi se više manjih objekata, većina njih su obiteljske kuće, hotel i trgovina građevinskim materijalom. Ulazi i izlazi ovog dijela nisu točno definirani u radu jer postoji više mogućnosti za definiranje istog u ovisnosti o imonvinsko pravnom stanju parcela.

Jugoistočna spojna rampa prolazi parcelom na kojoj je izgrađena poluotvorena konstrukcija za skladištenje građevinskog materijala koji je osjetljiv na atmosferske utjecaje (objekat broj 1 - slika 20). Jedan dio ovog objekta mora se rušiti kako bi bilo moguće provesti kontinuirani tok spojne rampe.



Slika 20. Prikaz pozicija objekata na koji utjeće spojna rampa

4.2 Zaštita stanovništva od štetnih utjecaja prometa

Objekt označen brojem 2 je obiteljska kuća, udaljenost od ruba ceste je 1,2 m i kao takva nije smetnja za prometni tok već u jednom dijelu sužava nogostup na širinu od 1,2 m. Budući da će se nogostupom koristiti stanovnici obližnjih kuća ne očekuje se veliki broj pješaka na toj površini te će nogostup iako sa manjom širinom od uobičajene biti dostatan za potrebe stanovništva.

4.3 Zaštita okoliša

Moguća je smetnja od strane buke koje stvaraju vozila u prolazu. U dogovoru sa stanovnicima kuće moguća su dva rješenja: zatvaranje prozora na stranu prolaska trase spojne rampe uz plaćanje naknade ili ugradnja zaštite od buke.

Negativni utjecaji na obližnje kuće i stanovnišvo manifestirat će se stvaranjem buke i vibracijama, zagađenjem zraka.

Osim o stanovništvu i kućama koje su prioritet za zaštitu od štetnih utjecaja prometa mora se voditi računa i o okolišu. Briga o okolišu će se iskazati na način da će se voditi računa o odvodnji vode iz kolnika i prometne površine, otoci i ostale slobodne površine moraju se održavati čistima i uređivati sa zelenilom.

Sva prometna površina a posebno pješački prolazi i nogostupi moraju biti čisti i održavani.

4.4 Sigurnost u prometu

Sigurnost u prometu je najvažniji element. Za postizanje visokog stupnja sigurnosti u prometu nije dovoljno samo da prometna građevina ispunjava uvjete sigurnosti. Prometne građevine moraju osigurati glavne čimbenike za sigurno odvijanje prometa kao što su stabilnost vozila, duljine preglednosti, obilježene pješačke prijelaz itd., ali za dovoljnu sigurnost na prometnim površinama moraju biti uključeni i korisnici prometnih površina koji moraju svjesno i u skladu sa postojećim pravilima koristiti prometne površine.

Kao što je naglašeno kod postojećeg stanja, raskrižje nema rasvjetu. Rekonstrukcijom raskrižja mora se voditi računa o postavljanju rasvjete koja mora biti postvljena kako nalažu pravila struke.

Vertikalna i horizontalna signalizacija mora biti, nedvosmisljena jasno vidljiva i čitljiva u svim vremenskim uvjetima. Uvest će se korištenje vrtikalne promjenjive signalizacije.

Detaljni prikaz odabranog rješenja prikazan je u prilogu 2.

5 Zaključak

Prometni proces predstavlja interakciju između vozača, vozila i prometne infrastrukture. Prometna infrastruktura ima velik utjecaj na odvijanje prometa (propusnost) i sigurnost u prometu. Sigurnost je jedan od najvažnijih elemenata u prometu, a samim time njezino povećanje trebalo bi biti prioritarnim zadatkom svih čimbenika koji su uključeni u prometni proces. Isto tako, propusnost prometnica i prometnih objekata predstavlja vrlo važan čimbenik u prometnom sustavu.

Raskrižje obrađeno u ovom radu, predstavlja točku povezivanja četiriju vrlo važnih prometnih pravca za grad Uroševac, ali i širu regiju. Sukladno tome i implementirano prometno rješenje treba biti optimalno u smislu pružanja visoke razine prometne usluge i sigurnosti svih sudionika u prometu.

Raskrižje ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca već sad ima vrlo važnu ulogu u prometnoj mreži cijelog Kosova te će dodatno dobiti na važnosti puštanjem Autoceste u promet, što će dodatno povećati prometno opterećenje na pojedinim presjecima raskrižja.

Iz tog razloga nužna je rekonstrukcija navedenog raskrižja. Rekonstrukcija je predložena u tri varijante. U prvoj varijanti predloženo je rješenje klasičnog kružnog raskrižja. U drugoj varijanti predloženo je rješenje specifičnog deniveliranog kružnog raskrižja s jednosmjernim prometom na dijelu nadvožnjaka. U trećoj varijanti predloženo je rješenje deniveliranog raskrižja tipa modificirane "djeteline".

Korištenjem SWOT analize odabrana je treća varijanta kao optimalno prometno rješenje.

Rekonstrukcijom raskrižja na predloženi način riješit će se prometni problem za plansko razdoblje od 20 godina. Navedeno potvrđuje proračun propusne moći, kojim je dobivena razina usluge C na kraju planskog razdoblja.

Sigurnost sudionika u prometu na promatranom raskrižju također će biti poboljšana jer u predloženom rješenju nema križanja i presjecanja prometnih tokova motornih vozila.

Rješavanjem prometnih "uskih grla" te smanjenjem repa čekanja i otpora postiže se kontinuiranost prometnih tokova u svim smjerovima raskrižja što rezultira smanjenjem štetnog utjecaja prometa na stanovništvo.

Emisija štetnih plinova, buke i vibracija pojačano se emitiraju kod vožnje "stani - kreni", što je, u predloženom rješenju minimizirano postizanjem kontinuiranosti odvijanja prometnih tokova.

Na osnovu provedene analize može se zaključiti da je nužna rekonstrukcija raskrižja Ulice Rexhep Bislimi i magistralnog pravca Priština – Skopje kako bi se osiguralo optimalno odvijanje prometa na raskrižju, ali i cijeloj prometnoj mreži grada Uroševca.

Literatura

[1] Dadić I, Kos G. Teorija i organizacija prometnih tokova. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2007.

[2] Dadić I. Prometno tehnološko projektiranje. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2012.

[3] Cerovac V. Tehnika i sigurnost prometa. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2001.

[4] Legac I. Raskrižja javnih cesta - cetovne prometnice II. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2008.

[5] Novačko L. Prometno modeliranje u cestovnom prometu Zagreb: Fakultet prometnih znanosti.

Internet

[6] *www.skyscrapercity.com. 07.10.2015*

[7] *www.ask.rks-gov.net,*

[8] *www.wikipedia.org/wiki/Projekt.*

[9] *www.fer.hr/oferu/zvanje*

[10] *www.geoportal.rks-gov.net. 07.10.2015*

[11] *www.googleearth.*

[12] *www. www.dzs.hr*

[13] *www.hrvatske – ceste.hr*

Dokumentacija vlade

[14] *Kosovo. Rekonstrukcija raskrižja ulice Rexbep Bislimi i magistrale Prištin–Skopje. Projekt. Ministarstvo Prometa; 2015.*

Popis slika

Slika 1. Pozicija raskrižja	5
Slika 2. Administrativna karta Republike Kosova.....	7
Slika 3. Pozicija raskrižja i grada Uroševca.....	9
Slika 4. Prometni pravci raskrižja.....	10
Slika 5. Grafički prikaz ukupnog broja vozila na raskrižju.....	12
Slika 6. Prometno opterećenje nadvožnjaka.....	13
Slika 7. Raskrižje br. 1 sa pripadajućim opterećenjima.....	14
Slika 8. Prikazivanje situacije pješačkih prolaza na nadvožnjaku.....	29
Slika 9. Prikazivanje visine (slobodnog profila).....	30
Slika 10. Prikaz duljine preglednosti.....	31
Slika 11. Kolizione točke raskrižja.....	32
Slika 12. Prikaz BDP-a za Kosovo.....	36
Slika 13. Usporedba gradnje objekata za stanovanje prema sredinama i godinama gradnje.....	37
Slika 14. Stupanj automobilizacije stanovništva Kosova.....	44
Slika 15. Broj osobnih automobila na 1000 stanovnika za tranzicijske zemlje.....	45
Slika 16. Prikaz prvog varijantnog rješenja.....	52
Slika 17. Prikaz drugog predloženog rješenja (kombinacija RUR i RIR).....	56
Slika 18. Prikaz trećeg predloženog rješenja - "djetelina"	59
Slika 19. Prikaz konstrukcijskog dijela nadvožnjaka.....	60
Slika 20. Prikaz pozicije objekata na koje utjeću spojne rampe.....	67

Popis tablica

Tablica 1. Broj registriranih vozila po godinama.....	8
Tablica 2. Duljina cestovne mreže u R. Kosovo u km.....	8
Tablica 3. Prikaz prometnog opterećenja i ukupnog broja EJA.....	11
Tablica 4. Projekcija stanovništva Kosova.....	35
Tablica 5. Broj dnevnih imigranata u gradu Uroševcu.....	38
Tablica 6. Podaci o broju stanovnika i broju registriranih osobnih automobila.....	40
Tablica 7. Matrica putovanja postojećeg stanja.....	47
Tablica 8. Matrica putovanja na kraju planskog razdoblja.....	49
Tablica 9. Utjecaj buduće autoceste na matricu putovanja.....	50
Tablica 10. Mjerila za razine usluge iznosa toka kod kontrolne točke za spojeve rampi i autocesta	62
Tablica 21. SWOT analiza.....	64

Popis grafikona

Grafikon 1. Prirodno kretanje stanovništva grada Uroševca.....	34
Grafikon 2. Prikaz broja registriranih osobnih vozila u Republici Hrvatskoj.....	42
Grafikon 3. Prikaz porasta broja vozila na autocestama.....	42
Grafikon 4. Prikaz porasta broja vozila za plansko razdoblje od 20 god.....	43
Grafikon 5. Prikaz porasta broja vozila kroz plansko razdoblje.....	46

Popis priloga

Prilog 1. Prikaz postojećih opterećenja raskrižja ulice Rexhep Bislimi i magistrale
Priština - Skopje

Prilog 2. Tlocrtni prikaz odabranog rješenja raskrižja