

METODOLOGIJA IDENTIFIKACIJE OPASNIH MESTA NA PUTEVIMA

METHODOLOGY OF BLACK SPOTS IDENTIFICATION ON THE ROAD

Dr. Krsto Lipovac, dipl. ing.
Kriminalističko-policijska
akademija, Cara Dušana 196,
Zemun
e-mail: k.lipovac@gmail.com

Dr. Dragan Jovanović, dipl. ing.
Fakultet tehničkih nauka, Trg
Dositeja Obradovića 6,
Novi Sad
e-mail: draganj@uns.ac.rs

Mr. Miladin Nešić, dipl. ing.
Kriminalističko-policijska
akademija, Cara Dušana 196,
Zemun
e-mail: miladinnessic@gmail.com

Sažetak: *Identifikacija opasnih mesta na putevima predstavlja značajan aspekt upravljanja opasnim mestima (menadžment crnih tačaka i menadžment bezbednosti mreža). U radu je predstavljena metodologija identifikacije opasnih mesta na državnim putevima Srbije, zasnovana na objektivnom metodu. Ova metoda obuhvata analizu podataka o saobraćajnim nezgodama, putu i saobraćaju.*

Ključne riječi: bezbednost saobraćaja, opasna mesta, identifikacija

Abstract: Black spot identification on the road represents important aspect of management hazardous locations (Black Spot Management-BSM, Network Safety Management-NSM). In this work represented methodology of the identification hazardous locations on the main roads in Serbia, based on objective method. This method includes data analysis about traffic accidents, road and traffic.

Key words: traffic safety, black spots, identification

1. UVOD

Opasna mesta („crne tačke“, „crne deonice“) na putevima predstavljaju značajnu oblast rada na unapređenju bezbednosti saobraćaja. Intervencije na mestima nakupljanja saobraćajnih nezgoda smatraju se jednim od najefektivnijih pristupa u prevenciji saobraćajnih nezgoda na putevima [1], [2]. Među najznačajnijim fazama menadžmenta crnih tačaka (BSM) i menadžmenta bezbednosti mreža (NSM), pored analize i tretmana, izdvaja se identifikacija opasnih mesta, koja predstavlja proceduru za otkrivanje takvih mesta na mreži puteva [3].

Razmatrajući stručnu literaturu uočen je niz pokušaja da se pronađu i definišu najefikasnije metode, koje bi omogućile merenje bezbednosti pojedinih deonica puteva i utvrdile najugroženija i najopasnija mesta. I pored ogromnih napora, do danas nisu standardizovani principi i tehnike identifikacije opasnih mesta pa se korišćeni pristupi razlikuju od zemlje do zemlje [4]. Metodologije se kreću od jednostavnog obeležavanja mesta sa velikim brojem saobraćajnih nezgoda do sofisticiranijih tehnika u kojima se ocenjuje očekivani broj saobraćajnih nezgoda i određuje potencijal za poboljšanje bezbednosti. Opšti principi identifikacije mogu biti podeljeni po principu zasnovanom na analizi saobraćajnih nezgoda i principu bez saobraćajnih nezgoda [3]. Elvik je u jednom od svojih radova analizirao nekoliko tehnika za identifikaciju opasnih mesta: (1) broj saobraćajnih nezgoda u analiziranom periodu, (2) stopa nezgoda (broj nezgoda na milion voz. km.), (3) kombinovan broj nezgoda i stope nezgoda iznad prosečne vrednosti i (4) empirijska Bajesova (EB) ocena očekivanog broja saobraćajnih nezgoda na razmatranim mestima [5]. Pei Y. i Ding J. u svom radu ističu 6 metoda identifikacije opasnih mesta, koje se najčešće koriste: (1) metod učestalosti nezgoda, (2) metod stope nezgoda, (3) metod matrice, (4) metod ukupnog ekvivalenta broja nezgoda, (5) metod kontrole kvaliteta i (6) metod kritične stope [6]. Pojedina istraživanja identifikacije opasnih mesta zasnovana su na subjektivnoj proceni učesnika u saobraćaju [7]. Pored principa i tehnika u pojedinim radovima mogu se naći i definisani kriterijumi koje je potrebno uvažiti pri identifikaciji opasnih mesta [8]. Sve ovo ukazuje da postoji zaista široka lepeza u pogledu metodologije identifikacije opasnih mesta na putevima.

U Srbiji dugi niz godina nisu vršena systemska istraživanja opasnih mesta na putevima i tek poslednjih nekoliko godina krenulo se ozbiljnije sa istraživanjima u ovoj oblasti bezbednosti saobraćaja [9], [10], [11]. Ovim je napravljen iskorak u pogledu upravljanja opasnih mestima na putevima Srbije, a naročito u pogledu identifikacije opasnih

mesta. Predmet ovog rada je metod identifikacije crnih tačaka na putevima, zasnovan na analizi podataka o saobraćajnih nezgodama, putu i saobraćaju (objektivni metod). Cilj rada je da istakne smisao i značaj utvrđivanja opasnih mesta na putevima i podstakne dalji teorijski i praktičan rad na razmatranju ove problematike. U radu će posebno biti prikazan objektivni metod primenjen u Studiji Mapiranja rizika na državnim putevima R Srbije [10].

2. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MESTA NA PUTEVIMA

2.1. Značaj i problemi identifikacije opasnih mesta na putu

Optimalan put za stručno utvrđivanje delova putne mreže na kojima bi trebalo delovati sa gledišta bezbednosti saobraćaja treba da počiva na osnovu identifikacije i analize opasnih mesta. Pri izboru metoda za identifikaciju opasnih mesta neophodno je koristiti međunarodna iskustva i najbolju praksu, ali i imati u vidu specifičnosti uslova u kojima se ona vrši, a naročito u pogledu načina i doslednosti evidentiranja saobraćajnih nezgoda i njihovih posledica.

U postupku identifikacije opasnih mesta potrebno je uvažiti nekoliko kriterijuma [12]:

1. Period posmatranja. Važan parametar za stvaranje pouzdane identifikacije putne deonice, koja ima statistički značajan stepen nezgoda, je utvrđivanje vremenskog perioda u kom su analize sprovedene. Pri bilo kom pokušaju identifikovanja opasnih mesta, trebalo bi uzeti u obzir sledeće:

- period analize bi trebao biti dovoljno dug, da bi se utvrdili faktori nezgoda. Utvrđeno je da u većini slučajeva period od 3-5 godina garantuje pouzdanost analize,
- na mestima, gde su se desile iznenadne promene u stopama nezgoda, korisno je analizirati kratak vremenski period u trajanju od jedne godine ili manje, da bi se utvrdili specifični razlozi i mehanizmi koji prouzrokuju nezgode,
- da bi se izbegla neravnomernost izazvana sezonskim promenama, važno je da se posmatranja vrše nekoliko godina,
- nakon četiri ili pet godina kašnjenja, podaci o nezgodama i/ili održavanju možda ne bi prikazali stvarno stanje puta i saobraćaja ili razvoja bliskih aktivnosti i ponašanja korisnika, itd. Zbog toga, ukoliko je moguće, važno je koristiti dva perioda analize. Prvi period u trajanju od tri do pet godina, kojim se obezbeđuje pouzdanost uzorka, i drugi period u trajanju od jedne godine, koji će omogućiti otkrivanje promena u broju nezgoda izazvanih zbog novih faktora.

2. Identifikacione tehnologije. Kada se jednom prikupe svi relevantni podaci o saobraćaju i nezgodama, potrebno je izvršiti sledeće tehničke identifikacione metode:

- stope rizika od nezgode moraju biti bazirane na proračunu srednjih vrednosti na mrežama sa sličnim karakteristikama,
- srednje vrednosti rizika od nezgoda moraju se računati za svaki interval prosečnog dnevnog saobraćaja, koji predstavlja različite kategorije saobraćaja,
- treba praviti razliku između različitih kategorija puta (putevi rezervisani za saobraćaj motornih vozila, putevi sa ograničenim pristupom, putevi sa jednom saobraćajnom trakom, itd.) između različitih tipova područja (urbana područja, ruralna područja, itd.) i između putnih deonica i ukrštanja.

2.2. Metode identifikacije opasnih mesta u pojedinim zemljama

U okviru velikog istraživačkog projekta koji je finansirala Evropska komisija obavljeno je ispitivanje trenutnih pristupa u regulisanju crnih tačaka i analizi bezbednosti [13]. Pored definisanja najmodernijeg pristupa u regulisanju opasnih mesta predstavljene su i metode identifikacije opasnih mesta u pojedinim evropski zemljama.

2.2.1. Austrija

Opasnim mestom na putevima u Austriji smatra se svako mesto koje ispunjava jedan od sledećih kriterijuma:

1. 3 ili više sličnih saobraćajnih nezgoda sa povređenima u roku od 3 godine i koeficijent rizika R_k od najmanje 0,8. Vrednost koeficijenta rizika računa se na sledeći način:

$$R_k = \frac{U}{0,5 + 7 \times 10^{-5} \times AADT} \quad (1)$$

gde je:

U - broj saobraćajnih nezgoda sa nastradalim u periodu od 3 godine,
 $AADT$ - godišnji prosečan dnevni saobraćaj.

2. 5 ili više saobraćajnih nezgoda (uključujući i one samo sa materijalnom štetom) sličnog tipa tokom 1 godine.

U identifikaciji opasnih mesta na putevima koristi se klizni prozor dužine 250 m. Prozor se pomera duž puta, uz obeležavanje svakog mesta na kome je ispunjen jedan od dva navedena kriterijuma.

2.2.2 Danska

Identifikacija opasnih mesta na putevima u Danskoj oslanja se na dosta detaljnu klasifikaciju sistema puteva na različite tipove deonica i raskrsnica. U identifikovanju opasnih mesta koristi se test baziran na Poasonovoj raspodeli. Minimalan broj saobraćajnih nezgoda da bi se neko mesto smatralo opasnim je 4 nezgode u periodu od 5 godina. Nivo značajnosti koji se koristi u statističkim testovima je 5%. Ocene normalnog broja saobraćajnih nezgoda na različitim elementima puteva dobijaju se primenom modela za predviđanje. Pretpostavimo da je normalan broj nezgoda na nekom mestu ocenjen kao 2,8 (tokom 5 godina), a da je registrovano 5 nezgoda. U Poasonovoj raspodeli, verovatnoća da će se dogoditi najmanje 5 nezgoda, imajući u vidu srednji broj od 2,8, ima vrednost 0,152, što znači da se ovo mesto ne može klasifikovati kao opasno. Kada su u pitanju deonice puteva, one se identifikuju primenom pristupa kliznog prozora. Veličina prozora se menja na bazi normalnog broja nezgoda na deonici.

2.2.3. Nemačka

U Nemačkoj se opasna mesta na putevima identifikuju pomoću mapa saobraćajnih nezgoda. U identifikaciji se koristi period od 1 ili 3 godine. Ako se koristi 1 godina, mesto se klasifikuje kao opasno ako je na njemu registrovano 5 saobraćajnih nezgoda sličnog tipa, bez obzira na težinu (uključujući nezgoda samo sa materijalnom štetom), pri čemu dužina mesta nije veća od 100 m. Za utvrđivanje toga da li su saobraćajne nezgode istog tipa ili ne razvijena je detaljna tipologija. Ako se koristi period od 3 godine, opasnim mestom smatra se svako mesto na kome je registrovano 5 ili više nezgoda sa povređenima ili 3 ili više nezgoda sa teško povređenima. Mada se klizni prozor formalno ne koristi, ispitivanje mapa u praksi se svodi na primenu kliznog prozora.

2.2.4. Mađarska

U Mađarskoj se van izgrađenih oblasti, opasnim mestima smatraju ona na kojima su najmanje 4 saobraćajne nezgode registrovane tokom 3 godine na deonici ne dužoj od 1.000 m. Unutar izgrađenih oblasti, opasnim mestima smatraju se ona sa najmanje 4 registrovane saobraćajne nezgode tokom 3 godine na deonici ne dužoj od 100 m. Traženje opasnih mesta obavlja se primenom pristupa kliznog prozora. Prozor je dužine 1.000 ili 100 m.

2.2.5. Norveška

U Norveškoj se opasnim mestom smatra svaka lokacija dužine ne veće od 100 m sa najmanje 4

saobraćajne nezgode sa povređenima registrovane u prethodnih 5 godina. Pored toga opasnim mestom se smatra svaka deonica puta ne duža od 1.000 m sa najmanje 10 saobraćajnih nezgoda sa povređenima registrovanih u prethodnih 5 godina. Opasna mesta registruju se primenom kliznog prozora.

2.2.6. Švajcarska

U Švajcarskoj se kao opasno mesto na putevima smatra svako mesto sa registrovanim brojem saobraćajnih nezgoda značajno iznad srednjeg broja saobraćajnih nezgoda na sličnim mestima. Slična mesta se definišu klasifikovanjem sistema puteva na različite tipove deonica i raskrsnica. U svakoj grupi se ocenjuju stope saobraćajnih nezgoda. Na bazi dobijenih stopa definišu se kritične vrednosti za minimalan registrovani broj saobraćajnih nezgoda u periodu od 2 godine da bi mesto bilo klasifikovano kao opasno. Na autoputevima je kritičan broj 10 za sve saobraćajne nezgode, 4 za nezgode sa povređenima i 2 za nezgode sa poginulima. Na vangradskim putevima je kritična vrednost 8 za sve nezgode, 4 za nezgode sa poginulima i 2 za nezgode sa poginulima. Na raskrnicama u gradskim oblastima kritična vrednost je 10 za sve nezgode, 6 za nezgode sa povređenima i 2 za nezgode sa poginulima. Dužina opasnih mesta na putevima, izuzev kada su u pitanju raskrsnice, kreće se između 100 i 500 m, zavisno od obima saobraćaja. Ove deonice si fiksne i ne identifikuju se primenom kliznog prozora.

3. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MESTA NA DRŽAVNIM PUTEVIMA SRBIJE [10]

Istraživanjem su obuhvaćeni putevi, saobraćajna opterećenja (PGDS - prosečan godišnji dnevni saobraćaj), saobraćajne nezgode i nastradala lica u ovim saobraćajnim nezgodama. Prostor istraživanja obuhvatao je područje republike Srbije bez AP Kosova i Metohije. Prilikom istraživanja, posebna pažnja je posvećena detaljnoj analizi bezbednosti saobraćaja po deonicama državnih puteva I reda Srbije. Istraživanje je obuhvatilo 34 magistralna putna pravca, ukupne dužine 4.912 km. Putni pravci su podeljeni na 558 saobraćajnih deonica, koje su homogene u smislu obeležja puta i saobraćaja. Istraživanjem je obuhvaćen petogodišnji period od 2002. do 2006. godine.

3.1. Faze analize bezbednosti saobraćaja

Analiza stanja bezbednosti saobraćaja na svim putnim pravcima izvršena je u tri faze:

1. Opšta analiza stanja i tendencija bezbednosti saobraćaja omogućila je shvatanje obima problema, međunarodno poređenje, sagledavanje strukture nezgoda, vremenske raspodele nezgoda, trenda i drugih opštih karakteristika stanja.
2. Analiza stanja po saobraćajnim deonicama i mapiranje rizika po ovim deonicama omogućili su da se bolje shvati prostorna raspodela saobraćajnih nezgoda i specifičnost pojedinih saobraćajnih deonica u pogledu rizika nastanka nezgoda ili rizika povređivanja, najčešćih vrsta nezgoda, kategorije učesnika, najčešće greške itd. Ovo omogućuje definisanje najopasnijih deonica.
3. Analiza stanja po kilometrima puta i određivanje najopasnijih kilometara. Na osnovu detaljne analize ažurnosti, stanja i kvaliteta podataka o nezgodama uočena je i preciznost određivanja lokacije nezgode i zaključeno da je preciznost manja od kilometar. Na osnovu identifikacije najopasnijih kilometara vršene su detaljne analize nezgoda na opasnim kilometrima.

3.2. Kriterijumi za identifikaciju opasnih mesta

U postupku identifikacije opasnih deonica korišteni su sledeći, opšte stručno prihvaćeni, pokazatelji:

- **kolektivni rizik saobraćajnih nezgoda i njihovih posledica (KR)** predstavlja broj nezgoda i nastradalih po kilometru puta. Ovaj pokazatelj ne uzima u obzir različit obim saobraćaja na deonicama puta. Ako se prati samo kolektivni rizik, onda će se lokacije sa visokim obimom saobraćaja rangirati kao lokacije sa visokim rizikom (gustina nezgoda je visoka zbog velike izloženosti, tj. zbog velikog obima saobraćaja), čak i kada ove lokacije imaju relativno mali broj nezgoda u odnosu na obim saobraćaja (imaju mali individualni rizik). Najčešće se preporučuje da se na osnovu kolektivnog rizika odrede deonice visokog rizika, a onda da se drugim metodama upotpuni analiza rizičnih deonica (dubinska analiza, studija slučaja, konfliktna tehnika i sl.). Treba naglasiti da kolektivni rizik raste sa porastom intenziteta saobraćaja na putu, pa putevi većeg značaja (sa većim intenzitetom saobraćaja) imaju veće kolektivne rizike.
- **individualni rizik (IR)** predstavlja broj nezgoda i nastradalih u odnosu na broj vozila kilometara, na datoj lokaciji. Sa porastom obima saobraćaja, opada individualni rizik, pa je on najmanji na putevima sa najvećim značajem, odnosno na putevima sa najvećim obimom saobraćaja. Dakle, sa porastom značaja puteva raste kolektivni, a opada individualni rizik nastanka nezgode.

Radom u prethodnom periodu kao i sticanjem najnovijih saznanja definisani su osnovni pojmovi i obrasci koji će biti korišteni za identifikaciju opasnih mesta, i to:

1. Korigovani Kolektivni Rizik nezgoda – KR_{sn}^* (korigovan težinom nezgoda)

Neki autori, pri utvrđivanju rizika na putu, a posebno pri definisanju opasnih deonica i tačaka koriste samo podatak o nezgodama sa poginulim, neki obuhvataju i nezgode sa povređenim. Konačno neki autori smatraju da treba uzeti u obzir i nezgode samo sa materijalnom štetom, a detaljnijom analizom konkretnih uslova proveriti da li na tom mestu ima uslova za nezgode sa nastradalim (slučajno nije bilo povreda). Da bi se korektno uzeli u obzir svi opravdani razlozi za isticanje opasnosti na deonici puta, najkorektnije je uzeti u obzir sve saobraćajne nezgode. Sa druge strane, da bi se uzele u obzir značajne razlike u posledicama nezgoda sa poginulim, povređenim i materijalnom štetom, odabran je postupak ponderizacije nezgoda. Ponderi su određeni u skladu sa ukupnim društvenim posledicama pojedinih vrsta nezgoda, a u nameri da se sve nezgode "svedu" na nezgode sa materijalnom štetom. Prihvaćeno je da je jedna nezgoda sa poginulim licima, u proseku, teža 150 puta od nezgode sa materijalnom štetom, a da je nezgoda sa povređenim licima teža oko 20 puta od nezgode sa materijalnom štetom (Ponderisani Broj Saobraćajnih Nezgoda-PBSN, jednačina 2).

$$PBSN = (n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 20 + n_3 \cdot 150) \quad (2)$$

gde su:

- n_1 - broj saobraćajnih nezgoda sa materijalnom štetom,
- n_2 - broj saobraćajnih nezgoda sa povređenim,
- n_3 - broj saobraćajnih nezgoda sa poginulim.

Međutim, postoje vrste nezgoda, odnosno deonice puteva u kojima, po pravilu, među nastradalim licima ima više poginulih. Da bi se uzeo u obzir povećan broj poginulih, ponderisan broj saobraćajnih nezgoda je korigovan tako da se dobijaju nešto veće vrednosti, ako je na posmatranoj deonici zabeležen veći broj poginulih među nastradalim licima (PBSN korigovan njihovom težinom-PBSN*, jednačina 3).

$$PBSN^* = (n_1 \cdot 1 + n_2 \cdot 20 + n_3 \cdot 150) \cdot (1 + (POG / (LTP + TTP + POG))) \quad (3)$$

gde su:

- POG** – broj poginulih u saobraćajnim nezgodama,
- TTP** – broj teško povređenih u saobraćajnim nezgodama,
- LTP** – broj lako povređenih u saobraćajnim nezgodama.

Stavljanjem u odnos ponderisanog broja saobraćajnih nezgoda korigovanog njihovom

težinom i dužine predmetne deonice dobija se vrednost korigovanog Kolektivnog Rizika nezgoda (KR_{sn}^* , jednačina 4).

$$KR_{sn}^* = \frac{\sum_{i=1}^G PBSN_i^*}{G \cdot L} \cdot \left(\frac{\text{nezgoda}^*}{\text{km} \cdot \text{godišnje}} \right) \quad (4)$$

gde su:

- G** - broj godina (period za koji se vrši analiza),
- L** - dužina posmatrane deonice.

2. Korigovani Individualni Rizik nezgoda – IR_{sn}^* (korigovan težinom nezgoda)

Shodno činjenici da se pri izračunavanju individualnog rizika uzima u obzir broj vozilo kilometara, stavljanjem u odnos ponderisanog broja saobraćajnih nezgoda korigovanog njihovom težinom i brojem vozilo kilometara dobija se vrednost origovanog Individualnog Rizika nezgoda (IR_{sn}^* , jednačina 5)

$$IR_{sn}^* = \frac{\sum_{i=1}^G PBSN_i^*}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^G PGDS_i} \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{\text{nezgoda}^*}{\text{mil.} \cdot \text{voz.} \cdot \text{km}} \right) \quad (5)$$

gde je:

- PGDS** - prosečan godišnji dnevni saobraćaj.

3. Kolektivni Rizik Stradanja – KR_s (korigovan težinom posledice)

Troškovi saobraćajnih nezgoda zavise i od vrste povreda koje učesnici u saobraćajnim nezgodama pretrpe. Zbog toga je umesto prostog zbira broja nastradalih, njihov broj potrebno ponderisati težinom posledica. Ponderi su određeni na osnovu ukupnih društvenih posledica koje nosi pojedina vrsta stradanja, a sve u cilju da se svi nastradali svedu na broj lako povređenih lica. Tako je određeno da jedno teško povređeno lice, po ukupnim posledicama, košta društvo kao 5 lako povređenih, a jedno poginulo lice kao 50 lako povređenih (Ponderisani Broj Nastradalih-PBN, jednačina 6).

$$PBN = 1 \cdot LTP + 5 \cdot TTP + 50 \cdot POG \quad (6)$$

Stavljanjem u odnos ponderisanog broja nastradalih i dužine predmetne deonice dobija se vrednost Kolektivnog Rizika Stradanja (KR_s , jednačina 7).

$$KR_s = \frac{\sum_{i=1}^G PBN_i}{G \cdot L} \cdot \left(\frac{\text{nastradalih}}{\text{km} \cdot \text{godišnje}} \right) \quad (7)$$

4. Individualni Rizik Stradanja – IRS (korigovan težinom posledice)

Stavljanjem u odnos ponderisanog broja nastradalih i broj vozila kilometara dobija se vrednost Individualnog Rizika Stradanja (IR_S , jednačina 8).

$$IR_S = \frac{\sum_{i=1}^G PBN_i}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^G PGDS_i} \cdot 10^6 \left(\frac{\text{nastradalih}}{\text{mil.} \cdot \text{voz.} \cdot \text{km}} \right) \quad (8)$$

U svetu postoje značajne razlike u definisanju pojedinih pojmova u oblasti bezbednosti saobraćaja (saobraćajna nezgoda, poginulo lice, teško povređeno lice, lako povređeno lice i dr.) što otežava komparaciju bezbednosti saobraćaja između pojedinih zemalja na globalnom nivou. Kako bi se ti problemi prevazišli bilo je potrebno naći reprezentativan zajednički imenioc za sve zemlje u kojem su odstupanja po pojedinim pokazateljima najmanja. Sva stručno sagledana mišljenja ukazuju da su ta odstupanja najmanja kod broja poginulih i broja teško povređenih, kao i saobraćajnih nezgoda koje prouzrokuju te posledice. Prateći ove trendove u okviru Studije, pored dosadašnjih navedenih parametara (korišćeni u Studiji bezbednosti saobraćaja na Koridoru H), uvedena su nova četiri parametra i to:

5. Kolektivni Rizik Poginulih i Teško Povređenih – KR_{P+TP}

Stavljanjem u odnos broja poginulih i teško povređenih u saobraćajnim nezgodama i dužine predmetne deonice dobija se vrednost Kolektivnog Rizika Poginulih i Teško Povređenih (KR_{P+TP} , jednačina 9).

$$KR_{P+TP} = \frac{\sum_{i=1}^G (POG + TTP)_i}{G \cdot L} \left(\frac{\text{pog. i teško pov.}}{\text{km} \cdot \text{godišnje}} \right) \quad (9)$$

U skladu sa prethodno navedenim ovaj parametar će biti reprezentativan za rangiranje mikrodeonica po veličini rizika u saobraćaju.

6. Individualni Rizik Poginulih i Teško Povređenih – IR_{P+TP}

Stavljanjem u odnos broja poginulih i teško povređenih u saobraćajnim nezgodama i broja vozila kilometara dobija se vrednost Individualnog Rizika Poginulih i Teško Povređenih (IR_{P+TP} , jednačina 10).

$$IR_{P+TP} = \frac{\sum_{i=1}^G (POG + TTP)_i}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^G PGDS_i} \cdot 10^6 \left(\frac{\text{pog. i teško pov.}}{\text{mil.} \cdot \text{voz.} \cdot \text{km}} \right) \quad (10)$$

7. Kolektivni Rizik Poginulih – KR_P

Stavljanjem u odnos broja poginulih u saobraćajnim nezgodama i dužine predmetne deonice dobija se vrednost Kolektivnog Rizika Poginulih (KR_P , jednačina 11).

$$KR_P = \frac{\sum_{i=1}^G POG_i}{G \cdot L} \left(\frac{\text{poginulih}}{\text{km} \cdot \text{godišnje}} \right) \quad (11)$$

8. Individualni Rizik Poginulih – KR_{P+TP}

Stavljanjem u odnos broja poginulih u saobraćajnim nezgodama i broja vozila kilometara dobija se vrednost Individualnog Rizika Poginulih (IR_P , jednačina 12).

$$IR_P = \frac{\sum_{i=1}^G POG_i}{L \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^G PGDS_i} \cdot 10^6 \left(\frac{\text{poginulih}}{\text{mil.} \cdot \text{voz.} \cdot \text{km}} \right) \quad (12)$$

Pored opšte analize bezbednosti saobraćaja (obim problema saobraćajnih nezgoda i njihovih posledica, tendencije u razvoju pojava, vremenska i prostorna raspodela saobraćajnih nezgoda, okolnosti nastanka saobraćajnih nezgoda) za svaki putni pravac pojedinačno (po deonicama) izračunati su rizici nezgoda i stradanja u saobraćaju (kolektivni i individualni rizik stradanja, kolektivni i individualni rizik pogibije, kolektivni i individualni rizik poginulih i teško povređenih, kolektivni i individualni rizik nezgoda korigovan njihovim posledicama). Na osnovu tako dobijenih rezultata određena je prostorna neravnomernost rizika nastanka nezgoda i stradanja po deonicama koja je predstavljena na jedinstvenim kartama – mapama rizika.

3.3. Osnovni rezultati istraživanja

Prema veličini kolektivnog rizika izdvajaju se putni pravci na kojima je obim saobraćaja veći u odnosu na ostale puteve. Tako se put M-1 prema veličini rizika po tri parametra (KR_S , KR_{P+TP} i KR_P) nalazi na prvom mestu, dok se prema veličini KR_{sn}^* nalazi na drugom mestu. Put M-22 se po veličini KR_{sn}^* nalazi na prvom mestu, dok se po vrednosti KR_S i KR_P nalazi na drugom mestu, a prema veličini KR_{P+TP} na trećem mestu. Pored ovih puteva i ostali putevi, kao što su M-5, M-22.1, M-1.11, M-19, M-21, se mogu izdvojiti po veličini rizika i po pojedinim parametrima da su u vrhu veličine rizika. U odnosu na navedene puteve, putevi sa veoma malim rizikom su M-8, M-1.13, M-19.1, M-21.1 i M-25.1.

Prema odnosu veličine rizika, na putevima [14]:

– M-1 i M-22 je oko 9 puta veći broj nastradalih po 1 km puta u odnosu na puteve M-8, M-19.1 i M-1.13.,

- M-1, M-5 i M-22 je oko 40 puta veći broj poginulih i teško povređenih na 100 km puta u odnosu na puteve M-8, M-1.13 i M-21.1.,
- M-1, i M-22 je oko 11 puta veći broj poginulih na 100 km puta u odnosu na puteve M-8, M-19.1 i M-9.,
- M-22 i M-1 je oko 9 puta veći broj saobraćajnih nezgoda korigovan njihovom težinom po 1 km puta u odnosu na puteve M-8, M-19.1 i M-1.13.

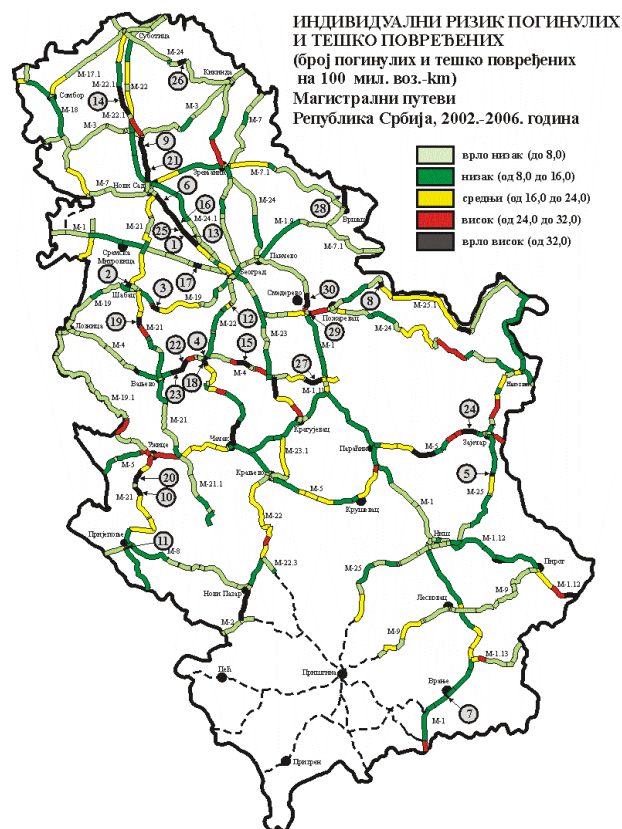
Veličina individualnog rizika po putnim pravcima ima nešto drugačiju raspodelu u odnosu na veličinu kolektivnog rizika, pa se i ugroženost na njima razlikuje. Prema ovom riziku najugroženiji je put M-22.1 koji je po veličini IR_S , IR_{P+TP} i IR_{Sn}^* na prvom mestu, dok se prema veličini IR_P nalazi na drugom mestu. Pored navedenog puta prema veličini individualnog rizika u saobraćaju mogu se izdvojiti putni pravci M-5, M-21, M-25, ali su kod ovih puteva odstupanja po veličini rizika veća za pojedine parametre, pa se ne mogu po svima njima istaći kao veoma ugroženi. Putevi sa najmanjom veličinom rizika u saobraćaju po svim parametrima su M-8, M-19.1 i M-21.1. Putevi M-1 i M-22 prema veličini individualnog rizika po svim parametrima spadaju u srednje ugrožene puteve. Prema pripadnosti putnim pravcima (od rangiranih 120 kilometarskih deonica) struktura kilometarskih deonica je prilično homogena. Rangirane kilometarske deonice nalaze se na 11 putnih pravaca (M-1, M-22, M-21, M-24, M-7, M-22.1, M-24.1, M-1.9, M-5, M-4 i M-19). Po broju najopasnijih kilometarskih deonica izdvajaju se putevi M-1, 40 (33,3 %), M-22, 33 (27,5 %), M-21 17 (14,2 %) i M-24, sa 12 (10,0 %) kilometarskih deonica. Uočava se da se na ova 4 putna pravca nalazi 85 % rangiranih kilometarskih deonica (u apsolutnim brojevima jer se neki kilometri ponavljaju po pojedinim parametrima). Povećanje rizika na ovom putu karakteristično je pri njegovom prolasku kroz Beograd i po pojedinim parametrima, duž cele deonice, se javlja visok nivo rizika u kontinuitetu. To je posebno izraženo pri analizi KR_S , IR_S i KR_P . Takođe je interesantno da prema veličini KR_P ovaj put predstavlja put u opsegu vrlo visokog rizika neprekidno od 12 do 30 deonice. Kako navedene mikrodeonice prostorno slede jedna drugu može se istaći da imamo kontinuitet vrlo visokog rizika poginulih na navedenom delu puta. Na osnovu ovoga može se zaključiti da je na ovom putu težina saobraćajnih nezgoda, pogotovo onih sa najtežim posledicama vrlo izražena. (Slika 1. i Slika 2.)

Za svaki od parametara vrednovanja izdvojeno je 30 najrizičnijih kilometarskih deonica (primer za $KRP+TP$ i $IRP+TP$ dat je na Slici 3.). Zbog velikog broja poređenih kilometarskih deonica očekivana je njihova veća disperzija po veličini rizika. Međutim, i pored ove činjenice mogu se izdvojiti kilometarske deonice koje po veličini kolektivnog rizika značajno odstupaju od svih

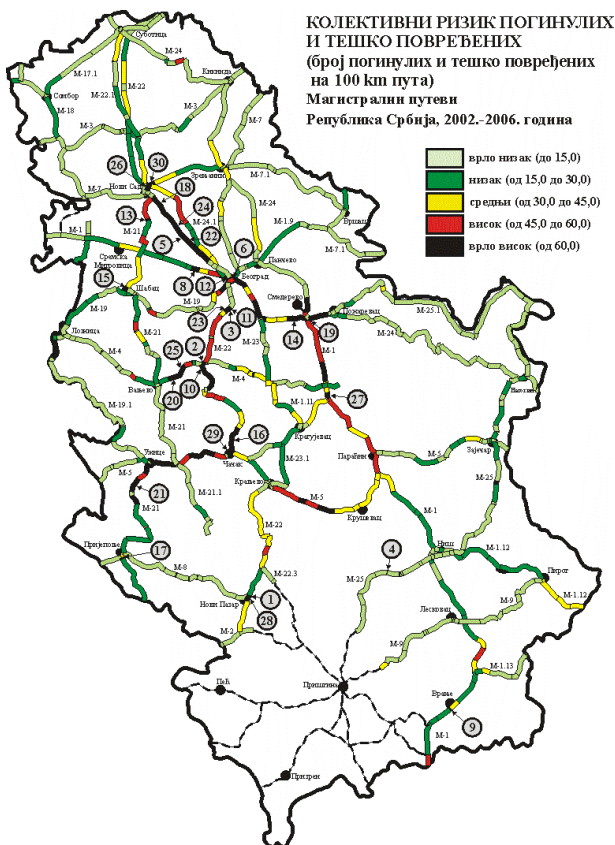
ostalih, pa čak i od preostalih rangiranih kilometara, kao npr.:

- 321 km na putu M-22, koji po svim rangiranim parametrima zauzima prvo mesto po veličini rizika. Takođe je značajno istaći da su veličine rizika za navedenu kilometarsku deonice prilično veće u odnosu na ostale kilometarske deonice koje je slede (oko 58 % veći broj poginulih i teško povređenih na 100 km puta i oko 90 % veći broj poginulih na 100 km puta u odnosu na drugorangiranu kilometarsku deonicu),
- 252 km na putu M-22, koji po veličini rizika KRS zauzima drugo mesto, a po ostalim rangiranim parametrima 3 mesto,
- 88 km na putu M-1, koji po veličini rizika $KRP+TP$ i KR_{Sn}^* zauzima drugo mesto, KRS četvrto, a prema KRP 12 mesto.

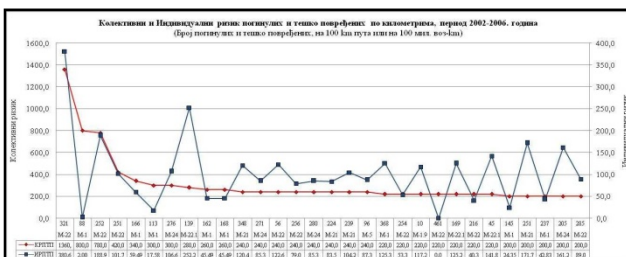
Pored ovih kilometarskih deonica mogu se izdvojiti, 348 km na putu M-21, 166 km na putu M-1. Na njima je vrednost po pojedinim parametrima veoma velika i spadaju u red najugroženijih kilometarskih deonica. Prema pripadnosti putnim pravcima struktura kilometarskih deonica je prilično homogena. Rangirane kilometarske deonice nalaze se na 11 putnih pravaca (M-1, M-22, M-21, M-24, M-7, M-22.1, M-24.1, M-1.9, M-5, M-4 i M-19).



Slika 1. Individualni rizik poginulih i teško povređenih po mikrodeonicama na magistralnim putevima, Srbija, period 2002-2006.



Slika 2. Kolektivni rizik poginulih i teško povređenih po mikrodeonicama na magistralnim putevima, Srbija, period 2002-2006.



Slika 3. Kolektivni (opadajuća funkcija) i individualni rizik poginulih i teško povređenih po kilometrima na magistralnim putevima (30 najopasnijih kilometarskih deonica), Srbija, period 2002-2006. godina

Po broju najopasnijih kilometarskih deonica izdvajaju se putevi M-1, 40 (33,3 %), M-22, 33 (27,5 %), M-21 17 (14,2 %) i M-24, sa 12 (10,0 %) kilometarskih deonica. Uočava se da se na ova 4 putna pravca nalazi 85 % rangiranih najopasnijih kilometarskih deonica.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Osnova svake aktivnosti na unapređenju bezbednosti saobraćaja, odnosno na sprečavanju saobraćajnih nezgoda i njihovih posledica, mora počivati na tačno dijagnosticiranom stanju i jasno definisanim uslovima u kojima se ove pojave javljaju.

Detaljna analiza i stalno praćenje prostorne distribucije saobraćajnih nezgoda, odnosno nastradalih lica, omogućava da se efikasnije planiraju i sprovede mere i aktivnosti radi njihovog sprečavanja. Zbog toga je izuzetno važna metodologija identifikacije opasnih mesta na putevima.

Činjenica da metodologija identifikacije opasnih mesta nije usaglašena na globalnom nivou ukazuje na značaj daljeg razvoja i unapređivanja metoda identifikacije opasnih mesta, kako bi se što realnije utvrdila mesta, koja izazivaju pojavu većeg rizika na putevima. Realizovana istraživanja u procesu identifikacije opasnih mesta na putevima Srbije omogućavaju organizovano i sistemsko delovanje upravljača puta u cilju smanjenja negativnog uticaja puta na nastanak i posledice saobraćajnih nezgoda. Time je dat ogroman doprinos ka uspostavljanju efikasnog sistema upravljanja opasnim mesta na putevima Srbije.

LITERATURA

- [1] European Commission: *WHITE PAPER-European transport policy for 2010: time to decide*, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2001.
- [2] Asian Development Bank: *ROAD SAFETY GUIDELINES for the Asian and Pacific Region: Improvement of hazardous locations, executive summary*,
- [3] Sørensen, M., Elvik, R.: *Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks-Best Practice Guidelines and Implementation Steps, 6th Framework Programme RIPCORDEREST-Deliverable*, 2008.
- [4] Elvik R.: *A Survey of Operational Definitions of Hazardous Road Locations in Some European Countries, Accident Analysis and Prevention Vol. 40, 2008, pp.1830-1835*
- [5] Elvik, R.: *Comparative Analysis of Techniques for Identifying Hazardous Road Locations, Annual meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C., 2008.*
- [6] Pei, J., Ding, J.: *Improvement in the Quality Control Method to Distinguish the Black Spots of the Road, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 2106 - 2113, 2005.*
- [7] Kowtanapanich, W. Tanaboriboon Y., Chadbunchachai W.: *Applying Public Participation Approach to Black Spot Identification Process,-A Case Study in Thailand - IATSS RESEARCH Vol. 30, No.1, 2006.*

- [8] Andersson, J. et al: *Roadside Infrastructure for Safer European Roads, European best practice for roadside design: guidelines for maintenance and operations of roadside infrastructure*, Chalmers University of Technology, 2006.
- [9] Lipovac, K. et al: *Studija bezbednosti saobraćaja sa detaljnom analizom ugroženih mikrolokacija i predlogom mera na koridoru X*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2007.
- [10] Lipovac, K. i dr.: *Mapiranje rizika na državnim putevima Srbije*, Kriminalističko-policijska akademija, Zemun, 2008.
- [11] Jovanov, D. i dr.: *Identifikacija opasnih mesta na državnim putevima republike Srbije*, Beograd, 2008.
- [12] Lipovac K, Jovanovic, D.: *Utvrđivanje opasnih mesta na putevima u funkciji procesa rehabilitacije puteva*, Zbornik radova, Naučno-stručni skup "Rehabilitacija i rekonstrukcija puteva", Zlatibor, 20.-22. jun, 2007.
- [13] Elvik, R.: *State-of-the-Art Approaches to Road Accident Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks. 6th Framework Programme RIPCOR-ISEREST-Deliverable*, 2008.
- [14] Lipovac K, Jovanovic, D.: *Mapiranje rizika na putnoj mreži Srbije*, Zbornik radova, IX Simpozijum sa međunarodnim učešćem "Prevenција saobraćajnih nezgoda na putevima 2008", Novi Sad, 23. i 24. oktobar 2008.