

# METODOLOGIJA ZA IZBOR TRASE ZA TRANSPORT OPASNOG TERETA – STUDIJA SLUČAJA

Slobodan M. Starčević <sup>a</sup>, Aleksandar M. Gošić <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Ministarstvo odbrane Republike Srbije,  
Kabinet ministra, Beograd

<sup>b</sup> Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Sektor za materijalne  
resurse, Uprava za opštu logistiku, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg62-4970

OBLAST: logistika, saobraćaj  
VRSTA ČLANKA: stručni članak

## Sažetak:

*Transport opasnog tereta jedan je od zadataka jedinica i ustanova Vojske Srbije. Zbog specifičnosti ove vrste transporta, kao i obaveza iz zakonske regulative koja uređuje ovu oblast, lica uključena u proces planiranja i realizacije transporta dužna su da preduzmu mere kako se ne bi dogodio akcidentni događaj. Radi preduzimanja preventivnih mera vrši se procena rizika.*

*U Vojsci Srbije najzastupljeniji je transport nafte i naftnih derivata za potrebe jedinica i ustanova. Prilikom planiranja transporta vrši se izbor trase za kretanje vozila. U radu je opisana metodologija za izbor trase za transport opasnog tereta i primena na konkretnom slučaju u Vojsci Srbije.*

Ključne reči: *transport, planiranje, metodologija, opasan teret.*

## Uvod

Realizaciju svakog od transportnih procesa sa opasnim teretom prati određeni rizik od neželjenog – akcidentnog događaja sa štetnim posledicama koji nastaju usled izlivanja opasnog tereta (iz transportnog suda ili pakovanja), a zatim njenog štetnog dejstva, srazmerno klasi opasnosti kojoj ona pripada (eksplozija, požar, otrovna isparenja, radijacija,...).

Štete koje su nanete akcidentima, pri transportu opasnog tereta, mogu imati ogromne negativne posledice: umiranje i oboljevanje ljudi, zagađenje okoline, uništavanje prirodnih i nacionalnih bogatstva, oštećenje tehničkih sredstava, rušenje industrijskih objekata, zgrada za stanovanje, puteva, utovarno-istovarnih stanica itd.

Rizik se može smanjiti ukoliko se preduzmu sve potrebne mere i aktivnosti, a jedan od ključnih koraka za efikasno upravljanje rizikom pri transportu opasnog tereta jeste izbor trasa za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta.

Postojanje velikog rizika, odnosno mogućnost posledica koje mogu nastati pri transportu opasnog tereta zahteva od svih učesnika u transportnom procesu maksimalnu odgovornost.

Vojska Srbije u okviru svojih redovnih aktivnosti realizuje veliki broj zadataka transporta opasnog tereta na teritoriji Republike Srbije. I pored činjenice da je Vojska Srbije, u toku realizacije svojih zadataka, oslobođena obaveze primene odredbi zakona kojima se uređuje transport opasnog tereta u Republici Srbiji, potrebno je sagledati rizike koji se javljaju prilikom realizacije njegovog transporta.

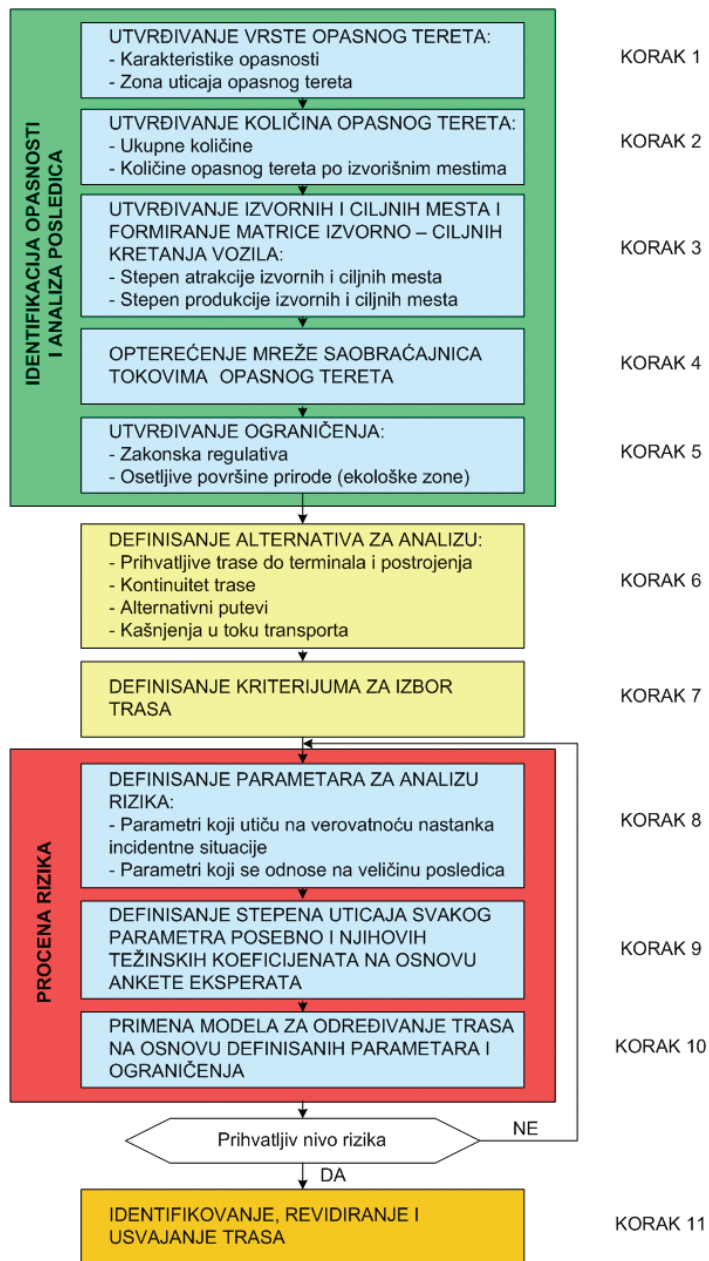
U ovom radu, primenom predložene metodologije za izbor trase za transport opasnog tereta, izvršice se sagledavanje rizika pri transportu nafte i naftnih derivata iz skladišta Vojske Srbije u Kniću do kasarne „Topčider“ u Beogradu.

## Metodologija za izbor trasa za transport opasnog tereta

Transport opasnog tereta predstavlja vrstu transporta za koju se vezuju najveći rizici i najveća potencijalna veličina štete po stanovništvo i životnu sredinu. Radi toga neophodno je preduzeti određene mere kako bi se uticalo na smanjenje veličine rizika, odnosno sprovesti niz procedura i posedovati podatke o karakteristikama opasnog tereta, broju incidentnih situacija u prethodnom periodu, veličini posledica po stanovništvo i životnu sredinu, kao i kapacitetima službi za reagovanje u slučaju nastanka incidentne situacije.

Prva faza u procesu upravljanja rizikom od pokretnih izvora opasnog tereta i ključni korak za efikasno upravljanje rizikom od nastanka incidentne situacije jeste izbor trasa za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta.

Jedna od metodologija za izbor trasa za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta, a koja će biti korišćena u ovom radu, prikazana je na slici 1. i sastoji se od 11 osnovnih koraka kojima su obuhvaćene sve tri faze upravljanja rizikom od incidentne situacije (Milovanović, 2012).



Slika 1 – Prikaz metodologije za izbor trasa za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta sa aspekta upravljanja rizikom

Figure 1 – Methodologies for the selection of routes for the movement of vehicles transporting dangerous goods in terms of risk management

Utvrđivanje karakteristika opasnosti opasnog tereta koji se transportuju predstavlja izuzetno značajan korak, jer ukoliko se na adekvatan način ne definišu vrste i stepeni opasnosti opasnog tereta, kao i zona uticaja tog tereta, nije moguće proceniti veličinu rizika.

Nakon identifikovanja vrste opasnog tereta koji se transportuje neophodno je utvrditi ukupne količine koje se transportuju na posmatranom području opsluge za koje se vrši izbor trasa za njegov transport.

U trećem koraku metodologije definišu se kretanja tokova opasnog tereta između svakog fiksnog izvora opasnog tereta i njenog cilja na osnovu kojih se, u četvrtom koraku, vrši opterećenje saobraćajnica veličinama idealnih tokova opasnog tereta i dobija opterećenje saobraćajne mreže tokovima opasnog tereta.

U petom koraku, koji predstavlja i završni korak u okviru identifikacije opasnosti i analize posledica, definišu se ograničenja koja mogu uticati na izbor trasa (fizička ograničenja, ekološke zone, ograničenja u okviru zakonskih regulativa...).

Nakon toga definišu se alternative za analizu i vrši definisanje kriterijuma za izbor trasa, što predstavlja šesti i sedmi korak. Na osnovu alternativa i kriterijuma iz skupa saobraćajnica koje opslužuju izvorišta i ciljeve vrši se izbor saobraćajnica koje zadovoljavaju sve zahteve u pogledu transportnih zahteva.

Izabrane trase moraju biti proverene sa aspekta dozvoljene veličine rizika, odnosno mora se utvrditi veličina rizika na svakoj deonici pojedinačno izabranih trasa – izvršiti procena rizika. Da bi se izvršila procena rizika, neophodno je definisati parametre koji mogu imati uticaja na veličinu rizika i povezati svaki od parametara sa adekvatnom veličinom rizika.

Nakon definisanja parametara i njihovih težinskih vrednosti, pristupa se proceni rizika za svaku od deonica izabranih trasa, odnosno formira se matrica rizika za svaku od izabranih deonica. Na osnovu utvrđene vrednosti rizika za svaku deonicu, donosi se odluka da li je posmatrana deonica dozvoljena za transport opasnog tereta ili ne.

## Izbor trase za transport nafte i naftnih derivata za potrebe jedinica Vojske Srbije

Primena predložene metodologije za izbor trasa za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta biće prikazana na primeru izbora trasa za transport nafte i naftnih derivata iz skladišta Vojske Srbije u Kniću do garnizona Beograd.

## Utvrđivanje vrste opasnog tereta

Prema međunarodnoj klasifikaciji (Službeni glasnik RS br. 88, 2010) (United Nations, 2011) opasan teret se svrstava u devet različitih klasa i svaka od klasa opasnog tereta ima svoje karakteristike opasnosti, odnosno vrste i stepene opasnosti.

Nafta i njeni derivati (benzin, dizel i dr.) pripadaju klasi 3 opasnog tereta – zapaljivih tečnosti. Karakteristike koje definišu svaku vrstu opasnog tereta, pored njegovih fizičkih i hemijskih osobina, jesu i karakteristike opasnosti, odnosno vrsta i stepen opasnosti.

Nafta i naftni derivati, prema svojim karakteristikama opasnosti, pripadaju grupi F1 – zapaljive tečnosti bez dodatnog rizika koje isparavaju na temperaturi od 50°C pri pritisku manjem od 300 kPa, nalaze se delimično u gasovitom stanju na temperaturi od 20°C i standardnom pritisku 101,3 kPa i imaju tačku paljenja na temperaturi manjoj ili jednakoj 61°C (United Nations, 2011).

Opasnosti koje prete od ove vrste opasnog tereta jesu opasnost od požara i opasnost po zdravlje. Nafta i naftni derivati predstavljaju zapaljive tečnosti čije pare sa vazduhom na otvorenom prostoru čine zapaljive, a u zatvorenom prostoru eksplozivne koncentracije koje se u dodiru sa izvorom toplote veoma lako i brzo pale.

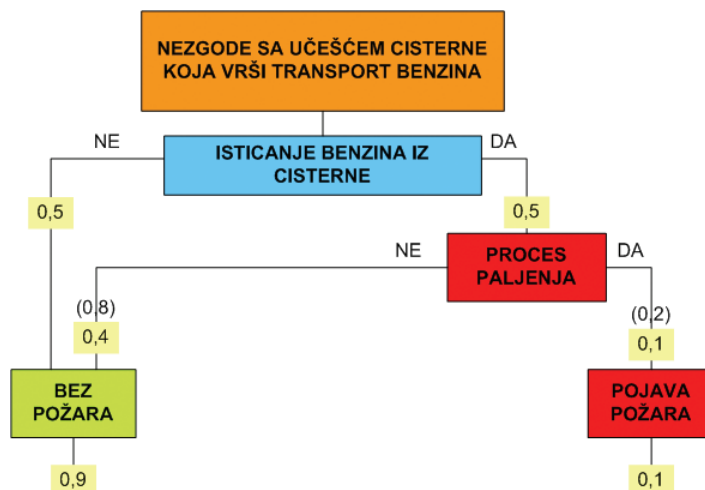
Količina oslobođenih para u vazduhu zavisi od isparljivosti tečnosti, te je benzin, kao najispariviji, istovremeno i najopasniji, jer se kod njega, u normalnim uslovima, najviše tečnosti pretvori u paru koja sa vazduhom čini opasnu koncentraciju. Pare i tečnosti naftnih derivata štetne su po zdravlje ljudi, naročito u većim koncentracijama i pri dužim izlaganjima. Pare su prozirne – nevidljive i teže od vazduha, pa u zatvorenim prostorijama mogu izazvati gušenje. Pare benzina su otrovne, pa mogu izazvati i trovanje, dok tečnosti u dodiru sa kožom pri čestom izlaganju izazivaju njeno oštećenje.

Druga karakteristika opasnosti kod svakog opasnog tereta predstavlja stepen opasnosti, koji se definiše pomoću tzv. „ambalažnih grupa”.

Nafta i naftni derivati se, u skladu sa klasifikacijom u odnosu na stepen opasnosti (United Nations, 2011), svrstavaju u ambalažnu grupu III – grupe opasnog tereta sa malim nivoom opasnosti, čija je tačka paljenja jednaka ili veća od 23°C, ali manja ili jednaka 60,5°C, osim benzina koji pripada ambalažnoj grupi II – grupe opasnog tereta sa srednjim nivoom opasnosti, čija je tačka paljenja manja od 23°C i početna tačka ključanja veća od 35°C.

Nakon definisanja vrste i stepena opasnosti neophodno je definisati i stablo događaja za naftu i naftne derivate kada dođe do primarne opasnosti. Stablo događaja pokazuje kolika će biti verovatnoća pojave određenih negativnih pojava prilikom nastanka incidentne situacije.

Na osnovu velikog broja incidentnih situacija definisano je stablo događaja za naftu i naftne derivate (slika 2) (Milovanović, 2012).



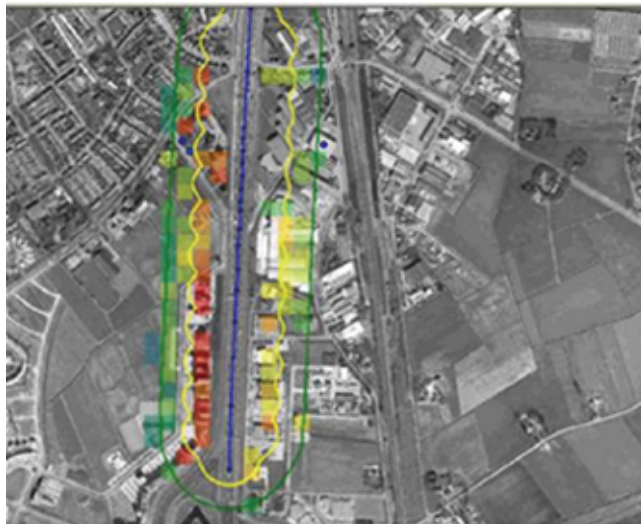
Slika 2 – Stablo događaja za naftu i naftne derivate  
Figure 2 – Event tree for oil and petroleum products

Kao što se sa slike može videti, prilikom nastanka incidentne situacije sa opasnim teretom klase 3 – benzin, verovatnoća isticanja ovog opasnog tereta iz transportnog suda iznosi 0,5, odnosno verovatnoća da dođe do pojave požara iznosi 0,2. To praktično znači da će u svakoj desetoj incidentnoj situaciji u kojoj učestvuje cisterna koja vrši transport benzina doći do požara.

U ostalim slučajevima, u 90% slučajeva pri incidentnoj situaciji neće doći do požara, ali će u 40% incidentnih situacija doći do isticanja opasnog tereta iz transportnog suda, što za posledice može imati zagađenje zemljišta i vodotokova ili vodovodne i kanalizacione mreže ukoliko opasan teret prodre do ovih instalacija.

Za ostale opasne terete klase 3 – dizel goriva, usvojeno je isto stablo događaja, jer imaju isti klasifikacioni kod kao i benzin – F1, odnosno istu vrstu opasnosti od požara (Milovanović, 2012).

Poslednja karakteristika izabrane vrste opasnog tereta koja je od izuzetne značajnosti jeste veličina uticajne zone. Može se zaključiti da određene vrste opasnog tereta, kada dođe do nastanka incidentne situacije, mogu izazvati različite efekte. Veoma važna osobina opasnog tereta, pored njenih vrsta i stepena opasnosti, jeste zona uticaja opasnog tereta, koja predstavlja radijus od mesta, odnosno izvora do krajnje granice negativnog uticaja opasnog tereta uzrokovanog isticanjem iz tovarnog prostora, odnosno transportnog suda.



Slika 3 – Zona uticaja opasnog tereta  
Figure 3 – Zone of influence of dangerous goods

Faktori koji utiču na širinu uticajne zone delovanja opasnog tereta su (Jovanović i ostali, 2010):

- vrsta opasnog tereta,
- količina opasnog tereta,
- vremenski uslovi i
- karakteristike terena.

Imajući u vidu da se u radu vrši izbor trase za prevoz nafte i naftnih derivata, kao i činjenicu da takve vrste opasnog tereta spadaju u kategoriju zapaljivih tečnosti, može se zaključiti da veličina zone uticaja za naftu i naftne derivate iznosi 800 metara (Transport Canada Safety and Security, 2005).

### *Utvrđivanje količina opasnog tereta*

Da bi se stekao detaljan uvid u karakteristike tokova nafte i naftnih derivata za potrebe jedinica Vojske Srbije u garnizonu Beograd, potrebno je izvršiti identifikovanje mesta gde se opasan teret skladišti, proizvodi i sl., odnosno identifikovanje fiksnih izvora opasnog tereta. Kada se utvrde ukupne količine u zavisnosti od njihove vrste, neophodno je istražiti kojim sve vidovima transporta se vrši transport opasnog tereta od tih mesta do ciljnih odredišta.

Snabdevanje stanica pogonskog goriva naftom i naftnim derivatima za potrebe jedinica Vojske u garnizonu Beograd u 2012. godini realizovano je na dva načina:

- auto-cisternama za gorivo direktno od strane JP „NIS“ – 53% od ukupne količine transportovanog tereta i

– auto-cisternama za gorivo Vojske kojima se vrši transport nafte i naftnih derivata iz vojnog skladišta u selu Knić – 47% ukupne količine prevezene nafte i naftnih derivata.

Imajući u vidu da Vojska nema uticaja na izbor trase za kretanje autocisterni kojima se vrši transport nafte i naftnih derivata iz skladišta JP „NIS“, u ovom radu vršiće se izbor trase za kretanje auto-cisterni Vojske kojima se vrši prevoz nafte i naftnih derivata iz skladišta Knić, koje ujedno predstavlja i fiksni izvor opasnog tereta, odnosno izvorno mesto na kojem se vrši utovar.

Jedinice Vojske u garnizonu Beograd razmeštene su i grupisane na nekoliko lokacija, dok je popuna motornih vozila i drugih potrošača goriva za sve ustanove i jedinice centralizovana i organizovana na stanicama pogonskog goriva koje se nalaze u kasarni „Vasa Čarapić“ i kasarni „Topčider“.

Prvi korak prilikom definisanja transportnih zahteva Vojske na teritoriji grada Beograda jeste određivanje ukupne količine nafte i naftnih derivata koje se transportuju za potrebe jedinica Vojske koje su razmeštene u garnizonu Beograd.

Na teritoriji garnizona Beograd u toku 2012. godine za potrebe Vojske transportovano je ukupno preko 50.000 litara nafte i naftnih derivata, pri čemu je bitno istaći da su navedene količine isključivo transportovane drumskim transportnim sredstvima, jer u navedenim objektima Vojske u kojima se nalaze pumpne stanice nema infrastrukture koja bi omogućila snabdevanje naftnom i naftnim derivatima drugim vidovima transporta.

### *Utvrdjivanje izvornih i ciljnih mesta i formiranje matrice izvorno-ciljnih kretanja vozila*

Nakon definisanja raspodele transportnih zahteva u vremenu, neophodno je definisati i karakteristike transportnih zahteva u prostoru. Prvo što je neophodno uraditi prilikom definisanja karakteristika tokova u prostoru jeste definisanje karakteristika izvorno-ciljnih kretanja.

Analizirajući moguće pravce kretanja od skladišta Knić do Beograda, može se zaključiti da se za kretanje vojnih vozila auto-cisterni, kojima se vrši transport nafte i naftnih derivata, mogu koristiti dva putna pravca:

- s.Knić–Batočina–Beograd (korišćenje dela auto-puta Beograd–Niš) i
- s.Knić–Mrčajevci–Ljig–Beograd (korišćenje dela Ibarske magistrale).

U skladu sa navedenim, primenom metodologije za izbor trasa za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta izvršiće se izbor trase i analiza rizika za izabranu trasu za kretanje vojnih vozila auto-cisterni kojima se vrši transport nafte i naftnih derivata iz skladišta Knić do kasarne „Topčider“ u Beogradu.



## *Opterećenje mreže saobraćajnica tokovima opasnog tereta*

Radi sagledavanja svih relevantnih faktora koji utiču na rizik prilikom transporta opasnog tereta, potrebno je sagledati i analizirati karakteristike područja opsluge, odnosno sagledati postojeću mrežu saobraćajnica, ukupan broj stanovnika, raspodelu broja stanovnika po opštinama, strukturu stanovništva prema polu, godinama starosti, stepenu aktivnosti, visini zarada i dr.

Na osnovu podataka o starosnoj strukturi (Republički zavod za statistiku Srbije, 2010) može se zaključiti da je na području opštine Knić visok stepen odgovora stanovništva na incidentnu situaciju, jer je veliki procenat radno sposobnog stanovništva (preko 60%).

Na osnovu podataka o starosnoj strukturi (Republički zavod za statistiku Srbije, 2010) može se zaključiti da je na području opštine Gornji Milanovac visok stepen odgovora stanovništva na incidentnu situaciju, jer je veliki procenat radno sposobnog stanovništva (preko 65%).

Na osnovu podataka o starosnoj strukturi (Republički zavod za statistiku Srbije, 2010) može se zaključiti da je na području opštine Ljig veoma visok stepen odgovora stanovništva na incidentnu situaciju, jer veliki procenat čine radnosposobni stanovnici (oko 70%).

Na osnovu kriterijuma da minimalna širina saobraćajnice za transport opasnog tereta iznosi 5 m, može se zaključiti da 68,12%, odnosno 587,9 kilometara od ukupne dužine mreže saobraćajnica predstavlja potencijalne saobraćajnice za transport opasnog tereta.

Opštine Vračar, Stari grad i Novi Beograd, kao najgušće naseljene opštine, mogu predstavljati ograničenje za izbor potencijalnih trasa za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta sa aspekta upravljanja rizikom, jer bi posledice bile veoma velike ukoliko bi se incidentna situacija dogodila u okviru bilo koje od njih.

Pored navedenih gradova i opština, potrebno je analizirati i karakteristike drugih manjih naselja kroz koje prolazi trasa za transport nafte i naftnih derivata, a koji mogu znatno uticati na bezbednost izvršenja prevoženja, odnosno na stepen rizika nastanka incidentne situacije.

## *Utvrđivanje ograničenja*

Ograničenja koja se javljaju prilikom izbora trase za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta ogledaju se u raznim vrstama ograničenja definisanim u okviru zakonske regulative, fizičkim vrstama ograničenja i ograničenjima koja se odnose na osetljive oblasti prirode (tzv. „ekološke zone”).

Najbitnija oblast na području prostiranja trase za kretanje vozila za transport nafte i naftnih derivata iz s. Knić do kasarne „Topčider” jeste Gružansko jezero.

Takođe, treba analizirati i položaj i uticaj tzv. „ekoloških zona” na teritoriji grada Beograda. One predstavljaju površine pod zaštitom države ili one koje su od velikog značaja za stanovništvo.

Prilikom izbora trasa za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta treba voditi računa da definisane trase sa svojim zonama uticaja ne dodiruju ili ne presecaju zone uže sanitarne zaštite, jer se izlivanjem opasnog tereta može ugroziti zdravlje građana.

Kada se posmatraju ograničenja u pogledu zakonske regulative, u Gradu Beogradu doneto je Rešenje o režimu saobraćaja teretnih i zaprežnih vozila kroz Beograd, kojim je regulisano da se na teritoriji gradskih opština: Voždovac, Vračar, Zvezdara, Zemun, Novi Beograd, Palilula, Rakovica, Savski venac, Stari grad i Čukarica teretna motorna vozila koja nisu u tranzitu, a čija najveća dozvoljena masa prelazi 3,5 t, mogu kretati, zaustaviti i parkirati mimo utvrđenog režima saobraćaja na osnovu dozvole koju izdaje Sekretarijat za saobraćaj pod uslovima definisanim ovim rešenjem.

### *Definisanje alternativa za analizu i kriterijuma za izbor trasa*

Na osnovu sprovedene identifikacije opasnosti i analize posledica, kroz izbor robe i njenih karakteristika opasnosti, utvrđivanja karakteristika transportnih zahteva i ograničenja, neophodno je izvršiti izbor trase za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta.

Prilikom izbora trase za kretanje vojnih vozila koja vrše transport nafte i naftnih derivata, izabrane trase treba da:

- ispunjavaju sve ciljeve koje definišu vlasti sa gledišta nadležnosti,
- budu u saglasnosti sa postojećim modelima za izbor trasa za opasan teret koje dozvoljavaju pristup do terminala i do drugih objekata (fabrika, i sl.),
- budu bez ikakvih očiglednih fizičkih i zakonskih ograničenja koje mogu ozbiljno dovesti u pitanje njihovu primenu ili čak dovesti do zabrane njihove primene i
- imaju konstantnu trasu (bez prekida) i koje mogu da se povežu sa putevima drugih regija.

Za transport nafte i naftnih derivata do stanice pogonskog goriva u kasarni „Topčider” najčešće se koristi putni pravac s.Knić–Mrčajevci–Ljig– Beograd (preko 75%). Navedeni putni pravac zadovoljava kriterijum da minimalna širina saobraćajnice za transport opasnog tereta iznosi 5 m, predstavlja jedan od značajnih koridora u Republici Srbiji koji se koristi za teretni saobraćaj i nema fizičkih i zakonskih ograničenja koja mogu dovesti do zabrane korišćenja.

Pored navedenog, jedan od kriterijuma za izbor trase predstavlja i podatak da trasa s.Knić–Mrčajevci–Ljig–Beograd u odnosu na trasu s.Knić–Batočina–Beograd (auto-put Beograd–Niš) predstavlja kraću deonicu, kao i činjenica da trasa s.Knić–Batočina–Beograd (auto-put Beograd–Niš) prolazi kroz grad Kragujevac, kao gusto naseljeno područje.

U skladu sa datim činjenicama i definisanim kriterijumima za izbor trase za transport opasnog tereta, primenom metodologije za izbor trasa za kretanje vozila koja vrše transport opasnog tereta, izvršena je analiza rizika za trasu za kretanje vojnih auto-cisterni kojima se vrši transport nafte i naftnih derivata do kasarne „Topčider”: s.Knić–Mrčajevci–Ljig–Beograd– kasarna „Topčider”.

Izbor trase nije završen, jer je neophodno da se ispita sa aspekta dozvoljene veličine rizika, odnosno sprovedene analize procene rizika za svaku deonicu u okviru trase posebno.

Radi procene rizika za navedenu trasu ona se deli na određeni broj posebnih deonica: Knić–Mrčajevci–Preljina–Gornji Milanovac–Nevade– Bućin Brod–Ugrinovci–Dići–Gukoši–Ljig–Poljanče–Dudovica–Županjac– Čelije–Lazarevac–Stepojevac–Vranić–Velika Moštanica–Lipovičke šume–Rušanj–Kružni put Kijevo – ul. Oslobođilaca – ul. Patrijarha Dimitrija – ul. Patrijarha Pavla.

Nakon izbora potencijalne trase za kretanje vozila koja vrše transport nafte i naftnih derivata i definisanja deonica u okviru nje, neophodno je sprovesti proces procene rizika za svaku deonicu posebno.

### *Definisanje parametara za analizu*

Dve osnovne komponente koje definišu rizik, tokom analize rizika, jesu: verovatnoća nastanka incidentne situacije i veličina posledica ili negativan uticaj po elemente izložene riziku od incidentne situacije. Određeni parametri utiču na verovatnoću nastanka incidentne situacije, dok druga grupa parametara definiše veličinu posledica od nastanka incidentne situacije (Milovanović, 2012).

Prva grupa parametara jesu oni koji utiču na verovatnoću nastanka incidentne situacije:

- kategorija saobraćajnice,
- geometrijske karakteristike saobraćajnice,
- kontrola pristupa,
- postojanje pružnih prelaza,
- stanje kolovoza,
- veličina saobraćajnog toka,
- učešće teretnih vozila u saobraćajnom toku,
- zagušenja u saobraćaju (odnos brzine saobraćajnog toka i kapaciteta saobraćajnice),
- saobraćajne nezgode.

Druga grupa parametara jesu oni koji utiču na veličinu posledica od incidentne situacije:

- gustina naseljenosti stanovništva,
- namena zemljišta,
- odgovor stanovništva na incidentnu situaciju,
- uticaj na životnu sredinu,
- drenažni sistem saobraćajnica,
- vreme reakcije službi za spasavanje (hitna pomoć, vatrogasci i policija),
- ograničenje brzine,
- klimatski uticaji (vremenski uslovi).

### ***Definisanje stepena uticaja i težinskih koeficijenata parametara***

Radi stvaranja uslova da rezultati analize procene rizika budu što približniji realnom stanju, neophodno je utvrditi težinske faktore za svaki parametar posebno. Tokom procene rizika korišćeni su težinski faktori koji su dobijeni anketom eksperata.

Za svaki ponuđeni parametar eksperti su zaokruživanjem jednog od ponuđenih pet odgovora dodeljivali stepen značajnosti svakom parametru posebno (od zanemarljivog do veoma značajnog). Eksperti su podeljeni u tri grupe kompetentnosti, pri čemu su pojedinačni stavovi jedne grupe eksperata množeni „ponderom kompetentnosti” po metodologiji koja je uobičajena kod takve vrste istraživanja (Milovanović, 2012). Stavovi i mišljenja eksperata zatim su na odgovarajući način obrađeni i prikazani.

Parametri koji utiču na verovatnoću nastanka incidentne situacije sa težinskim koeficijentima prikazani su u tabeli 1 (Milovanović, 2012).

*Tabela 1 – Parametri koji utiču na verovatnoću nastanka incidentne situacije i njihovi težinski koeficijenti*

*Table 1 – The parameters that affect the probability of occurrence of incidents and their weights*

Parametar	Kategorija saobraćajnice	Geometrijske karakteristike saobraćajnice	Kontrola pristupa	Postojanje pružnih prelaza	Stanje kolovoza	Veličina saobraćajnog toka	Učešće teretnih vozila u saobraćajnom toku	Zagušenja u saobraćaju (odnos V/C)	Saobraćajne nezgode
Težinski koeficijent	1,090	1,027	0,884	0,900	0,926	1,102	0,951	0,989	1,128

Parametri koji utiču na veličinu posledica incidentne situacije sa težinskim koeficijentima prikazani su u tabeli 2 (Milovanović, 2012).

*Tabela 2 – Parametri koji utiču na veličinu posledica incidentne situacije i njihovi težinski koeficijenti*

*Table 2 – The parameters that affect the extent of the consequences of incidents and their weights*

Parametar	Gustina naseljenosti stanovništva	Namena zemljišta	Odgovor stanovnika na incidentnu situaciju	Uticaj na životnu sredinu	Drenažni sistem saobraćajnica	Vreme reakcije službi za spašavanje	Ograničenje brzine	Klimatski uticaji
Težinski koeficijent	1,284	1,032	1,164	1,171	0,548	1,051	0,733	1,013

Radi provere potencijalne trase za transport nafte i naftnih derivata, odnosno svake deonice posebno, neophodno je utvrditi vrednost svakog od parametra koji utiče na veličinu rizika. Kako bi se to ostvarilo neophodno je posedovati veliku bazu podataka o svakom parametru posebno i proračunati njihove vrednosti u okviru zone uticaja opasnog tereta za svaku deonicu posebno.

U okviru modela za proračun rizika, korišćeni su realni podaci iz dostupnih baza JP „Putevi Srbije” (JP „Putevi Srbije”, 2011), navedenih gradova i opština, kao i podaci iz baze podataka Istraživanja karakteristika saobraćaja na jedinstvenoj uličnoj mreži grada Beograda za 2006. godinu (Vukanović i ostali, 2007).

### *Primena modela za određivanje trasa na osnovu definisanih parametara i ograničenja*

Za svaki parametar, na osnovu prikupljenih podataka o deonici, određuje se nivo rizika na skali od 0 do 100 (zanemarljiv – vrednost 5, nizak – vrednost 20, umeren – vrednost 50, visok – vrednost 80, veoma visok – vrednost 95) čime se vrši kvantifikacija rizika (Milovanović, 2012). Usvojen nivo rizika množi se sa težinskim koeficijentom i dobija se vrednost parametra. Veličina verovatnoće nastanka incidentne situacije dobija se kao aritmetička sredina vrednosti parametara (tabela 3).

Tabela 3 – Vrednosti parametara koji utiču na verovatnoću nastanka incidentne situacije za deonicu kroz Stepovevac

Table 3 – The values of the parameters affecting the probability of occurrence of incidents for the section through Stepovevac

Kriterijum	Kategorija saobraćajnice	Geometrijske karakteristike saobraćajnice	Kontrola pristupa	Postojanje pružnih prelaza	Stanje kolovoza	Veličina saobraćajnog toka	Učešće teretnih vozila u saobraćajnom toku	Zagašenja u saobraćaju (odnos V/C)	Saobraćajne nezgode
Vrednost nivoa rizika	zanemarljiv vrednost – 5	zanemarljiv vrednost – 5	zanemarljiv vrednost – 5	-	zanemarljiv vrednost – 5	nizak vrednost – 20	visok vrednost – 80	umeren vrednost – 50	nizak vrednost – 20
Težinski koeficijent	1,090	1,027	0,884	0,900	0,926	1,102	0,951	0,989	1,128
Vrednost parametra	5,45	5,14	4,42	0,00	4,63	22,04	76,08	49,45	22,56
Vrednost verovatnoće nastanka incidentne situacije								<b>23,72</b>	

Po istoj metodologiji vrši se proračun vrednosti veličine eventualnih posledica (tabela 4).

Tabela 4 – Vrednosti parametara koji utiču na veličinu posledica incidentne situacije za deonicu kroz Stepovevac

Table 4 – The values of the parameters affecting the extent of the consequences of incidents for the section through Stepovevac

Kriterijum	Gustina naseljenosti stanovništva	Namena zemljišta	Odgovor stanovnika na incidentnu situaciju	Uticaj na životnu sredinu	Drenažni sistem saobraćajnica	Vreme reakcije službi za spašavanje	Ograničenje brzine	Klimatski uticaji
Vrednost nivoa rizika	zanemarljiv vrednost – 5	veoma visok vrednost – 95	zanemarljiv vrednost – 5	nizak vrednost – 20	zanemarljiv vrednost – 5	veoma visok vrednost – 95	nizak vrednost – 20	-
Težinski koeficijent	1,284	1,032	1,164	1,171	0,548	1,051	0,733	1,013
Vrednost parametra	6,42	98,04	5,82	23,42	2,74	99,85	14,66	0,00
Vrednost veličine posledica incidentne situacije							<b>35,85</b>	

Na osnovu proračunatih vrednosti parametara i veličine rizika dobijene primenom kvantitativne metode za proračun rizika na bazi apsolutnog rizika (Milovanović, 2012), naredni korak jeste donošenje odluke da li je određena deonica na osnovu veličine rizika prihvatljiva za transport opasnog tereta ili ne. Ta odluka donosi se na osnovu poređenja vrednosti veličine rizika za tu deonicu (kombinacija vrednosti veličine verovatnoće i veličine posledica) sa veličinom dozvoljenog rizika.

Poređenje vrednosti veličine rizika za tu deonicu sa veličinom dozvoljenog rizika sprovodi se pomoću matrice rizika, gde se na osnovu vrednosti verovatnoće i vrednosti veličine eventualnih posledica vrši poređenje sa dozvoljenim nivoom rizika.

U tabeli 3. prikazane su veličine verovatnoće nastanka incidentne situacije i veličine posledica za svaku od deonica i odluka da li je ta deonica prihvatljiva da se na njoj odvija transport opasnog tereta ili ne.

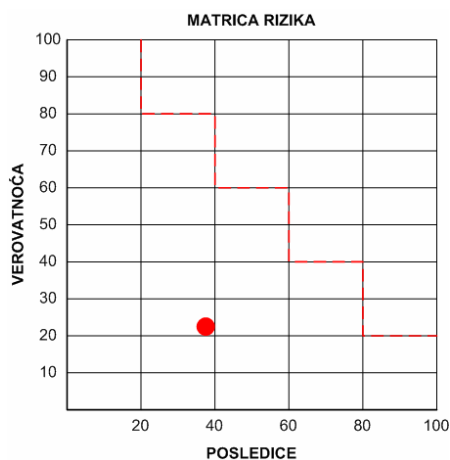
*Tabela 5 – Veličina rizika za svaku od deonica potencijalne trase za transport nafte i naftnih derivata*

*Table 5 – Degree of risk for each of potential route sections for the transport of oil and petroleum products*

Šifra	Saobraćajnica	Verovatnoća	Posledice	Prihvatljiv
1.	Knić–Mrčajevci	14,19	36,67	Da
2.	Mrčajevci	15,06	38,36	Da
3.	Mrčajevci–Preljina	16,74	27,95	Da
4.	Preljina	19,96	33,91	Da
5.	Preljina–Gornji Milanovac	20,31	30,72	Da
6.	Gornji Milanovac	20,16	32,09	Da
7.	Gornji Milanovac–Nevade	17,54	28,50	Da
8.	Nevade – Bućin Grob	17,55	28,88	Da
9.	Bućin Grob – Ugrinovci	19,22	28,88	Da
10.	Ugrinovci–Dići	19,27	31,37	Da
11.	Dići–Gukoši	19,33	28,88	Da
12.	Gukoš –Ljig	17,87	34,14	Da
13.	Ljig	16,82	32,12	Da
14.	Ljig–Poljanče	17,42	25,98	Da
15.	Poljanče–Dudovica	18,33	28,88	Da
16.	Dudovica–Županjac	18,01	28,88	Da
17.	Županjac–Čelije	17,50	28,88	Da
18.	Čelije – skretanje za Lazarevac	20,51	27,95	Da
19.	Lazarevac–Stepojevac	20,18	28,88	Da
20.	Stepojevac	23,72	35,85	Da
21.	Stepojevac–Vranić	21,65	30,44	Da

Šifra	Saobraćajnica	Verovatnoća	Posledice	Prihvatljiv
22.	Vranić–Vranić (Barajevo)	21,36	27,95	Da
23.	Vranić (Barajevo)–Velika Moštanica	20,19	27,95	Da
24.	Velika Moštanica–skretanje za Barajevo	19,95	27,95	Da
25.	Skretanje za Barajevo–Lipovačke šume	19,03	25,74	Da
26.	Lipovačka šuma–Rušanj	20,64	25,74	Da
27.	Rušanj–Kružni put Kijevo	19,06	27,95	Da
28.	Kružni put Kijevo	21,64	27,95	Da
29.	Oslobodilaca Rakovice	14,55	33,79	Da
30.	Patrijarha Dimitrija	14,34	26,87	Da
31.	Bulevar Patrijarha Pavla	14,09	29,36	Da

U zavisnosti od veličine verovatnoće nastanka i posledica od incidentne situacije izvršena je procena rizika tako što su za svaku deonicu formirane matrice rizika i izvršena upoređivanja vrednosti rizika sa dozvoljenom vrednošću. Na osnovu prikazanih podataka može se zaključiti da je svaka od potencijalne 31 deonice, odnosno izabrana trasa, prihvatljiva za transport nafte i naftnih derivata iz skladišta Knić do kasarne „Topčider” u Beogradu.



*Slika 4 – Matrica rizika za deonicu kroz Stepoejvac*  
*Figure 4 – Risk matrix for the section through Stepoejvac*

Od svih posmatranih potencijalnih deonica u okviru trase za transport nafte i naftnih derivata do kasarne „Topčider” u Beogradu, najveća verovatnoća nastanka incidentne situacije je u mestu Stepoejvac, dok je najveća veličina posledica u mestima Stepoejvac i Mrčajevci.

Kako su deonice na trasi sa aspekta veličina verovatnoće nastanka i posledica incidentne situacije prihvatljive, nema razloga za revidiranjem trase.



## Zaključak

Obezbeđenje bezbednog transporta opasnog tereta predstavlja odgovoran i važan zadatak. Štete koje mogu nastati pri transportu opasnog tereta mogu biti ogromne, tako da je potrebno da svi učesnici transportnog procesa imaju maksimalnu odgovornost. Potpuna zaštita od opasnih tereta ne postoji. To bi bilo moguće jedino u situaciji kada se one ne bi proizvodile, koristile i transportovale. To nas upućuje na zaključak da rizik od štetnog dejstva opasnih tereta po zdravlje živih bića i očuvanje prirodnih resursa i materijalnih dobara treba smanjiti na najmanju moguću meru primenom odgovarajućih mera i postupaka.

Radi toga, nadležni organi u Vojsci Srbije, prilikom planiranja i realizacije transportnih procesa opasnih tereta za potrebe Vojske Srbije, treba da razmotre sve faktore koji mogu uticati na rizik od incidentne situacije, kao i eventualne posledice, kako po ljudstvo i tehniku Vojske Srbije, tako i po okolinu.

Jedan od postupaka pri planiranju transporta opasnih tereta za potrebe Vojske, kao što je transport nafte i naftnih derivata za potrebe jedinica Vojske u garnizonu Beograd, jeste da se prilikom izbora trase za realizaciju transportnih zadatka izvrši njena procena sa aspekta rizika od nastanka incidentne situacije.

### Literatura

Vukanović, S., Jović, J., Stanić, B., & Čelar, N. 2007. *Istraživanje karakteristika saobraćaja na jedinstvenoj uličnoj mreži grada Beograda za 2006. godinu*. Beograd: Institut saobraćajnog fakulteta.

Jovanović, B., Milovanović, B., & Mladenović, D. 2010. *Transport opasne robe u drumskom saobraćaju*. Beograd: Saobraćajni fakultet.

Milovanović, B. 2012. *Prilog razvoju metodologije za izbor trasa za kretanje vozila koja transportuju opasnu robu sa aspekta upravljanja rizikom*. Beograd: Saobraćajni fakultet.

JP „Putevi Srbije“. 2011. *Prosečan godišnji dnevni saobraćaj – PGDS*, .  
Republički zavod za statistiku Srbije. 2010. *Statistički godišnjak Republike Srbije*.

Službeni glasnik RS 2010. Zakon o transportu opasnog tereta. *Službeni glasnik RS*, 88.

*Transport Canada Safety and Security, Emergency Response Guidebook* 2005. Montreal, Canada.

United Nations. 2011. *European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road – ADR*.

## METHODOLOGY FOR CHOOSING A ROUTE FOR TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS - CASE STUDY

FIELD: Logistics, Movement and Transportation  
ARTICLE TYPE: Professional Paper

### Summary:

*In the Serbian Armed Forces, oil and petroleum products are transported primarily for military units and institutions. The route for the movement of vehicles is selected during the transportation planning process. This paper describes a methodology for the selection of a route for the transport of dangerous goods and its application on one particular case in the Serbian Armed Forces.*

### Introduction

*The existence of high risk or the possibility of hazards that can occur when transporting dangerous goods requires the maximum responsibility of all participants in the transportation process.*

*The Serbian Armed Forces in their regular activities implement a number of tasks of transport of dangerous goods within the territory of the Republic of Serbia. Despite the fact that the Serbian Armed Forces, during the course of their duties, are exempted from the application of the provisions of the law governing the transport of dangerous goods in the Republic of Serbia, it is necessary to consider the risks that arise during the implementation of the transport of dangerous goods.*

The methodology for the selection of a route for the transport of dangerous goods

*The transport of dangerous goods is a type of transport linked with major risks and potentially most serious harm to humans and the environment. For this purpose, it is necessary to take certain measures to reduce the level of risk by implementing a set of procedures and gathering information on the characteristics of dangerous goods, the number of incidents in the past, the extent of the impact on the population and the environment as well as on the capacity of the relevant services in case of incidents.*

*The determination of the hazards of dangerous goods being transported is a very important step because if the types and degrees of risk of dangerous goods as well as the zone of influence of cargo are not defined properly, it is not possible to estimate the level of risk.*

*After identifying the type of hazardous cargo that is transported, it is necessary to determine the total amount to be transported to the required area for which a route for the transport of dangerous goods is selected.*

*In its third step, the methodology defines the movement of dangerous goods between each fixed source of dangerous goods and its target destination on the basis of which, in the fourth step, the routes are loaded with an ideal flow of traffic of dangerous goods and subsequently the dangerous load-carrying capacity of the route is determined.*

*In the fifth step, which represents the final step in the hazard identification and the analysis of consequences, the limitations (physical limitations, ecological zones, limitations regarding legal regulations, etc.) that may affect the choice of a route are defined.*

The selection of a route for the transport of oil and petroleum products for the needs of the Army of Serbia

*The methodology for the selection of routes for the movement of vehicles carrying dangerous goods can be applied in the selection of routes for the transport of oil and petroleum products from the warehouse of the Serbian Army in Knić to the garrison of Belgrade.*

Characteristics of oil and petroleum products as hazardous cargo

*Oil and petroleum products (gasoline, diesel, etc.) belong to class 3 of dangerous goods - flammable liquids. The characteristics that define each type of dangerous goods, in addition to its physical and chemical properties, are also the characteristics of the hazard, i.e. the type and degree of risk.*

*Another characteristic of risk for each hazardous cargo is the degree of hazard. The degree of hazard is defined by the so-called "Packaging groups".*

*The last feature of the selected types of dangerous goods which is of great significance is the size of the zone of influence. It can be concluded that, after an incident has occurred, certain types of hazardous cargo can cause a variety of effects. A very important feature of dangerous goods, in addition to its type and degree of hazard, is the zone of its influence, i.e. the radius from the source to the limit of the negative impact of hazardous cargo caused by leakage from the cargo, i.e. transport vessel.*

Characteristics of the transport of oil and petroleum products for Army units in the Belgrade garrison

*For a detailed insight into the characteristics of the transport of oil and petroleum products for the needs of the Serbian Army garrison in Belgrade, it is necessary to identify the locations where dangerous goods are stored, produced, etc, or, in other words, to identify fixed sources of dangerous goods. When total amounts are determined, depending on their types, it is necessary to establish all modes of transportation of dangerous goods from these sources to target destinations.*

*The first step in defining the transport demands of the Army in the city of Belgrade is the determination of the total amount of oil and petroleum products transported for the needs of army units deployed in the garrison of Belgrade.*

*After defining the distribution of transport demands in time, it is also necessary to define the characteristics of transport demands in the area., The characteristics of the source -target destination movement are first to be defined.*

*Accordingly, the methodology for the selection of routes for the movement of vehicles carrying dangerous goods will be applied for choosing a route and analysing the risk for the selected route for the movement of military tank trucks that transport oil and petroleum products from the storage in Knić to the "Topčider" barracks in Belgrade.*

#### Risk assessment by sections within the selected route

*The two main components that define the risk in the risk analysis are: likelihood of incidents and extent of their impact or a negative impact on the elements exposed to the risk of incidents. Certain parameters affect the probability of occurrence of incidents, while the second group of parameters defines the extent of the consequences of the occurrence of the incident.*

*In order to test a potential route for the transport of oil and petroleum products, and each section separately, it is necessary to determine the value of each of the parameters affecting the level of risk. In order to achieve this, it is necessary to have a large database of each parameter separately and calculate their values within the zone of influence of dangerous goods for each section separately.*

*Comparing the degree of risk of that section with the degree of the allowed risk is carried out by using a risk matrix where the comparison with the acceptable levels of risk is performed based on the probabilities and values of the risk level of potential consequences.*

#### Conclusion

*One of the procedures in planning the transport of hazardous cargo (such as the transport of oil and petroleum products for the units of the Army garrison in Belgrade) for the Army, is to assess the route in terms of risk occurrence of the incident prior to choosing it for the realization of the transport task.*

*Keywords: transportation; planning; methodology; dangerous goods.*

Datum prijema članka/Paper received on: 22. 11. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 16. 12. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 18. 12. 2013.