



UNIVERZITET U BEOGRADU  
TEHNIČKI FAKULTET U BORU



Ivana Z. Ilić

**PRIMENA GIS-a U KONTROLNOJ  
STRATEGIJI MONITORINGA UKUPNE  
EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA U  
DRUMSKOM SAOBRAĆAJU**

doktorska disertacija

Bor, 2014



UNIVERSITY IN BELGRADE  
TECHNICAL FACULTY IN BOR



Ivana Z. Ilić

**THE APPLICATION OF GIS IN CONTROL  
STRATEGY OF MONITORING  
POLLUTANTS TOTAL EMISSION IN  
ROAD TRANSPORT**

Doctoral Dissertation

Bor, 2014

Komisija za pregled i odbranu:

Mentor: dr Milovan Vuković, vanredni profesor,  
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

Članovi komisije: dr Đorđe Nikolić, docent,  
Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

dr Vojkan Jovanović, redovni profesor,  
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet u Beogradu

Datum odbrane: \_\_\_\_\_ 2014. godine

*Posebnu i neizmernu zahvalnost na sveobuhvatnoj stručnoj podršci, od prve do poslednje stranice ove doktorske disertacije, kao i na razumevanju i dobronamernim sugestijama dugujem svom mentoru dr Milovanu Vukoviću, vanrednom profesoru, kao i ostalim profesorima sa Tehničkog fakulteta u Boru, na korisnim savetima pri izradi ove doktorske teze.*

*Takođe, zahvalnost dugujem i svojoj porodici, naročito svojoj ćerki i roditeljima, na bezgraničnoj ljubavi, strpljenju i podršci koju su mi nesebično pružali tokom rada na disertaciji.*

*Ivana Ilić*

## **Primena GIS-a u kontrolnoj strategiji monitoringa ukupne emisije zagađujućih materija u drumskom saobraćaju**

### **Rezime**

Ljudi su najveći zagađivači životne sredine, a problemi koji se javljaju zbog zagađenja životne sredine najčešće su povezani sa zagađenjem vazduha. Najčešći i najrasprostranjeniji zagađivači vazduha su vozila u drumskom saobraćaju. Cilj ove doktorske disertacije je razvoj sistema za podršku odlučivanju, koji mogu koristiti nadležni organi za smanjenje zagađenja vazduha koje potiče iz drumskog saobraćaja. Suština ovog sistema sastoji se od matematičkih podmodela zasnovanih na metodologiji kompjuterskog programa za proračun emisije koja potiče iz drumskog saobraćaja (COPERT IV) i CALINE 3 – disperzionog modela za predviđanje nivoa zagađenosti vazduha u blizini autoputeva i ključnih saobraćajnica, u cilju simulacije modela emisije i disperzije zagađivača vazduha u blizini autoputa Beograd – Niš. Ovi podmodeli integrisani su u Geografski informacioni sistem (GIS), koji je korišćen za selektovanje kritičnih oblasti, u kojima su nivoi zagađenosti vazduha bili iznad dozvoljenih granica.

U ovoj doktorskoj disertaciji korišćeni su podaci iz pravilnika o podeli motornih i priključnih vozila i tehničkim uslovima za vozila u saobraćaju na putevima, zatim podaci iz elektronske publikacije "Brojanje saobraćaja na putevima Republike Srbije u 2009. godini", koju je izdalo JP „Putevi Srbije”, podaci iz izveštaja Republičkog zavoda za statistiku i podaci iz izveštaja Republičkog Hidrometeorološkog zavoda. Pored toga, korišćeni su i grafički podaci, mapa Republike Srbije – magistralna i regionalna putna mreža i topografska mapa autoputa Beograd – Niš. Ulazni podaci emisionog modela bili su: tok saobraćaja na deonicama autoputa Beograd – Niš, broj vozila prema tehnologiji, emisioni faktori i matematičke operacije COPERT IV metodologije, i podaci o potrošnji goriva. Podaci o vozilima predstavljeni su i u projektu Instituta Saobraćajnog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

Rezultati, dobijeni primenom softverskog alata AQRoads pokazali su simulaciju disperzije polutanata kroz dva scenarija. U prvom scenariju, u slučaju najlošijih vremenskih uslova, koncentracije čvrstih čestica (PM) i sumpor-dioksida (SO<sub>2</sub>) su na

većem broju gridova pokazale najveće vrednosti, nego u slučaju koncentracija ugljenmonoksida (CO) i natrijum-oksida (NO<sub>x</sub>), ali su koncentracije CO i NO<sub>x</sub> rasprostranjenije. Koncentracija svih zagađujućih materija najveća je u oblasti oko deonice Požarevac – V. Plana. U drugom scenariju, koncentracija sva četiri parametra veća je u letnjem u odnosu na prolećni vremenski period, pri zapadnom i severozapadnom pravcu vetra, a u jesenjem u odnosu na zimski period, pri istočnom i jugoistočnom pravcu vetra. Prema tome, može se zaključiti da meteorološki parametri i karakteristike saobraćajnih vozila imaju značajan uticaj na emisiju i disperziju zagađujućih materija.

Na teritoriji Republike Srbije do sada su sprovedena samo istraživanja koja daju podatke o emisiji zagađujućih materija. Novi model GIS-a, nastao integracijom rezultata emisije i simulacije distribucije, koristio bi se za brže i jednostavnije rešavanje ili ublažavanje problema zagađenosti vazduha bilo kog saobraćajnog područja. Pored toga, uz manje izmene ovaj model se može primeniti i u drugim oblastima istraživanja.

**Ključne reči:** saobraćaj, zagađujuće materije, COPERT IV metodologija, simulacija distribucije, GIS.

**Naučna oblast:** Inženjerski menadžment.

**UDK broj:** 007:528.9]:004 (043.3)

502.3:504.5:621.43.064 (043.3)

## **The application of GIS in control strategy of monitoring pollutants' total emission in road transport**

### **Summary**

Humans are the biggest pollutants of environment, and the problems caused by environmental pollution are mostly connected with air pollution. The most common and spread air pollutants are vehicles in road transport. The aim of this doctoral dissertation is to develop a decision support system, which can be used by authorities to reduce air pollution from road transport. The essence of this system consists of mathematical sub-models based on the computer program methodology for calculation of emissions from road transport (COPERT IV) and CALINE3 - A versatile dispersion model for predicting air pollution levels near highways and arterial streets, in order to simulate the models of air pollutant emission and dispersion in the area along the Belgrade – Niš highway. These sub-models were integrated in Geographic Information System (GIS), which was used for selecting critical areas, where air pollution levels were above limits.

The study of this doctoral dissertation was conducted using data from the regulation of classification of motor vehicles and technical conditions for the vehicles in road transport, data from the electronic publication "Counting motor vehicles on the roads of Republic of Serbia in 2009. ", published by the public enterprise "Roads of Serbia", data from the Report of Republic Service of statistics, and the Report of Republic Hydrometeorological Service. The map of Republic of Serbia – magistral and regional road network and topographical map of Belgrade – Niš highway were also used in this study. The inputs for the emission model were: traffic flow on sections of Belgrade - Niš highway, number of vehicles classified by technology, emission factors and mathematical operations of COPERT IV methodology, and fuel consumption. The data about vehicles are also presented in the project of the Institute of Faculty of Traffic and Transport Engineering, University of Belgrade.

The results conducted by the application of AQRoads software showed the simulation of pollutant dispersion in two scenarios. In the first scenario, in the worst weather conditions, the concentrations of particulate matter (PM) and sulphur oxides

(SO<sub>2</sub>) are the highest in more grids than in the case of other two pollutants, but the concentrations of carbon monoxide (CO) and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) are more widespread. Moreover, the overall pollutant concentration is the highest in the area of section Požarevac-V.Plana. In the second scenario, the concentration of all four parameters is higher in the summer than in spring season due to W and NW wind directions, and in autumn than in winter due to E and SE wind directions. It can be concluded that meteorological parameters and transportation characteristics have a significant influence on emission and dispersion of air pollutants.

Until now, on the territory of Republic of Serbia all the conducted researches have showed the results of pollutants emission. New GIS model can be used for faster and simpler solving or minimizing air pollution problems of any area of transport. Besides that, with minor changes, this model can be applied in other areas of research.

**Key words:** transport, air pollutants, COPERT IV methodology, simulation of distribution, GIS.

**Scientific area:** Engineering management.

**UDC number:** 007:528.9]:004 (043.3)

502.3:504.5:621.43.064 (043.3)



# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Koncept održivog saobraćaja .....	1
1.2. Uticaj saobraćaja na životnu sredinu .....	3
1.3. Pregled prethodnih istraživanja.....	10
1.4. Značaj i složenost predmeta istraživanja .....	11
1.5. Ciljevi istraživanja .....	12
1.6. Hipoteze istraživanja.....	12
<b>2. METODE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>15</b>
2.1. Prikupljanje podataka .....	15
2.2. COPERT IV metodologija .....	16
2.3. Metoda simulacije distribucije emitovanih zagađujućih materija .....	28
2.4. Analitičke metode i modeli GIS-a.....	32
<b>3. SAOBRAĆAJNI MODELI I KARAKTERISTIKE PUTNE MREŽE SRBIJE .....</b>	<b>41</b>
3.1. Opis saobraćajne putne mreže Srbije .....	43
<b>4. KARAKTERISTIKE AUTOPUTA BEOGRAD - NIŠ.....</b>	<b>46</b>
4.1. Opis deonica autoputa Beograd-Niš .....	47
4.2. Određivanje najprometnijih deonica na autoputu Beograd-Niš .....	50
<b>5. EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJNA NA AUTOPUTU BEOGRAD - NIŠ .....</b>	<b>54</b>
5.1. Određivanje ulaznih parametara za proračun emisije motornih vozila .....	54

5.2. Određivanje najzagađenijih deonica na autoputu Beograd-Niš .....	77
<b>6. SIMULACIJA DISTRIBUCIJE EMITOVANIH ZAGAĐUJUĆIH</b>	
<b>MATERIJA .....</b>	<b>115</b>
6.1. Definisane postupka simulacije distribucije zagađujućih materija .....	115
6.2. Formiranje modela distribucije emitovanih zagađujućih materija .....	117
<b>7. PRIMENA GIS-a U KONTROLNOJ STRATEGIJI MONITORINGA</b>	
<b>UKUPNE EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA U DRUMSKOM</b>	
<b>SAOBRAĆAJU .....</b>	<b>133</b>
7.1. Definisane GIS modela za potrebe monitoringa ukupne emisije zagađujućih materija .....	133
7.2. Rezultati primene GIS modela .....	141
7.3. Predlog mera za smanjenje zagađenosti vazduha na kritičnim gridovima....	174
<b>8. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>176</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>179</b>
<b>BIOGRAFIJA .....</b>	<b>185</b>

## 1. UVOD

Čovek je deo životne sredine i njen najveći zagađivač. On svojim aktivnostima oblikuje životnu sredinu prema svojim potrebama, utičući na njen kvalitet, pri čemu narušena životna sredina postaje ograničavajući faktor razvoja i blagostanja ljudi. Poslednjih decenija raste zabrinutost ljudi za kvalitet životne sredine, jer je njen kvalitet jedan od bitnih faktora rizika za nastanak različitih bolesti (Kampa i Castanas, 2008).

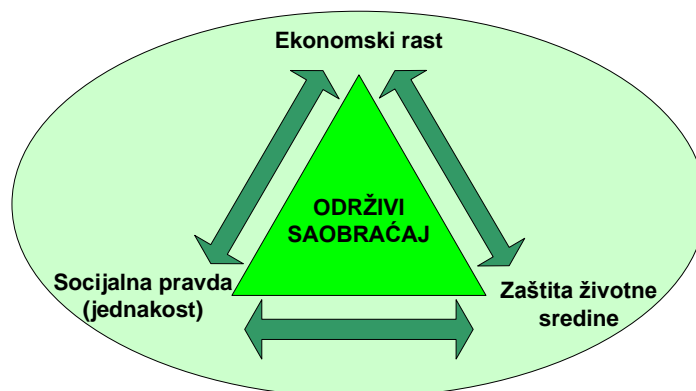
Problemi koji se javljaju zbog zagađenja životne sredine najčešće su povezani sa zagađenjem vazduha (Chak i Xiaohong, 2008). Pored statičnih postoje i mobilni izvori zagađenja vazduha. Najčešće se u kontekstu mobilnih izvora zagađenja misli na motorna vozila u drumskom saobraćaju. Emisija iz motornih vozila utiče na prostorno rasprostiranje izduvnih gasova, suspendovanih čestica i povećanu koncentraciju toksičnih materija u urbanim sredinama (Venkatram i drugi, 2007).

### 1.1. Koncept održivog saobraćaja

Koncept održivog saobraćaja (eng. *sustainable transport*) u početku je služio za definisanje strateških pravaca savremene evropske saobraćajne politike, koja je nastala usvajanjem tzv. „belog papira“, odnosno dokumenta o zajedničkoj saobraćajnoj politici zemalja Evropske unije (eng. *Common Transport Policy*). Prema definiciji Brundtlandove komisije (1987), održivi saobraćaj podrazumeva sposobnost saobraćajnog sistema da zadovolji današnje saobraćajne potrebe bez narušavanja mogućnosti za podmirenje istih potreba ljudi u budućnosti. Prva istraživanja u ovoj oblasti otpočela je „Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj“ (OECD) u okviru međunarodnog projekta „EST“ (eng. *Environmentaly Susainable Transport*) (OECD, 2002).

Na osnovu istraživanja u okviru projekta "EST" nastala je definicija po kojoj je „saobraćajni sistem održiv sa ekološkog stanovišta ukoliko ne ugrožava zdravlje ljudi i ekosisteme, te ukoliko konzistentno podmiruje potrebe za kretanjem po osnovu: (1) korišćenja obnovljivih resursa do nivoa njihove regeneracije i (2) korišćenja neobnovljivih resursa do nivoa mogućnosti razvoja obnovljivih, alternativnih resursa“ (OECD, 2002).

Razvoj koncepta održivog razvoja doveo je do razmatranja različitih aspekata saobraćaja. Tako na primer, može se govoriti o trodimenzionalnom kontekstu održivog saobraćaja, pri čemu je težnja na iznalaženju ravnoteže između ekonomske, ekološke i socijalne komponente, kao što je prikazano na slici 1.1.



**Slika 1.1.** Dimenzije održivog saobraćaja (Izvor: Vuković i Štrbac, 2011)

Na primer, ukoliko je smanjenje emisije zagađujućih materija uslovljeno visokim troškovima, ono se ne može smatrati optimalnim. Takođe, povećanje potrošnje prirodnih bogatstava za potrebe saobraćaja je ekonomski opravdano, jer razvoj saobraćaja ima pozitivan uticaj na ukupan privredni razvoj. Ali, ukoliko nivo potrošnje prirodnih bogatstava prevazilazi stepen njihove obnovljivosti, to ima negativan uticaj na životnu sredinu, a samim tim i na ljude. Istraživanje mogućnosti održivog saobraćaja je veoma značajno za urbana područja, naročito gradove. Preduslov privrednog razvoja ovih područja je kvalitetno organizovan saobraćajni sistem. Međutim, urbana područja se suočavaju sa brojnim izazovima kod planiranja uspostavljanja održivog saobraćaja pod kojim se podrazumeva i smanjenje emisije zagađujućih materija, naročito emisije CO<sub>2</sub>, kao i buke i drugih štetnih efekata po životnu sredinu.

Osnovni problem održivog razvoja saobraćaja u urbanim područjima je povećanje mobilnosti uz istovremeno smanjenje zagušenja, saobraćajnih nesreća i zagađenja. Zbog toga se sa rešavanjem ovog problema u EU počelo još sredinom 1990-ih godina. Zatim su nastajali dokumenti: „beli papir“ o evropskoj saobraćajnoj politici do 2010., „zeleni papir“, gde se objašnjava potreba uvođenja nove kulture u toj oblasti; „beli papir“, u kome se definišu mere za uspostavljanje jedinstvenog evropskog saobraćajnog prostora. U ovim dokumentima ukazuje se na tri komponente: (1) unapređenje postojeće prakse,

(2) inovacije i (3) održivi razvoj. Održivi razvoj saobraćaja podrazumeva mere kao što su: izgradnja obilaznica, davanje prednosti javnom saobraćaju, usaglašavanje saobraćajne infrastrukture sa položajem i veličinom urbane sredine, uvođenje savremenih upravljačkih sistema, korišćenje transportnih sredstava koja su manji zagađivači životne sredine, uvođenje strožijih standarda kojima se definiše kvalitet vazduha, vode, zemljišta, zaštita od buke, kvalitet goriva i slično. Uticaj saobraćaja na životnu sredinu, posebno u urbanim područjima je značajan, jer dovodi do njenog narušavanja.

## **1.2. Uticaj saobraćaja na životnu sredinu**

Razvoj saobraćaja ima direktan i indirektan uticaj na životnu sredinu. Direktni uticaji odnose se na efekte korišćenja transportnih sredstava na životnu sredinu, izmenu izgleda pojedinih predela usled izgradnje autoputeva, raskrsnica, itd. Indirektni uticaji se odnose na problem odlaganja transportnih sredstava po isteku njihove upotrebe, promene u režimu prirodnog plavljenja, itd. Pored ovih uticaja, treba napomenuti i negativne eksterne efekte, koji su vezani za funkcionisanje saobraćaja, a odnose se na: saobraćajne nezgode, zagušenja na pojedinim saobraćajnicama (posebno u urbanim sredinama), zagađenja vazduha, zemljišta i vode, itd.

Osnovni negativni uticaji saobraćaja mogu se podeliti na sledeće kategorije: (1) zagađivanje vazduha, koje ima štetan uticaj na zdravlje ljudi i okolinu; (2) buka, koja ima tendenciju porasta; (3) prostor koji zauzima saobraćajna infrastruktura (ograničava izmenu i upotrebu saobraćaja); (4) odlaganje rashodovanih saobraćajnih sredstava; (5) saobraćajne nezgode; (6) prevoz opasnih materija (predstavlja potencijalnu opasnost širokih razmera); (7) potrošnja energije za potrebe saobraćaja; (8) zagušenja na pojedinim saobraćajnicama; (9) izgradnja saobraćajne infrastrukture, koja uzrokuje promenu pejzaža, ugrožava kulturne i istorijske spomenike i slično (Vuković i Štrbac, 2011).

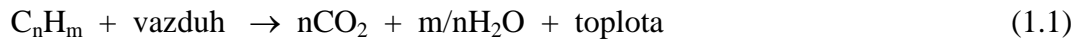
Postupak pronalaženja rešenja za smanjenje negativnih uticaja saobraćaja na životnu sredinu ogleda se u ocenjivanju, analizi i vrednovanju te sredine iz aspekta ekologije, a zatim u identifikovanju određenih akcija kojima se posmatrana sredina dovodi u poželjno stanje. Kada je o urbanoj sredini reč, onda se mere implementacije i

sprovedenja zaštite životne sredine svrstavaju u tri kategorije: (1) urbanističke mere (podrazumevaju veliki broj aktivnosti zaštite životne sredine koje se realizuju planersko-građevinskim radnjama); (2) tehničke mere (obuhvataju skup tehničkih intervencija na motornim vozilima, što može dovesti do smanjenja štetnih uticaja emisije zagađivača – smanjenje izduvnih gasova motora, smanjenje buke i kontrola emisije vozila); (3) saobraćajne mere (one podrazumevaju sve mere koje omogućavaju pravilno funkcionisanje saobraćaja, upravljanje saobraćajnim tokovima, izmenu režima saobraćaja i favorizovanje javnog gradskog prevoza).

Drumski saobraćaj je najveći zagađivač vazduha u okviru saobraćaja, jer između 80 i 90% ukupne emisije potiče iz drumskog saobraćaja. Zagađenje vazduha nastaje prilikom sagorevanja pogonskih goriva, pri čemu se emituju zagađujuće materije. Karakteristike goriva i uslovi sagorevanja utiču na proces sagorevanja goriva. Svaki litar goriva sagorevanjem emituje približno 100 g ugljen-monoksida, 20 g isparljivih organskih jedinjenja, 30 g azotnih oksida, 2,5 kg ugljen-dioksida i mnoge druge štetne supstance, kao što su jedinjenja olova, sumpora i čvrste čestice. Izduvni gasovi motornih vozila sadrže oko 180 organskih komponenti, pri čemu je 47% zasićenih ugljovodonika, 40% nezasićenih ugljovodonika, 7% raznih aromatičnih jedinjenja, 4% aldehida i ketona, 1% fenola, 0,7% alkohola i dr. Najznačajnije materije koje se ispuštaju iz motora sa unutrašnjim sagorevanjem su (Vuković i Štrbac, 2011):

- gasovi koji prouzrokuju efekat staklene bašte ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  i  $\text{N}_2\text{O}$ ),
- kisele supstance ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ),
- prekursori ozona ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , NMVOCs – nemetanska isparljiva organska jedinjenja),
- čvrste čestice (PM),
- kancerogena jedinjenja ( $\text{PAH}_s$  – policiklični aromatični ugljovodonici,  $\text{POP}_s$  – postojani organski zagađivači),
- teški metali (olovo i dr.),
- otrovne materije (dioksini i furani).

Prilikom potpunog sagorevanja goriva nastaju samo ugljen-dioksid ( $\text{CO}_2$ ), vodena para i toplota, prema reakciji 1.1 (Kolomejceva–Jovanović, 2010):



Na osnovu procesa sagorevanja metana (CH<sub>4</sub>), mogu se sagledati razmere potrošnje kiseonika i emisije ugljen-dioksida. Naime, može se izračunati da sagorevanje 1 kg metana prati potrošnja od 4 kg kiseonika i oslobađanje 2,75 kg CO<sub>2</sub>. S obzirom na to da kod tečnih goriva raste udeo ugljenika do 87%, nasuprot učešću od 75% kod metana, kao posledica sagorevanja u SUS motorima, emisija CO<sub>2</sub> je još i veća. Zbog nestabilnosti u atmosferi, ugljen-monoksid (CO) se brzo pretvara u ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>). Ukupna koncentracija ugljen-monoksida u atmosferi je oko 0,1 ppm.

U štetnim izduvnim gasovima emitovanih iz automobilskih motora najveći je udeo ugljen-monoksida. Kod dizel goriva udeo ugljen-monoksida je od 0,01 do 0,5%, a kod benzina od 0,1 do 8,0%. Ugljen-monoksid je veoma štetan po zdravlje ljudi, jer se vezuje sa hemoglobinom u krvi 200 puta aktivnije od kiseonika. Kod većih koncentracija CO dolazi do glavobolje i smanjenja aktivnosti mozga. Analize koncentracije CO u atmosferi urbanih sredina ukazuju na pozitivnu korelaciju sa gustinom saobraćaja, odnosno negativnu korelaciju sa brzinom vetra. U urbanoj sredini nivo CO je mnogo veći od njegovog prisustva u udaljenim područjima. Smanjenje emisije CO može se ostvariti boljim podešavanjem smeše vazduha i goriva, odnosno uspostavljanjem većeg težinskog odnosa između vazduha i goriva. Ako je odnos veći od 16:1 rad motora sa unutrašnjim sagorevanjem prati neznatna emisija CO (Manahan, 2007).

Isparljiva organska jedinjenja (VOC, eng. *volatile organic compounds*) su organska jedinjenja koja se pojavljuju u gasovitoj fazi urbanih i industrijskih sredina. Ona su toksična, često imaju kancerogeno, mutogeno i teratogeno delovanje na živa bića. VOC reaguju sa drugim jedinjenjima u atmosferi, pa tokom tih reakcija nastaju sekundarni polutanti i reakcioni intermedijeri. Ona narušavaju prirodni protolitički ciklus obrazovanja oksida azota, što remeti ravnotežnu koncentraciju ozona u vazduhu. VOC u svom molekulu imaju do 12 ugljenikovih atoma. VOC pored čistih ugljovodonika čine i oksidisani uljovodonici, kao i ugljovodonici koji sadrže atome hlora, sumpora, azota ili nekih drugih elemenata.

Oksidi azota se uglavnom pojavljuju kao azot-monoksid (NO) i azot-dioksid (NO<sub>2</sub>), dok se azot-suboksid (N<sub>2</sub>O) javlja u neznatnim količinama. N<sub>2</sub>O nema značajan

uticaj na hemijske reakcije u donjim slojevima atmosfere. Njegova koncentracija sa porastom visine u atmosferi naglo opada. NO i NO<sub>2</sub> su o veoma značajni kod razmatranja zagađenosti atmosfere. Oni se zajednički obeležavaju NO<sub>x</sub>. U atmosferu oksidi azota dospevaju iz prirodnih i antropogenih izvora. NO je manje toksičan od NO<sub>2</sub>. NO se vezuje za hemoglobin i utiče na smanjenje efikasnosti prenosa kiseonika. Veća izloženost NO<sub>2</sub> ozbiljno ugrožava život čoveka. Izloženost koncentraciji NO<sub>2</sub> od 50 do 100 ppm, u trajanju od nekoliko minuta do jednog časa, dovodi do zapaljenja pluća u trajanju od 6 do 8 nedelja. Osim toga postoje i drugi brojni štetni efekti oksida azota na životnu sredinu. Oksidi azota nastaju u oblastima visokih temperatura, a mogu nastati oksidacijom azota iz vazduha i azota sadržanog u gorivu. Proces nastanka azot oksida iz goriva nije sasvim poznat, ali se zna da na stepen azot oksida iz goriva najviše utiče struktura plamena, a manje temperatura plamena. Na sagorevanje azota iz goriva utiče sadržaj azota u gorivu, odnos kiseonika i azota, a naročito višak kiseonika.

Ne treba zanemarivati ni emisiju olova u vazduhu, kao posledicu rada transportnih sredstava. Povećanje efektivnosti sagorevanja sve do 90-ih godina prošlog veka ostvarivano je tako što su benzinu za automobilske motore dodavana alkilna jedinjenja olova. U cilju sprečavanja obrazovanja neisparljivih jedinjenja, benzinu se dodaju dihloretan i dibrometan, što je prikazano reakcijama 1.2 i 1.3 (Kolomejceva–Jovanović, 2010):



Glavni izvor zagađenja životne sredine olovom predstavljaju isparljivi halogenidi olova – hloridi i bromidi, nastali u reakcijama (1.2) i (1.3). Benzinu se dodaju novi aditivi, koji zamenjuju alkil-olovo. To su aromatični ugljovodonoci kao benzen ili njegovi derivati (toluen ili etil-benzen) ili kiseonični derivati ugljovodonika i neki etri. Ovi aditivi imaju povećavaju oktansku moć benzina i smanjuju eksplozivnosti vazduh-benzinske smeše. Tokom sagorevanja novih benzina sagorevaju i svi aditivi. Međutim, ovi novi benzini, poznati pod nazivom „bezolovni“ i dalje sadrže niz toksičnih i kancerogenih supstanci. Zbog toga, savremena automobilska industrija na izduvnoj strani motora ugrađuje katalizator koji dovršava proces sagorevanja benzina i



omogućava emitovanje uglavnom bezopasnih proizvoda sagorevanja. Značajno smanjenje dozvoljene koncentracije olova u benzinu je dovelo do značajnog smanjenja emisije izduvnih gasova olova u poslednje dve decenije (Swietlik i drugi, 2013).

Međunarodnim pravilnicima je regulisana emisija izduvnih gasova, koja se ogleda u proveru nivoa emisije određenim testovima i praćenju rada motora određenog tipa vozila tokom višegodišnje masovne proizvodnje. Parametri saobraćaja (protok, brzina i gustina), karakteristike saobraćajnog toka, stanja vozila i opšti uslovi odvijanja saobraćaja utiču na emisiju izduvnih gasova iz svakog pojedinačnog vozila. Da bi se ispunili visoki eko-standardi pri izradi motora kao osnovnih izvora zagađenja, automobilska industrija se suočava sa ozbiljnim zahtevima. Danas se moraju koristiti motori koji zadovoljavaju EURO 4 standarde po pitanju emisije zagađujućih materija, a veliki proizvođači automobila uvode i motore koji će zadovoljiti EURO 5 i EURO 6 standarde.

Količine izduvnih gasova iz motora mogu se smanjiti na dva načina: (1) uvođenjem motora koji će koristiti čistije gorivo u ekološkom smislu i (2) doradom postojećih motora koji će koristiti gorivo sa manjim primesama štetnih materija. U poslednje vreme sve veća pažnja se poklanja korišćenju alternativnih goriva za pogon motora u koja spadaju: kompromitovani prirodni gas (KPG); tečan prirodni gas (TNG); tečan naftni gas (TNG); metanol, bioetanol, biodizel, vodonik i gorivne ćelije. Korišćenjem ovih goriva može se znatno smanjiti emisija zagađujućih materija. Na primer, ukoliko se za pogon autobusa umesto dizela koristi kompromitovani prirodni gas moguće je smanjiti emisiju ugljen-dioksida za skoro 10%, emisiju ugljen-monoksida za oko 80%, a ugljovodonika i oksida azota za oko 90% (Jovanović i drugi, 2005).

Analiza emisije ugljen-dioksida na delu Koridora X koji prolazi kroz Srbiju pokazala je da je ukupna dnevna potrošnja goriva 892.672 kg, odnosno godišnja 325.825.572 kg.

U proračunu se pošlo od pretpostavke da u gorivima prevlađuju alkani, alkeni i ciklični ugljovodonici. Takođe, utvrđeno je da emisija ugljen-dioksida iz pojedinih saobraćajnih sredstava nije srazmerna protocima. Naime, putnički automobili u učestvuju u prosečnom godišnjem dnevnom saobraćaju sa 81%, ali u ukupnom zagađenju učestvuju sa 47%, dok auto-vozovi u ukupnom godišnjem dnevnom

saobraćaju učestvuju sa 9%, ali je njihov doprinos zagađenju 30%. Ova merenja su pokazala da je teretni drumski saobraćaj na Koridoru X najveći zagađivač. To znači da za teretni saobraćaj treba tražiti povoljnija rešenja u cilju ostvarivanja „Nacionalne strategije održivog razvoja“ u oblasti saobraćaja. Zavisnost transporta od naftnih derivata i oštar porast transportne tražnje tokom poslednje dve decenije doprinose sve većem učešću saobraćajnog sektora u emisiji ugljen-dioksida. Međutim, rastuća tražnja se uglavnom uzima kao glavni faktor povećanja negativnog uticaja na životnu sredinu. Saobraćajno opterećenje određuje izbor vida prevoza i odgovarajuće rute. Drugi važni faktori koji utiču na ukupnu potrošnju goriva i emisiju ugljen-dioksida su faktor potrošnje goriva (u l/100 km) i faktor emisije vozila (u g/km). Pri tome, emisija i potrošnja goriva pored tipa vozila zavise i od ponašanja vozača u različitim saobraćajnim uslovima.

S obzirom na to da je drumski saobraćaj glavni emiter ugljen-dioksida, da bi se smanjila emisija ovog gasa razmatra se i uvođenje intermodalnog transporta, a posebno kombinovanog transporta. Pod intermodalnim transportom podrazumeva se prevoz stvari u jednoj nepromenljivoj jedinici ili na jednom transportnom sredstvu koje koristi dva ili više vidova saobraćaja bez pretovara stvari pri promeni vida saobraćaja. Deo intermodalnog saobraćaja je kombinovani saobraćaj gde se prevoz obavlja jednim delom železničkim sredstvima, a drugim delom sredstvima drumskog saobraćaja. Najviše se primenjuje tzv. „tehnologija A“, koja podrazumeva prevoz kompletnih sredstava drumskog saobraćaja na specijalnim železničkim kolima. Pri tome, koriste se železnička kola posebne konstrukcije, čijim povezivanjem se formira pokretni put za kretanje drumskih vozila prilikom utovara i istovara. U literaturi se ova tehnologija najčešće naziva „Rollend Land-strase“, ili skraćeno „RoLe“. S obzirom na to da veći deo evropskih zemalja primenjuje ovu tehnologiju, takav način povezivanja Srbije sa Evropom ne bi predstavljao problem. Međutim, postavlja se pitanje ekonomske isplativosti investicije. Naime, uporednom analizom potrošnje energije i emisije ugljen-dioksida drumskog i kombinovanog saobraćaja potvrđena je prednost železničkog direktnog prevoza na dužim relacijama, kao i RoLe tehnologije (Aleksić i drugi, 2009).

Osnovni prihod koji železnica ostvaruje primenom tehnologije RoLa može se predstaviti jednačinom (1.4) (Aleksić i drugi, 2009):

$$B = V \times d \times B_t, \quad (1.4)$$

gde je:

$B_t$  – tarifa za prevoz jednog drumskog vozila u RoLa saobraćaju (kreće se u granicama od 0,5 do 1 evro po kilometru);

$V$  – broj teških drumskih vozila, a

$d$  – rastojanje između dva terminala drumskog saobraćaja.

Ova vrsta prihoda može se demonstrirati na primeru jednog teškog drumskog vozila koje troši 0,341 l/km dizel goriva. Ovo vozilo će potrošiti 170,5 l dizel goriva i emitovati oko 390 kg CO<sub>2</sub> za pređeni put od 500 km. Ukoliko bi se uzela vrednost sanacije od 120 evra po toni emitovanog CO<sub>2</sub>, to bi značilo da se postiže ušteda od 46,8 evra (ušteda ostvarena neemitovanjem 390 kg ugljen-dioksida). Očigledno da preusmeravanjem samo jednog teškog drumskog vozila na voz, postiže se velika ušteda u oblasti zaštite životne sredine, a ukupan prihod koji se ostvaruje može se prikazati jednačinom (1.5) (Aleksić, 2008):

$$B(\text{CO}_2) = V \times d \times K_p \times K_{em} \times K_k \times B_m \quad (1.5)$$

u kojoj simboli imaju sledeća značenja:

$B(\text{CO}_2)$  – troškovi sanacije ugljen-dioksida;

$K_p$  – potrošnja dizel goriva kod teških teretnih vozila (0,341 l/km);

$K_{em}$  – količina CO<sub>2</sub> koja se emituje pri sagorevanju 1 kg dizel goriva (2,61 kg CO<sub>2</sub>);

$K_k$  – korekcionni koeficijent (0,88 kg/dm<sup>3</sup>);

$B_m$  – troškovi sanacije emisije 1 kg CO<sub>2</sub> po Markal testu (0,120 evra po kilogramu CO<sub>2</sub>)

Izgradnja terminala i saobraćaj RoLa vozova unutar granica Srbije omogućio bi visoku stopu rentabilnosti, čak preko 12% na rastojanjima većim od 200 km. Na delu Koridora X stalno se beleži najveći obim saobraćaja teških teretnih vozila, tako da bi preusmeravanje određenog broja teških teretnih vozila na železnicu znatno smanjilo emisiju CO<sub>2</sub>, a takođe i troškove održavanja saobraćajnice Koridora X kroz Srbiju.

### 1.3. Pregled prethodnih istraživanja

Sa povećanjem broja izvora zagađivača sve veća pažnja je usmerena na analizu dejstva, karakteristika izloženosti i mehanizmu delovanja najčešćih zagađivača vazduha. Tako i povećanje broja vozila i potrošnja goriva povećavaju emisiju zagađujućih materija u drumskom saobraćaju (Goncalves i drugi, 2008).

Jedna od zagađujućih materija koja potiče iz drumskog saobraćaja je i sumpordioksid ( $\text{SO}_2$ ). To je gas bez boje, karakterističnog, oštrog mirisa.  $\text{SO}_2$  nastaje sagorevanjem fosilnih goriva i jedan je od najčešćih zagađivača vazduha širom sveta (Bhanarkar i drugi, 2005; Turalioğlu, 2005; de Kluizenaar, 2001). Zatim, tu je prisutan ugljen-monoksid (CO) koji je rezultat nepotpunog sagorevanja goriva. Karakterističan je za mobilne izvore zagađenja, pa je zbog toga u literaturi najčešće korišćen kao jedan od parametara u saobraćaju koji utiče na zagađenje vazduha (Potoglou i Kauaroglou, 2005). Pored ovih materija motorna vozila emituju i mnoge druge, kao što su  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_x$ , NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$ , kao i teške metale poput olova, kadmijuma, bakra, hroma, nikla, selena i cinka.

Većina nacionalnih baza podataka o zagađenju vazduha danas je usaglašena sa kompjuterizovanim modelima za proračun emisije zbog gustine i kompleksnosti drumskog saobraćaja, a posebno emitovanih zagađujućih materija, (Sjodin i Jerksjo, 2008).

Jedan od tih modela je i COPERT IV (eng. *Computer programme for calculating emissions from road transport*). COPERT IV proračunava zagađenje koje izaziva jedno ili više vozila u toku jedne godine. COPERT IV metodologija je zasnovana na proračunavanju tzv. emisionih faktora koji kvantifikuju koliko vozilo zagađuje vazduh po pređenom kilometru (Travassos i drugi, 2008).

Modeliranja uticaja saobraćaja na životnu sredinu upotrebom geografskog informacionog sistema – GIS-a (eng. *Geographic Information System*) pruža nove mogućnosti (Macias i Gadzinski, 2013). Integrisanje podataka o karakteristikama saobraćaja, kao i modela emisije u GIS, predstavlja osnovu za razvoj sistema za podršku odlučivanju. Ovo bi trebalo da pomogne u smanjenju zagađenja vazduha koje prouzrokuju vozila u drumskom saobraćaju (Gualtieri i Tartaglia, 1998).

GIS je specifičan kompjuterski sistem zasnovan na mapiranju informacija. On se koristi prilikom planiranja, upravljanja i donošenja odluka u okviru geografskog, ali i drugih oblika inženjerskog planiranja. Od nedavno se aplikacije GIS-a koriste i u oblasti planiranja zaštite životne sredine (Fedra, 1999; Richards i drugi, 2006). Tako na primer, mnoge studije koriste prostornu analitičku funkciju GIS-a pri proračunavanju koncentracije zagađenosti vazduha i distribucije zagađujućih materija (Viennean i drugi, 2009). GIS daje mogućnost da se prostorni podaci, koji se odnose na objekte definisanog oblika i lokacije, direktno povežu sa atributnim alfanumeričkim podacima. Svaki GIS projekat podrazumeva nekoliko takozvanih „lejera“ (slojeva), koji sadrže prostorne podatke o različitim temama. Pomenuti lejeri se mogu poslagati proizvoljnim redosledom u zavisnosti od toga šta tačno treba prikazati. Svaki lejer je povezan sa sopstvenom tablicom atributa, odnosno sa svojom bazom podataka. Birajući jedan, ili više, objekata na datom lejeru, moguće je vršiti pregled pripadajućih alfanumeričkih podataka koji tada postaju vidljivi.

#### **1.4. Značaj i složenost predmeta istraživanja**

Predmet istraživanja je usredsređen na izradu i implementaciju GIS-a u kontrolnoj strategiji monitoringa ukupne emisije zagađujućih materija u drumskom saobraćaju. Zagađenje vazduha koje izazivaju motorna vozila jedan je od najozbiljnijih problema današnjeg civilizovanog društva. Cilj ovog rada je razvoj sistema za podršku odlučivanju koji će koristiti nadležni organi, da bi se smanjilo zagađenje vazduha koje nastaje u automobilskom saobraćaju.

Sušтина ovog sistema se sastoji od brojnih matematičkih podmodela, zasnovanih na postojećoj literaturi, da bi se simulirao model emisije i disperzije zagađujućih materija oslobođenih u saobraćaju na delu autoputa Beograd – Niš. Ovi podmodeli, koji će biti primenjeni tokom izrade teze, biće integrisani u GIS, koji koristi prostorne koordinate za opisivanje strukture prostora na razmatranom delu autoputa. Takođe, dobili bi se podaci o distribuciji zagađujućih materija u prizemnom sloju atmosfere (troposferi). Tako integrisani GIS ima za cilj da vizuelno prikaže dobijene rezultate emisije i disperzije polutanata koji potiču iz motornih vozila. Ovi podmodeli biće postavljeni u kaskadnom obliku, pri čemu će se karakteristike saobraćaja koristiti kao

ulazni podaci za proračun emisije, dok bi rezultati emisije bili ulazni podaci za obračun i simulaciju disperzije zagađujućih materija. Naime, GIS će, na osnovu podataka koji se unose u njegovu bazu podataka, omogućiti selektovanje tzv. kritičnih gridova, odnosno oblasti na kojima je najveće zagađenje. Tako bi se došlo do informacija koje su neophodne za preduzimanje adekvatnih mera u cilju smanjenja zagađenja vazduha na tom području.

## **1.5. Ciljevi istraživanja**

Osnovni ciljevi ovog rada su:

- Unapređenje praćenja i kontrole ukupne emisije zagađujućih materija u drumskom saobraćaju primenom GIS-a. Sagledavanje mogućnosti navedene metodologije i njeno korišćenje predstavlja putokaz za brže i jednostavnije rešavanje ili ublažavanje problema zagađenosti vazduha bilo kog saobraćajnog područja koje može biti predmet istraživanja.
- Pored toga, cilj ovog rada je da ukaže na potencijalne ekološke i zdravstvene opasnosti od povećanog sadržaja zagađujućih materija u vazduhu, sa tendencijom daljeg povećanja, zbog sve većeg broja vozila koja su prisutna u saobraćaju, a neka od njih još uvek koriste zastarelu tehnologiju.
- Takođe, rad ima za cilj da podstakne državu, odnosno njene nadležne organe, preduzetnike koji se bave distribucijom motornih vozila, ali i same građane, da utiču na smanjenje daljeg zagađenja okoline, tako što će koristiti motorna vozila koja imaju savremene motore, koji se odlikuju malim emisionim faktorima. Time bi se normalizovali i uslovi za život ljudi koji žive u okolini najprometnijih saobraćajnica.

## **1.6. Hipoteze istraživanja**

Polazne hipoteze, kojima je definisan predmet istraživanja, proistekle su iz analize literature i realne ekološke situacije u okolini autoputa Beograd – Niš. Postavljanje GIS

modela kojim će se kontrolisati ukupna emisija zagađujućih materija od izuzetnog je značaja za ljudsko zdravlje i unapređenje životne sredine. U skladu sa tim definisane su hipoteze čija će se istinitost dokazati ili opovrgnuti.

Osnovna hipoteza koja će biti ispitana može da se definiše na sledeći način:

***H<sub>0</sub>**: Moguće je izvršiti unapređenje procesa kontrole ukupne emisije zagađujućih materija u drumskom saobraćaju korišćenjem GIS-a.*

U mnogim studijama o zaštiti životne sredine primenjuju se GIS modeli. GIS model se može koristiti za predobradu i postobradu podataka koji se prikazuju na lejerima (slojevima) (Matejiček i drugi, 2006), a na osnovu rezultata upita mogu se definisati kontrolni gridovi (oblasti) koji su predmet kontrolisanja ukupne emisije zagađujućih materija. Tako dobijeni rezultati, mogu se koristiti za pružanje validnih informacija nadležnim organima, ali i građanima, kako bi se preduzele adekvatne mere zaštite životne sredine.

Pojedinačne hipoteze su:

***H<sub>1</sub>**: Karakteristike saobraćaja i mreža puteva imaju uticaj na model saobraćaja.*

Model saobraćaja zahteva podatke koji se odnose na karakteristike saobraćaja i mrežu puteva, kao što su broj vozila koja saobraćaju na određenoj saobraćajnici, dužina saobraćajnih deonica, itd. U zavisnosti od tih podataka, razlikuju se i modeli saobraćaja, pa je zbog toga važno testirati ovu hipotezu.

***H<sub>2</sub>**: Tokovi saobraćaja i kompozicija vozila utiču na model emisije zagađujućih materija.*

Model emisije zagađujućih materija zavisi od više faktora, kao što su promet, kategorije vozila koja saobraćaju, potrošnja goriva, itd. U zavisnosti od faktora koji se uzima kao primaran, zavisice i model emisije zagađujućih materija.

***H<sub>3</sub>**: Rezultati emisije i meteorološki parametri utiču na model disperzije emitovanih zagađujućih materija.*

Količina emitovanih zagađujućih materija i meteorološki parametri kao što su: pravac vetra, brzina vetra, temperatura vazduha, itd., predstavljaju ulazne podatke za

kreiranje modela disperzije zagađenja vazduha, pa je zbog toga važno ispitati ovu hipotezu.

***H<sub>4</sub>**: GIS je najpogodniji za određivanje kontrolnih gridova na kojima treba smanjiti zagađenje.*

Prostorna distribucija emisije zagađujućih materija predstavlja značajan input u modelima atmosferskog transporta i depozicije. Informacije ove prirode su neophodne kod međunarodnih pregovora o redukciji emisije (Gurjar i drugi, 2008). Rezultati dosadašnjih studija o upotrebi GIS-a za utvrđivanje emisije po gridovima obezbedili su informacije o tačkama emisije i dali relevantan doprinos različitim izvorima (Dalvi i drugi, 2006).



## **2. METODE ISTRAŽIVANJA**

Ljudi uvek teže novim saznanjima pomoću kojih dobijaju odgovore i rešenja za mnogobrojne probleme sa kojima se svakodnevno susreću. Međutim, ovladavanje naučnim saznanjima o nekom predmetu zahteva prihvatanje i primenu određenih principa koji se odnose na način dolaska do naučnog saznanja, pri čemu se ti načini nazivaju naučnim metodama. Pod naučnim metodom podrazumeva se primena niza principa, pravila i procedura koji omogućuju osvajanje naučnih saznanja. U savremenoj metodologiji postoji veliki broj različitih metoda koje se koriste u naučnim istraživanjima. Svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke, a izbor metode zavisi prvenstveno od predmeta istraživanja, raspoloživih podataka, razvijenosti teorije i sl.

Za uspešnu realizaciju ciljeva istraživanja i obradu i dokazivanje postavljenih hipoteza u ovoj doktorskoj disertaciji korišće se osnovne i posebne metode logičkog rasuđivanja i naučnog saznanja, a pored njih i specijalne naučne metode, kao što su:

- COPERT IV metoda, za proračun emisije zagađujućih materija,
- metoda simulacije distribucije emisije zagađujućih materija, te
- analitička metoda GIS-a.

### **2.1. Prikupljanje podataka**

Radi formiranja i primene GIS modela u kontrolnoj strategiji monitoring ukupne emisije zagađujućih materija biće korišćen, kao model-sistem, autoput Beograd – Niš, pri čemu će biti upotrebljeni sledeći izvori podataka:

1) sekundarni izvori:

- Pravilnik o podeli motornih i priključnih vozila i tehničkim uslovima za vozila u saobraćaju na putevima ("Službeni glasnik RS", br. 54/2010 i 69/2010),
- izveštaji iz Republičkog zavoda za statistiku,
- izveštaji iz Hidrometeorološkog zavoda, te
- podaci iz elektronske publikacije „Brojanje saobraćaja na putevima Republike

Srbije u 2009. godini”.

2) kartografski podaci:

- mapa Republike Srbije – magistralna i regionalna putna mreža (1:1.300.000) (Republika Srbija, Državni putevi I i II reda.URL:[http://www.putevi-srbije.rs/pdf/Serbia\\_main\\_and\\_regional\\_road.pdf](http://www.putevi-srbije.rs/pdf/Serbia_main_and_regional_road.pdf) (15.01.2011)) i
- topografska mapa autoputa Beograd-Niš (1:100.000) (Topografske karte Republike Srbije u razmeri 1:100000. URL:[http://mapy.mk.cvut.cz/data/Yugoslavia/Serbia/Serbia\\_topo\\_1.100000](http://mapy.mk.cvut.cz/data/Yugoslavia/Serbia/Serbia_topo_1.100000) (23.10.2010.)).

## 2.2. COPERT IV metodologija

U cilju očuvanja životne sredine krajem sedamdesetih godina prošlog veka u SAD uveden je takozvani „Kalifornijski zakon“ o emisiji izduvnih gasova. Početkom devedesetih godina prošlog veka u zemljama Evropske unije počela je veća kampanja uvođenjem tzv. „Euro normi“ čije su granične vrednosti sve rigoroznije. Prema ovim propisima trebalo je smanjiti emisije štetnih izduvnih gasova i svesti ih na što niže vrednosti. Tu se pre svega mislilo na smanjenje vrednosti ugljen-dioksida (CO<sub>2</sub>), ugljen-monoksida (CO), nesagorelih ugljovodonika (C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>), aldehida (HCO), formaldehida (HCHO) i azotnih oksida (NO<sub>x</sub>), kod OTO motora. Kod dizel motora, pored navedenih zagađujućih materija potrebno je kontrolisati i emisiju čestica čađi. Pored navedenih polutanata štetnim se smatraju i produkti sagorevanja olova i sumpora.

Koncentracija pojedinih polutanata zavisi od mnogih faktora, a pre svega od vrste goriva, oblika i veličine radne zapremine motora, toka sagorevanja, uslova eksploatacije i motornog ulja (Stefanović, 2010). Visina koncentracije je različita, kao i jedinice u kojima se emisije zagađujućih materija izražavaju (tako se na primer, količina čestica čađi izražava u mg/m<sup>3</sup>). Granice dozvoljenih vrednosti emisija zavise od klase vozila. Naime, dozvoljena količina štetnih materija je veća kod viših kategorija vozila, odnosno vozila koja imaju veću ukupnu masu.

Motorna vozila su glavni izvori mnogih zagađujućih materija, tako da su precizni podaci o emisiji zagađujućih materija iz motornih vozila ključni za kontrolisanje

problema zagađenja vazduha (Singer i Harley, 2000). Zagađenje vazduha koje utiče na zdravlje ljudi predstavlja temu istraživanja koja s protokom vremena ne gubi na aktuelnosti. U poslednje vreme, faktori koji utiču na zdravlje ljudi koji su izloženi zagađenju vazduha imaju sve veći značaj. Život blizu prometnih saobraćajnica povezuje se sa smanjenom funkcijom pluća i porastom simptoma hroničnog respiratornog sistema kod dece. Druge studije su pokazale da odrasli ljudi koji žive u blizini prometnih saobraćajnica više pate od bolesti respiratornih organa i bolesti srca, u odnosu na ljude koji žive na većoj udaljenosti (Dijkema i drugi, 2008). Zbog velikog uticajnog faktora na zdravlje ljudi može se konstatovati da bi zagađenje vazduha koje izazivaju motorna vozila trebalo da bude jedan od ključnih problema u Evropi koji zahteva hitno razrešenje. Da bi se smanjila izloženost ljudi zagađenju vazduha EU je postavila standarde zagađenja vazduha. U celoj Evropi, mnoge zakonske mere se preduzimaju da bi se smanjila emisija zagađujućih materija koje potiču iz saobraćaja i samim tim poboljšao kvalitet vazduha. Međutim, efektivnost takvih mera retko se kvantifikuje.

Emisija izduvnih gasova je zakonska regulative koja je u Republici Srbiji regulisana pravilnikom Zakona o bezbednosti saobraćaja. Ovim pravilnikom je za sada ograničena samo emisija CO<sub>2</sub> i CO kod OTO motora (motora sa unutrašnjim sagorevanjem koji radi po Otovom ciklusu i koristi motorni benzin ili neko gasovito gorivo), a kod dizel motora emisija čađi. Takođe, očekuje se usaglašavanje sa evropskim propisima i skoro uvođenje kontrole i merenja azotnih oksida (NO<sub>x</sub>) i nesagorelih ugljovodonika (C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>).

Trenutno se primenjuje 14 ECE pravilnika koji se odnose na emisije izduvnih gasova i energije motornih vozila i to:

- ECE 24 – emisija dima teških motora i vozila,
- ECE 40 – emisija motocikala,
- ECE 47 – emisija mopeda,
- ECE 49 – emisija izduvnih gasova i čestica teških motora i vozila,
- ECE 67 R 01 – oprema vozila na tečni naftni gas (TNG),
- ECE 83 – emisija izduvnih gasova putničkih i lakih teretnih automobila,
- ECE 84 – merenje potrošnje goriva,
- ECE 85 – merenje snage motora,

- ECE 96 – emisija izduvnih gasova traktorskih dizel motora,
- ECE 101 – emisija ugljendioksida i potrošnje goriva putničkih vozila,
- ECE 103 – zamena katalitičkih konvertora,
- ECE 110 – specifična oprema za komprimovani prirodni gas (KPG),
- ECE 115 – naknadna ugradnja TNG i KPG opreme, te
- ECE 120 – merenje snage i potrošnje goriva traktora.

U Evropi su razvijeni mnogi modeli, među kojima je i COPERT IV model. To je model za proračun emisije zasnovan na prosečnoj brzini vozila. Ovaj model je oficijalna metoda „Evropske agencije za zaštitu životne sredine”, za proračun emisije, a u ovoj verziji modela, uzima se u obzir kategorizacija vozila prema tehnologiji i noviji emisioni standardi (Rapone i drugi, 2008).

COPERT 4 je jedan od najčešće korišćenih softverskih alata za određivanje količine emitovanih zagađujućih materija koje potiču iz motornih vozila, uzimajući u obzir navedene propise. Korišćenje ovog softverskog alata omogućava izradu baza podataka i procedura izveštavanja o emisiji zagađujućih supstanci, koji su u saglasnosti sa međunarodnim sporazumima i zakonodavstvom EU. COPERT IV metodologija se koristi za proračunavanje regularnih (CO, NO<sub>x</sub>, VOC, PM) (Konsolidou i drugi, 2008) i neregularnih zagađujućih materija (N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, NMVOC i slično), kao i proračun potrošnje goriva.

Ova metodologija ima mogućnost izbora jednog od tri metoda (Tier 1, Tier 2, Tier 3) koji služe za procenu emisije zagađivača koja potiče iz drumskog saobraćaja. U zavisnosti od podataka sa kojima se raspolaže, zavisice izbor metode (Road transport GB 2009. URL:<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1.a.3.b-road-transport-gb2009-update.pdf> (10.06.2014.)).

U disertaciji je korišćena Tier 3 metoda, koja je u daljem tekstu detaljno objašnjena. U Tier 3 metodi emisija izduvnih gasova izračunava se kombinovanjem tehničkih podataka proizvođača i podataka o aktivnostima, te je, otuda, u tabeli 2.1 dat pregled svih kategorija i tehnologija koje su obuhvaćene ovom metodom. U tabelama 2.2–2.7 i 2.8 dati su svi parametri neophodni za proračun emisije izduvnih gasova po COPERT metodi (Institut saobraćajnog fakulteta, 2010).

**Tabela 2.1.** Pregled svih kategorija i tehnologija vozila koje obuhvata Tier 3 metoda

Kategorije vozila (j)	Podkategorija	Tehnologija (k)
Putnički automobili		PRE ECE, ECE 1500-01
	Benzin	ECE 1502, ECE 1503, ECE 1504
	<1.4l, 1.4l-2.0l	Unapredjena konvencionalna (samo za <2.0l)
	>2.0l	Otvorena petlja (samo za <2.0l), Euro 1
		Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
	Dizel	Konvencionalna, Euro 1
	<2.0l, >2.0l	Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
	TNG	Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4
	dvotaktni	Konvencionalna
	Hibridni <1.6l	Euro 4
Laka teretna vozila	Benzin	Konvencionalna, Euro 1
	<3.5t	Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
	Dizel	Konvencionalna, Euro 1
	<3.5t	Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
Teška teretna vozila	Benzin >3.5t	Konvencionalna
	≤7.5t, 7.5-16t	Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4
	16-32t, >32t	Euro 5, Euro 6
Autobusi	Gradski KPG autobusi	Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4
	Standardni gradski autobusi	Konvencionalna, Euro 1
		Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
	Stand. medjugradski autobusi	Konvencionalna, Euro 1
≤18t		Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6
Mopedi	<50cm <sup>3</sup>	Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3
Motocikli	dvotaktni, >50cm <sup>3</sup>	Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3
	četvorotaktni, 50-250cm <sup>3</sup>	Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3
	četvorotaktni, 250-750cm <sup>3</sup>	Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3
	četvorotaktni, >750cm <sup>3</sup>	Konvencionalna, Euro 1, Euro 2, Euro 3

U tabeli 2.2 prikazane su vrste goriva koje upotrebljavaju određene kategorije vozila. Ova podela može se izvršiti na osnovu državnih statističkih podataka o vozilima

koji se kombinuju sa procenama o pređenom putu vozila na godišnjem nivou; na osnovu potrošnje goriva (g/km) po kategorijama vozila, i slično.

**Tabela 2.2.** Karakteristična potrošnja goriva po pređenom km, po kategorijama vozila

<b>Kategorije vozila (j)</b>	<b>Gorivo</b>	<b>Prosečna potrošnja goriva (g/km)</b>
PA	Benzin	70
	Dizel	60
	TNG	57,5
LTV	Benzin	100
	Dizel	80
TTV	Dizel	240
	KPG (autobusi)	500
Dvotočkaši	Benzin	35

Emisioni faktori, izračunati na osnovu metoda Tier 3, prikazani su na tabelarni način (od tabele 2.3 do tabele 2.7).

**Tabela 2.3.** Emisioni faktori za CO i NMVOC

<b>Kategorija</b>	<b>Gorivo</b>	<b>CO (g/kg goriva)</b>			<b>NMVOC (g/kg goriva)</b>		
		<b>Prosečna</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Prosečna</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
PA	Benzin	132,00	50,00	350,00	14,00	5,00	40,00
	Dizel	4,70	2,00	11,00	1,10	0,50	2,50
	TNG	68,00	40,00	115,00	10,00	6,00	18,00
LTV	Benzin	155,00	80,00	300,00	14,00	5,00	40,00
	Dizel	11,00	8,00	15,00	1,75	1,50	2,00
TTV	Dizel	8,00	6,50	10,00	1,60	1,00	2,50
	KPG Autobusi	5,70	2,20	15,00	0,26	0,10	0,67
Dvotočkaši	Benzin	490,00	340,00	700,00	114,00	65,00	200,00

**Tabela 2.4.** Emisioni faktori za NO<sub>x</sub> i PM

Kategorija	Gorivo	NO <sub>x</sub> (g/kg goriva)			PM (g/kg goriva)		
		Prosečna	Min	Max	Prosečna	Min	Max
PA	Benzin	14,50	6,00	35,00	0,037	0,03	0,045
	Dizel	11,00	9,00	14,00	1,70	0,70	4,00
	TNG	15,50	6,00	40,00	0,00	0,00	0,00
LTV	Benzin	24,00	14,00	40,00	0,03	0,02	0,045
	Dizel	15,00	13,00	18,00	2,80	2,00	4,00
TTV	Dizel	37,00	30,00	45,00	1,20	0,70	2,00
	KPG Autobusi	13,00	5,50	30,00	0,02	0,01	0,036
Dvotočkaši	Benzin	9,50	11,00	8,00	2,70	1,50	5,00

**Tabela 2.5.** Emisioni faktori za N<sub>2</sub>O i NH<sub>3</sub>

Kategorija	Gorivo	N <sub>2</sub> O (g/kg goriva)			NH <sub>3</sub> (g/kg goriva)		
		Prosečna	Min	Max	Prosečna	Min	Max
PA	Benzin	0,213	0,13	0,35	0,173	0,03	1,00
	Dizel	0,087	0,05	0,15	0,018	0,016	0,02
	TNG	0,194	0,09	0,42	0,173	0,15	0,20
LTV	Benzin	0,197	0,13	0,30	0,140	0,03	0,65
	Dizel	0,069	0,04	0,12	0,014	0,013	0,015
TTV	Dizel	0,061	0,025	0,15	0,015	0,012	0,02
	KPG Autobusi	/	/	/	/	/	/
Dvotočkaši	Benzin	0,059	0,05	0,07	0,063	0,05	0,08

**Tabela 2.6.** Emisioni faktori za olovo (Pb)

Kategorija	Gorivo	Pb (g/kg goriva)		
		Prosečna	Min	Max
PA	Benzin	0,0000170	0,000000610	0,0000400
	Dizel	0,0000325	0,000000515	0,0000375
	TNG	/	/	/
LTV	Benzin	0,0000170	0,000000610	0,0000400
	Dizel	0,0000325	0,000000515	0,0000375
TTV	Dizel	0,0000325	0,000000515	0,0000375
	KPG Autobusi	/	/	/
Dvotočkaši	Benzin	0,0000170	0,000000610	0,0000400

**Tabela 2.7.** Emisioni faktori za CO<sub>2</sub> za različite vrste fosilnih goriva koja koriste drumska transportna sredstva

	<b>Gorivo</b>	<b>kg CO<sub>2</sub> po kg goriva<sup>1</sup></b>
Sve kategorije vozila	Benzin	3,180
	Dizel	3,140
	TNG <sup>2</sup>	3,017
	KPG <sup>3</sup> (ili TPG)	2,750

Uz pretpostavku da ugljenik u gorivu u potpunosti oksidira u ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>), emisija CO<sub>2</sub> se može izračunati na osnovu potrošnje goriva.

Emisija CO<sub>2</sub> se računa na sledeći način (Institut saobraćajnog fakulteta, 2010):

$$E_{CO_2,k,m}^{CORR} = E_{CO_2,k,m}^{CALC} \times \frac{FC_m^{STAT} - FC_m^{BIO}}{\sum_k FC_{k,m}^{CALC}} \quad (2.1)$$

pri čemu je:

FC<sup>CALC</sup> – potrošnja goriva vozila kategorije *k*, za određeni vremenski period,

FC<sup>BIO</sup> – masa mešavine biodizela u ukupnoj količini prodane vrste goriva *m*.

U nastavku su date jednačine (2.2–2.9) koje se koriste za proračun emisije izduvnih gasova po metodi Tier 3 (Road transport GB 2009. URL:<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1.a.3.b-road-transport-gb2009-update.pdf> (10.06.2014.)).

Pođe li se od pretpostavke da ukupan sadržaj sumpora iz goriva u potpunosti oksidira, odnosno da prelazi u sumpor-dioksid (SO<sub>2</sub>), onda se emisija SO<sub>2</sub> može izračunati primenom formule (2.2):

$$E_k = 2 \times k_{s,m} \times FC_{k,m}^{CALC} \quad (2.2)$$

gde je:

*k*<sub>*s,m*</sub> – sadržaj sumpora u vrsti goriva *m* (kg/kg goriva).



Ako se pretpostavi da se 75% sadržaja olova u benzinu emituje u vazduh, onda se emisija olova može izračunati primenom formule (2.3):

$$E_{Pb,k}^{CALC} = 0.75 \times k_{Pb,m} \times FC_{k,m}^{CALC} \quad (2.3)$$

gde je:

$k_{Pb,m}$  – sadržaj olova u benzinu u vrsti goriva  $m$  (kg/kg goriva).

Emisija drugih teških metala se proračunava pod pretpostavkom da se ukupna količina emituje u atmosferu, odnosno da nema gubitaka. Prema tome, emisija teških metala obuhvaćenih Grupom 2 (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Pb, Cd, Cr, Ni, Zn) izračunava se primenom formule (2.4):

$$E_{i,k}^{CALC} = k_{i,m} \times FC_{k,m}^{CALC} \quad (2.4)$$

gde je:

$k_{i,m}$  – sadržaj teškog metala  $i$  u vrsti goriva  $m$  (kg/kg goriva).

U tabeli 2.8 prikazane su vrednosti sadržaja sumpora u gorivu za periode pre i posle obaveznih poboljšanih karakteristika goriva (januar 2000. (gorivo 2000.); januar 2005. (gorivo2005.) i 2009. (gorivo 2009)).

**Tabela 2.8.** Sadržaj sumpora u gorivu (1 ppm=10<sup>-6</sup>g/g goriva)

	<b>1996. Osnovno gorivo (prosečno na tržištu)</b>	<b>Gorivo 2000.</b>	<b>Gorivo 2005.</b>	<b>Gorivo 2009.</b>
Benzin	165 ppm	130 ppm	40 ppm	40 ppm
Dizel	400 ppm	300 ppm	40 ppm	8 ppm

Ukupna emisija izduvni gasova izračunava se kao zbir toplih emisija i emisija pri „hladnom startu“. Tople emisije podrazumevaju emitovanje zagađujućih materija kada je motor na radnoj temperaturi, dok emisije pri „hladnom startu“ podrazumevaju emitovanje zagađujućih materija dok se motor ne zagreje. Tokom perioda zagrevanja

motora koncentracija pojedinih zagađujućih materija je veća nego za vreme toplog režima rada motora, što zahteva različit metodološki pristup pri proceni dodatne emisije. Prema tome, ukupna emisija može se izračunati primenom formule (2.5):

$$E_{ukupno} = E_{toplo} + E_{hladno} \quad (2.5)$$

gde je:

$E_{ukupno}$  – ukupna emisija zagađujućih materija (g),

$E_{toplo}$  – emisija u period toplog radnog režima motora (g),

$E_{hladno}$  – emisija pri hladnom startu (g).

Uslovi rada motora značajno utiču na emisiju izduvnih gasova vozila, te se, u tom smislu razlikuju gradska, vangradska i vožnja po autoputu. Prema tome, svim uslovima vožnje pripisuju se različiti podaci o aktivnostima i emisioni faktori. Emisije pri hladnom startu prvo se dodeljuju gradskoj vožnji, zatim vangradskoj, dok se smatra da na autoputu počinje mali broj vožnji, zbog čega emisije pri hladnom startu nisu razmatrane u ovoj disertaciji.

U zavisnosti od uslova vožnje može se izračunati ukupna emisija pomoću formule (2.6):

$$E_{ukupno} = E_{gradska} + E_{vangradska} + E_{autoput} \quad (2.6)$$

gde:

$E_{gradsa}$ ,  $E_{vangradsa}$  i  $E_{autoput}$  – ukupne emisije bilo kog polutanta u određenim uslovima vožnje (g).

Faktori poput pređenog puta pojedinačnog vozila, njegove brzine, godišta, zapremine motora i dozvoljene mase utiču na toplu emisiju izduvnih gasova. Zbog nedostatka preciznih podataka o ovim parametrima u mnogim državama, predložena je metoda za procenu emisije na osnovu raspoloživih podataka, pri čemu je najbitnije

koristiti što preciznije podatke. Osnovna formula za proračun tople emisije za određeni vremenski period, koja koristi eksperimentalno utvrđene emisione faktore, glasi:

*emisija (g) = emisijski faktor (g/km) x broj vozila (voz) x pređeni put po vozilu (km/voz)*

Za izračunavanje tople emisije zagađujućih materija Grupe 1 (CO, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, PM, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, VOC) i Grupe 3 (policiklični aromatični ugljovodonici, postojani organski zagađivači, polihronovani dibenzo-p-dioksini, polihronovani dibenzo-p-furani), kao i u slučaju izračunavanja godišnje emisije, koristi se formula (2.7):

$$E_{toplo;i,k,r} = N_k \times M_{k,r} \times e_{toplo;i,k,r} \quad (2.7)$$

gde je:

$E_{toplo;i,k,r}$  – topla emisija izduvnih gasova zagađujućih materija  $i$  (g), vozila kategorije  $k$ , u datom vremenskom periodu na putu tipa  $r$ ,

$N_k$  – broj vozila tehnologije  $k$ ,

$M_{k,r}$  – pređeni put po vozilu (km/voz) za vozila tehnologije  $k$ , na putu tipa  $r$ , a

$e_{toplo;i,k,r}$  – emisijski faktor (g/km) zagađujućih materija  $i$ , za vozilo kategorije  $k$ , na putu tipa  $r$ .

Zagađujuće materije, klase vozila i klase puta obeležavaju na sledeći način:

$i$  – zagađujuće materije Grupe 1 i Grupe 3,

$k$  – tehnologija vozila, a

$r$  – tip puta (gradski, vangradski i autoput).

Brzina vozila ima veliki uticaj na emisiju izduvnih gasova zbog čega su razvijeni različiti pristupi razmatranja ovog uticaja. Za emisione faktore mogu se koristiti dve alternativne metode:

- izabrati po jednu prosečnu brzinu za svaki tip puta: gradski, vangradski i autoput (na primer, 20km/h, 60km/h i 100 km/h);
- definisati krive raspodele prosečnih brzina  $f_{j,k}(V)$  i integrisati ih preko kriva emisije, odnosno primeniti formulu (2.8).

$$e_{toplo;i,k,r} = \int [e(V) \times f_{k,r}(V)] dV \quad (2.8)$$

gde je:

$V$  – brzina vozila na gradskom, vangradskom i autoputu,

$e(V)$  – izraz zavisnosti brzine od tople emisije izduvnih gasova zagađujućih materija,

$f_{k,r}(V)$  – formula koja opisuje frekvenciju raspodele prosečnih brzina, za određeni način vožnje na određenom tipu puta.

Može se primetiti da je prvi navedeni pristup mnogo lakši i pretpostavlja se da je taj pristup najčešće primenjivan u mnogim državama, jer poboljšanja koja donosi drugi pristup nisu uvek vidljiva, zbog određenog stepena nepouzdanosti procene emisioh faktora.

Obaveza korišćenja goriva poboljšanih karakteristika uvedena je dva puta u Evropi i to: u januaru 2000. (Gorivo 2000.) i januaru 2005. (Gorivo 2005.). Poboljšanjem karakteristika goriva smanjena je emisija izduvnih gasova iz vozila. Na taj način su postignuti standardi Euro 3, Euro 4 i Euro 5. Korišćenjem goriva koja zadovoljavaju ove standarde postignuto je i smanjenje emisije kod vozila čija je tehnologija starija od Euro 3 tehnologije, za koju je prosečno gorivo na tržištu u 1996. godini posmatrano kao osnovno gorivo. Takođe, važno je napomenuti da se ova smanjenja odnose i na tople emisije i na emisije pri „hladnom startu” (Institut saobraćajnog fakulteta, 2010).

Faktori tople emisije su korigovani primenom formule (2.9):

$$FCe_{toplo;i,k,r} = \frac{FCorr_{i,k,r,gorivo}}{FCorr_{i,k,osnovno}} \times e_{toplo;i,k,r} \quad (2.9)$$

gde je:

$FCe_{toplo;i,k,r}$  – faktor tople emisije, korigovan zbog korišćenja goriva kojima je poboljšan kvalitet,

$FCorr_{i,k,r,gorivo}$  – korekcija potrošnje goriva izračunata preko formula za raspoloživa goriva kojima je poboljšan kvalitet,

$FCorr_{i,k,osnovno}$  – korekcija potrošnje goriva izračunata preko formula za gorivo osnovnog kvaliteta.

Emisija proračunata upotrebom COPERT IV modela predstavlja dobru osnovu za utvrđivanje ukupne emisije zagađujućih materija. Rezultati koji se dobijaju primenom ovog metoda mogu predstavljati dobru polaznu osnovu za donošenje odluka o izboru vozila. Takođe, treba naglasiti potrebu obezbeđenja veoma kvalitetnih ulaznih podataka, jer je to neophodno zbog osetljivosti proračuna na male promene ulaznih parametara (Manojlović i drugi, 2011).

I u stranoj literaturi mogu se pronaći razna poređenja drugih modela za proračun emisije sa COPERT IV metodom, što potvrđuje da je primena ove metode još uvek jedna od najpouzdanijih u Evropi. Sjodin i Jerksjo (2008) iskoristili su podatke iz velike kampanje merenja emisije putem senzora postavljenih na putevima, koja je sprovedena 2007. godine u Geteborgu, u Švedskoj, da bi se obezbedili podaci o emisiji na putevima u cilju evaluacije tri glavna modela emisije u drumskom saobraćaju, koji se primenjuju u Evropi, odnosno COPERT IV modela, HBEFA 2.1 (eng., *Handbook of Emission Factors*) i nedavno razvijenog ARTEMIS (eng., *Assesment and Reliability of Transport Emissions Models and Inventory Systems*). Najstariji i najzastupljeniji u Evropi je COPERT model.

ARTEMIS je najnoviji model i on kombinuje najbolje osobine COPERT i HBFA modela, ali je do sada u potpunosti implementiran samo u Švedskoj. Sva tri modela imaju dosta sličnosti, ali je osnovna razlika u načinu na koji se ulazni emisioni faktori konvertuju u izlazne. ARTEMIS i HBEFA koriste kinematički pristup, dok se COPERT model oslanja na prosečnu brzinu. Performanse sva tri modela su dokazane za nekoliko kategorija vozila, saobraćajnih situacija i zagađujućih materija.

Takođe, srednja vrednost emisionih faktora proračunata korišćenjem VERSIT+LD modela, za svaku prosečnu brzinu kretanja vozila dobro se poklapa sa COPERT IV

rezultatima algoritma i ukazuje na to da oba modela pokazuju slične rezultate za uobičajene situacije u saobraćaju, uprkos činjenici da su zasnovani na različitim emisivnim podacima i različitim pristupima modeliranja (Smith i drugi, 2007). Coelho i drugi (2009) su primenom VSP (eng., *Vehicle specific power*) metoda kojim se upoređuje emisija koja potiče iz lakih teretnih vozila sa pogonom na benzin i dizel, odnosno uporednom primenom COPERT IV i MOBILE 6 modela došli do rezultata koji su mnogo bliži onima dobijenim primenom COPERT IV modela i zaključka da MOBILE 6 model prikazuje manje precizno poređenje lakih teretnih vozila sa pogonom na benzin i dizel gorivo.

### **2.3. Metoda simulacije distribucije emitovanih zagađujućih materija**

Termin simulacija često upotrebljavaju računarski stručnjaci, organizatori, inženjeri, menadžeri ili statističari, pod čime obično podrazumevaju proces izgradnje apstraktnih modela koji predstavljaju neke sisteme ili podsisteme u realnom svetu, kao i obavljanje određenih eksperimenata nad njima (Zrnić, 1985).

Neke od definicija pojma simulacija su:

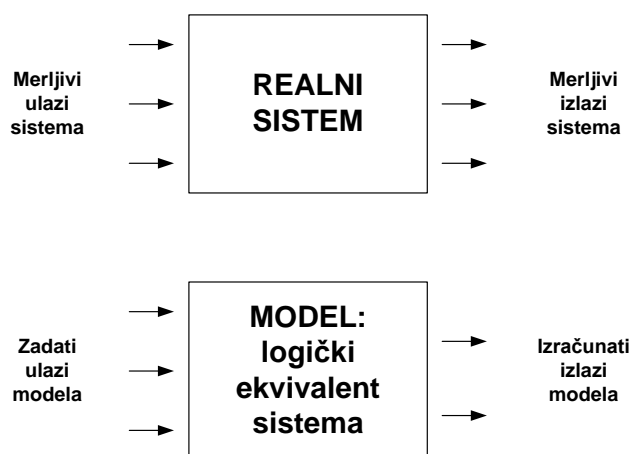
- Simulacija je numerička tehnika za obavljanje eksperimenata koristeći određene tipove matematičkih i logičkih modela kojima se opisuje ponašanje poslovnog ili nekog drugog ili nekih njegovih delova u određenom vremenskom periodu, posredstvom računara.
- Simulacija opisuje značajne aspekte sistema kao seriju jednačina uvršćenih u računarski program.
- Simulacija je imitacija skupa operacija, procesa ili ponašanja sistema koje se odvijaju u datom periodu vremena.
- Simulacija predstavlja pokretanje modela odgovarajućim ulazima i posmatranje odgovarajućih izlaza.

Uopšteno, proces simulacije se sastoji iz dve osnovne faze: faze izgradnje modela i faze eksperimentisanja na modelu uz analizu dobijenih rezultata. Obe ove faze

uključuju mnoge aktivnosti, koje su podjednako važne za uspešno izvršavanje simulacije.

Model sistema predstavlja uprošćenu i apstraktnu sliku realnog sistema, odnosno model je opis realnog sistema sa svim njegovim karakteristikama koje su relevantne iz ugla posmatranja pojedinca ili grupe koja se bavi simulacijom. (Radenković i drugi, 1999).

Ovakav pristup je prikazan na slici 2.1.



**Slika 2.1.** Realni sistem i model posmatran kao „crna kutija“

Simulacija distribucije emisije zagađujućih materija urađena je uz primenu softverskog alata AQRoads (eng., *Air Quality Roads*). AQRoads je softverska aplikacija sa grafičkim korisničkim interfejsom koja se koristi za proračun emisije zagađujućih materija u drumskom saobraćaju i simulaciju atmosferske disperzije preko dvodimenzionalnog domena.

Softverska aplikacija AQRoads korišćena je za proračun atmosferske disperzije za CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> i PM.

Emisija polutanata koja potiče iz saobraćaja preračunava se u skladu sa COPERT metodologijom, koja je u prethodnom delu rada objašnjena. Ova metodologija predstavlja evropski standard za određivanje emisije koja potiče iz saobraćaja.

Emisija polutanata koji dospevaju iz motornih vozila zavisi od više faktora, kao što su tip vozila, tip goriva, kapacitet motora, brzine vozila i od temperature vazduha. Vozni park se sastoji od različitih tipova vozila koji su zastupljeni u različitim procentima. Korisnik ovog softvera može da definiše različite vozne parkove. Naime,

korisnik može definisati jedan vozni park za ceo model, a može i za svaku saobraćajnicu po jedan, ako je to korisno.

Mreža puteva je definisana setom linkova. Link je segment koji povezuje dva čvora. Čvor je tačka koju na mapi opisuju  $x$  i  $y$  koordinate. Da bi se definisala saobraćajnica ponekad su potrebna dva linka, za oba pravca kretanja po jedan (AQRoads – User's Guide, 2004).

Za svaki link definišu se podaci o saobraćaju koji uključuju: ukupan broj vozila, procenat lakih motornih vozila (putnički automobili i laka teretna vozila), teških teretnih vozila i motocikala, prosečnu brzinu vozila za svaku kategoriju, vozni park za taj link, vrstu saobraćajnice (gradska, vangradska, autoput) (AQRoads – User's Guide, 2004).

Proračuni atmosfere disperzije zasnovani su na algoritmima koji su definisani u izveštaju FHWA-CA-TL-79-23, čiji je naziv: CALINE3 – svestran model disperzije za predviđanje nivoa zagađenja vazduha u blizini autoputeva i magistralnih ulica. Ovi algoritmi su implementirani u CALINE3 model, koji je preporučila „Američka agencija za zaštitu životne sredine“. CALINE3 deli linkove autoputa u serije elemenata na osnovu kojih se preračunavaju koncentracije, a zatim sumiraju u cilju određivanja ukupne koncentracije za određenu lokaciju receptora. Udaljenost receptora meri se od receptora do sredine autoputa. Prvi element se formira u toj tački kao kvadrat čije su strane jednake širini autoputa. Dužine takvih elemenata preračunavaju se po sledećoj formuli (Benson, 1979):

$$EL=W*BASE^{(NE-1)} \quad (2.10)$$

gde je:

EL – dužina elementa,

W – širina autoputa,

NE – broj elemenata, a

BASE – faktor rasta elementa.

Pri tome se, u zavisnosti od ugla između pravca vetra i pravca autoputa ( $\phi$ ), koriste različiti faktori rasta elemenata, i to (Benson, 1979):



$\text{PHI} < 20^\circ$ ,  $\text{BASE}=1,1$

$20^\circ \leq \text{PHI} < 50^\circ$ ,  $\text{BASE}=1,5$

$50^\circ \leq \text{PHI} < 70^\circ$ ,  $\text{BASE}=2,0$

$70^\circ \leq \text{PHI}$ ,  $\text{BASE}=4,0$

S obzirom na to da rezolucija elemenata sa većom udaljenošću od receptora postaje manje važna, da bi se obezbedila efikasnost proračuna faktori rasta elementa postaju veći. Izbor faktora rasta elemenata kao funkcija opsega ugla autoput – vetar (PHI) predstavlja dobar kompromis između preciznosti i efikasnosti proračuna (Benson, 1979).

Svaki element se kreira kao „ekvivalent” konačne linije izvora pozicionirane normalno u odnosu na pravac vetra i centrirane prema sredini elementa. U zavisnosti od pravca vetra za svaki element definisane su  $x - y$  koordinate. Pretpostavlja se da su emisije koje se pojavljuju u okviru elementa emitovane duž konačne linije izvora koja predstavlja element. Takođe, pretpostavlja se da distribucija emitovanih polutanata sledi Gausovu krivu raspodele.

Dužina i orijentacija konačne linije izvora predstavljaju funkcije veličine elementa i ugla između prosečnog pravca vetra i položaja autoputa. Vrednosti  $\text{PHI}=0$  ili  $\text{PHI}=90$  stepeni određene su u programu kao beznačajane, da bi se izbeglo deljenje nulom tokom trigonometrijskih proračuna konačne linije izvora (Benson, 1979).

Model CALINE3 obrađuje oblast iznad autoputa kao zonu uniformnih emisija i turbulencije. To se određuje kao miksirana zona i definiše kao oblast koja obuhvata saobraćajni put plus po tri metra sa svake strane. Dodatna širina se uključuje zbog konačne horizontalne disperzije zagađujućih materija motornih vozila.

Model CALINE3 omogućava modeliranje do 20 linkova i 20 receptora u okviru  $x - y$  ravni. Link se definiše kao pravolinijski segment saobraćajnice koji ima konstantnu širinu, visinu, gustinu saobraćaja i emisioni faktor vozila. Lokacija linka je specificirana koordinatama njegovih krajnjih tačaka. Lokacija receptora je specificirana koordinatama  $x, y, z$ . Tako se CALINE3 model može koristiti za modelovanje više izvora i receptora, ili segmenata saobraćajnica sa promenljivim emisionim faktorima. Program automatski sumira rezultate od svakog linka do svakog receptora.

Model CALINE3 zahteva unos širine i visine za svaki link autoputa. Širina autoputa se definiše kao širina pređenog puta plus po tri metra sa svake strane. Visina se definiše kao vertikalna razdaljina iznad ili ispod nivoa zemlje.

Da bi se odradila simulacija, AQRoads zahteva unošenje prosečne brzine vetra, temperature vazduha i pravca vetra. Ovaj softver, takođe, ima mogućnost predviđanja simulacije disperzije u cilju identifikovanja najgorih meteoroloških uslova.

## 2.4. Analitičke metode i modeli GIS-a

Godine 1963. nastao je prvi pravi geografski informacioni sistem – *Canadian GIS* (CGIS), čiji je začetnik bio Roger Tomlinson. Ovaj autor je predložio računarske metode koje bi se koristile pri analiziranju velikog broja zemljišnih karata za pronalaženje povoljnih lokacija za plantaže u istočnoj Africi, kao i za inventarizaciju zemljišta čitave Kanade. Godine 1965. arhitekta Howard Fisher je na Harvardskom univerzitetu osnovao laboratoriju za digitalnu grafiku i prostorne analize i ubrzo je izrađen programski paket *Sinergraphing Mapping System* (SYMAP) koji je korišćen za izradu tematskih karata zemljišta pomoću brzih pisača. Nakon dve godine, Zavod za statistiku započeo je sa obradom prostornih podataka, a ubrzo su stvorene i baze podataka TIGER (*Tissue-specific Gene Expression and Regulation*) i GBF (*Geographic Base Files*). GBF je bila jedna od baza prostornih podataka koji su bili strukturirani topološki i sadržala je prikaz putne mreže velikih gradskih područja. Posle završetka ovog projekta krenulo se sa digitalizacijom geografskih karata SAD-a, s kojih su digitalizovani putevi, železnice, vode i ostali linijski objekti. Ovaj posao je završen 1987. godine i napravljena je baza podataka pod nazivom *Digital Line Graph* (DLG) ubraja se u najveće civilne projekte geografskih informacionih sistema (Perković Dario, *Osnove geoinformatike*, 2010, *Povjesni razvoj kartografije i GIS-a*. URL:[http://rgn.hr/~dperko/nids\\_dperkovic/predavanja/03\\_Povjesni\\_razvoj\\_kartografije\\_i\\_GIS-a\\_09062010.pdf](http://rgn.hr/~dperko/nids_dperkovic/predavanja/03_Povjesni_razvoj_kartografije_i_GIS-a_09062010.pdf) (23.10.2010)).

GIS je jedna od najatraktivnijih informatičkih disciplina (tehnologija) današnjice koju karakteriše snažan razvoj i ekspanzija. GIS je sistem o celokupnom zemljišnom prostoru, koji obuhvata litosferu, hidrosferu, biosferu i atmosferu. Glavni predmeti posmatranja su prirodni i veštački geografski objekti, pri čemu se pod prirodnim

objektima podrazumevaju reke, jezera, obala mora, površine prekrivene vegetacijom i slično, a pod veštačkim objektima naselja, zgrade, putevi, železničke pruge, mostovi, razni vodovi kao što su: vodovodi, kanalizacija, dalekovodi, i slično ([http://rgn.hr/.../04\\_Perković Dario, Osnove geoinformatike, 2010, Značajke GIS-a](http://rgn.hr/.../04_Perković%20Dario,%20Osnove%20geoinformatike,%202010,%20Značajke%20GIS-a). URL:[http://rgn.hr/~dperko/nids\\_dperkovic/predavanja/04\\_Znacajke\\_GIS-a\\_10062010.pdf](http://rgn.hr/~dperko/nids_dperkovic/predavanja/04_Znacajke_GIS-a_10062010.pdf) (23.10.2010)).

Tehnologija GIS-a može se koristiti u različitim oblastima, odnosno za naučna istraživanja, upravljanje resursima, upravljanje imovinom, planiranje razvoja, planiranje infrastructure, prostorno planiranje i kartografiju. GIS mogu da koriste sve institucije i sva preduzeća koja se na bilo koji način bave prostorom, odnosno upravljanjem i upotrebom prostornih objekata. Kao što je prikazano na slici 2.2, GIS čine sledeći segmenti:

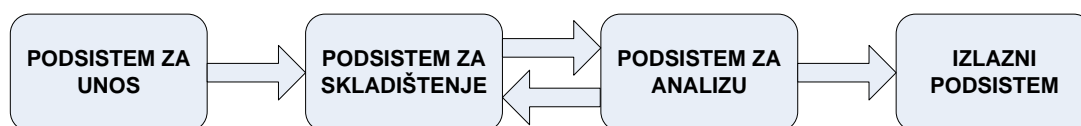
- *hardver* – računari na kojima GIS radi;
- *softver* – program koji služi kao alat za prikupljanje, analizu i prikazivanje podataka o prostoru;
- *podaci o prostoru* – podaci u obliku karte ili alfanumerički podaci, koji se mogu dobiti konverzijom klasične dokumentacije u odgovarajuće formate ili kupovinom istih na tržištu;
- *korisnici* – uključuje sve korisnike, od specijalista koji razvijaju i održavaju sistem do krajnjih korisnika koji izvršavaju svakodnevne poslove;
- *metode* – pažljivo kreirani planovi i pravila poslovanja specifična za svaku radnu organizaciju ili oblast primene.



**Slika 2.2.** Segmenti GIS-a (Izvor: Čekerevac i drugi, 2010)

GIS je sistem za upravljanje prostornim podacima i njihovim osobinama. U širem smislu to je sistem koji korisnicima daje mogućnost da postavljaju interaktivne upite, analiziraju prostorne informacije i uređuju podatke. Kao što je prikazano na slici 2.3, GIS čine četiri interaktivna podsistema:

- podsistem za unos koji vrši tzv. digitalizaciju podataka,
- podsistem za skladištenje i povezivanje podataka,
- podsistem za analizu i
- izlazni podsistem za izradu karata, tabela i dobijanje odgovora na postavljene upite.



**Slika 2.3.** Podsistemi GIS-a (Izvor: Čekerevac i drugi, 2010)

Da bi se formirao geografski informacijski sistem neophodno je ispoštovati dva principa. Prvi princip se odnosi na informacionu integraciju i sprovodi se u dva koraka: prvi korak se ogleda u uklanjanju nesklada između određenih baza, a drugi korak predstavlja primenu softvera koji povezuju takve baze u cilju ostvarivanja korisničkih

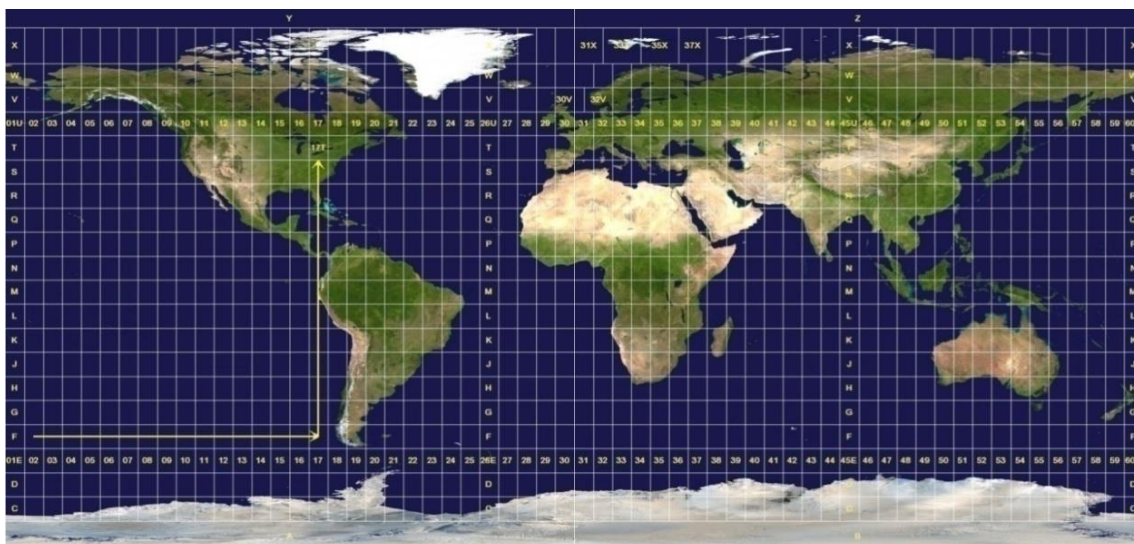
zahteva. Drugi princip se odnosi na uređenost i dostupnost. Uređenost se odnosi na poznavanje uzroka koji su doveli do razlika u informacijama ali i na precizne definicije prostora i atributa. Uređenost i dostupnost se postižu povezivanjem četiri elementa: hardvera, softvera, baza podataka i ljudi. U hardveru i softveru se nalaze uređene informacije o prostoru, a od uređenosti baza podataka i ljudi zavisi dostupnost informacija o prostoru. Naime, ovaj princip se postiže harmonizovanim odnosom ova četiri elementa i poštovanjem hijerarhije; pri tome, baze podataka predstavljaju najvažniji deo (Jović Jadranka, Podloga za predavanje iz primene GIS-a, 2008, *GIS i planiranje*.URL:<http://www.scribd.com/doc/6815390/GISiplaniranje> (16.07.2011.)).

Za primenu GIS-a potrebna je, pre svega, mapa na kojoj se prikazuju podaci. Ona mora biti što kvalitetnija, odnosno sa tačnim geografskim koordinatama. Koordinatni referentni sistem je koordinatni sistem koji je povezan sa Zemljom i geodetskim datumom, pri čemu je koordinatni sistem skup parametara pomoću kojih se opisuju lokacije na Zemljinoj površi, a geodetski datum definiše veličinu i oblik zemljanog elipsoida, kao i koordinatni početak i orijentaciju u odnosu na Zemlju.

Koordinatni referentni sistem može biti geodetski koordinatni sistem pri čemu se položaji određuju geografskom dužinom i širinom. Uglavnom se koristi projektovani koordinatni sistem, gde su korišćenjem „Map projekcije“ koordinate prebačene u ravan. U jednoj državi mogu se koristiti više različitih koordinatnih sistema; međutim, najčešće se primenjuje UTM (*Universal Transverse Mercator*) koordinatni sistem. UTM projekcija podrazumeva koordinatni sistem koji deli Zemlju na 60 zona. Početni meridijan prve zone je  $180^{\circ}$ , pri čemu širina zone iznosi  $6^{\circ}$ , a svaka zona se proteže od  $84^{\circ}$  severne geografske širine do  $80^{\circ}$  južne geografske širine. Van ove površi posebno su izdvojene dve polarne zone. Počev od 2000-ih sve više se koristi UTM koordinatni sistem, koji je prikazan na slici 2.4, u kome je datum i elipsoid definisan kao WGS84. (Rudarsko-geološki fakultet, predavanja, 2001, *Georeferenciranje*. URL:[http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/GO/VIII%20semestar/GIS%20aplikacija%20u%20geologiji/Predavanja/GIS2010\\_5.ppt](http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/GO/VIII%20semestar/GIS%20aplikacija%20u%20geologiji/Predavanja/GIS2010_5.ppt) (16.07.2011)).

Koordinatni referentni sistem WGS84 (UTM zona 34) može se koristiti u Srbiji. On pokriva čitavu teritoriju Srbije, a pored njega mogu se koristiti još dva koordinatna sistema: zona 6 i zona 7, pri čemu zona 6 obuhvata teritoriju zapadno od  $19^{\circ}30'$  prema Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini, a zona 7 obuhvata veći deo teritorije Srbije, odnosno

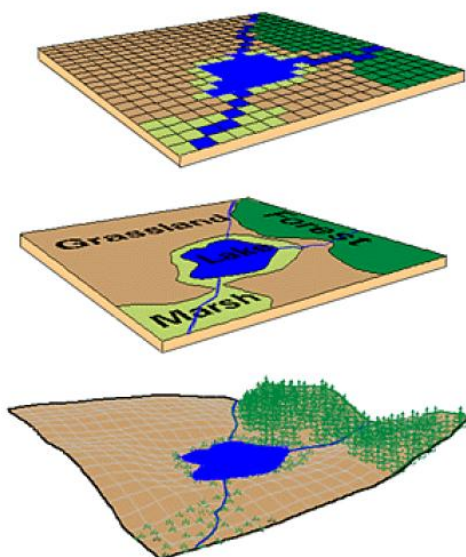
teritoriju istočno od 19°30'. Postoje i manji, zanemarljivi delovi istočne Srbije koji pripadaju zoni 8, ali su obuhvaćeni zonom 7 koja je tako proširena (Pavlović Dejan, *Geografski informacioni sistem (GIS) – uloga i značaj implementacije u nacionalnom parku Đerdap*. URL: <http://www.npdjerdap.org/publikacije/gis.pdf> (12.01.2011.)).



**Slika 2.4.** UTM projekcija (Izvor: Rudarsko-geološki fakultet, predavanja, 2001, *Georeferenciranje*. URL: [http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/GO/VIII%20semestar/GIS%20aplikacija%20u%geologiji/Predavanja/GIS2010\\_5.ppt](http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/GO/VIII%20semestar/GIS%20aplikacija%20u%geologiji/Predavanja/GIS2010_5.ppt) (16.07.2011))

Da bi se realni svet predstavio u digitalnom obliku GIS koristi dva različita modela: vektorski i rasterski (slika 2.5). Vektorski model realni svet predstavlja u obliku tačaka, linija i poligona. Ovi oblici imaju  $x - y$  koordinate, koje se koriste kao prostorne informacije. Sa druge strane, rasterski model je sličan matrici, pri čemu, svaka ćelija ima određene atribute i vrednosti.

GIS omogućava kreiranje mapa kao što su, na primer, ulične mreže, mreže železničkih linija, i slično. Pri tome, važno je napomenuti da se pored statičkih mapa mogu kreirati i mape koje je moguće obnavljati iz dana u dan ili čak i više puta u toku dana.



**Slika 2.5.** Rasterski, vektorski i realni model (Izvor: Čekerevac i drugi, 2010)

Dizajniranje baze podataka je veoma značajno, zbog toga što od njene organizacije zavisi dostupnost informacija. U geografskom informacionom sistemu se sreću sledeće strukture baza podataka: (1) hijerarhijski, (2) mrežni i (3) relacioni model.

Hijerarhijski model podrazumeva organizovanje podataka u više nivoa – u obliku drveta. Svaki element ima jednu vezu sa elementom višeg nivoa i više veza sa elementima nižeg nivoa, a nedostatak je što ne postoji veza između elemenata istog nivoa i što nije moguće formirati nove veze.

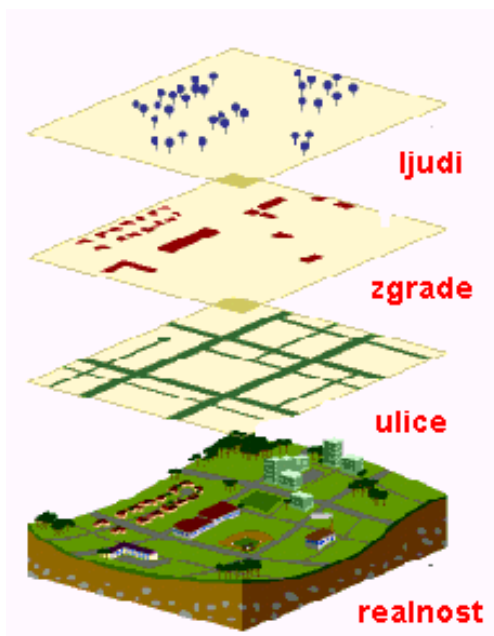
Mrežni model podrazumeva mrežnu strukturu baze podataka gde postoji više veza između podataka sa različitih nivoa. Nedostatak ovog modela ogleda se u tome što veze između entiteta istog tipa nisu dozvoljene.

Relacioni model podrazumeva veći broj tabela u kojima su smešteni određeni podaci. Ove tabele su međusobno povezane relacijama i tako povezane čine logičku celinu. Relacioni model se u poslednje vreme pokazao kao najbolje rešenje za bazu podataka.

GIS je, u stvari, jedna velika baza podataka u kojoj su geografske lokacije snimljene kao matematičke koordinate, a informacije o lokaciji su smeštene u tabelama koje su povezane sa lokacijom. Svaka informacija kojoj se može pridružiti koordinata, adresa ili naziv oblasti može se prostorno odrediti i predstaviti na karti. Ovaj postupak određivanja položaja na osnovu koordinata ili sličnih informacija naziva se

geokodiranje (Čekerevac i drugi, 2010). Zahvaljujući geokodiranju prostorne informacije su postale značajan segment u raznim analizama.

U različitim bazama podataka, odnosno slojevima nalaze se različiti tipovi informacija (slika 2.6). Tako da jedan sloj može da sadrži podatke o karakteristikama puteva, drugi podatke o opterećenju puteva, treći podatke o gustini stanovanja, itd. Slojeve je moguće prikazati pojedinačno ili u kombinaciji sa drugim slojevima, odnosno bazama podataka, o čemu odlučuje krajnji korisnik.



**Slika 2.6.** Primer GIS mape sa slojevima (Izvor: Jović Jadranka, *Podloga za predavanje iz primene GIS-a, 2008, GIS i planiranje*. URL:

<http://www.scribd.com/doc/6815390/GISiplaniranje> (16.07.2011.))

Relacije između podataka su prilagođene upitima, pri čemu upiti mogu biti prostorne i neprostorne prirode. Na taj način korisnik na osnovu prostornih i neprostornih informacija o određenim objektima može bolje da shvati i razume odnose u realnom svetu i da na osnovu njih donese bolju odluku. GIS kreira veze između podataka o prostoru i njihovih atributa prema usvojenom georelacionom modelu prostora, pri čemu su podaci o lokacijama predstavljeni topološkim modelom prostora, dok su tematski podaci smešteni u tabele kao standardne relacije baze podataka.



Osnovne funkcije koje većina softverskih paketa za GIS može da izvrši su (Jović Jadranka, Podloga za predavanje iz primene GIS-a, 2008, *GIS i planiranje*.URL:<http://www.scribd.com/doc/6815390/GISiplaniranje> (16.07.2011.)):

- Presentacija i tematsko mapiranje, čime se omogućava prikazivanje podataka na mapi, odnosno lokacije različitih entiteta i aktivnosti ili različitih atributa izabranih aktivnosti.
- Upiti, pri čemu se podrazumeva da svaki slog u datoteci sadrži adresu. Upotrebom GIS-a korisnik rezultate upita može, osim u formi tabele ili listinga videti i na mapi.
- Specijalni upiti, gde korisnik može kao alat upotrebiti i mapu za postavljanje upita, tako što će označiti oblast na mapi nakon čega će GIS pretražiti sve podatke koji zadovoljavaju kriterijume korisnika i prikazati na ekranu.
- Integracija baze podataka i ažuriranje, pri čemu je GIS nezaobilazni alat za one baze podataka za koje je lokacija ključni atribut.
- Baferisanje, pri čemu bafer predstavlja zonu fiksne širine oko nekog objekta na mapi i osnovu za uspostavljanje zone uticaja.
- Poentiranje na poligone, koje se odnosi na mogućnost „geosortiranja” tačaka unutar poligona.
- Preklapanje, koje se odnosi na mogućnost prostornog poređenja objekta na mapi i atributa kroz dva ili više slojeva.
- Rastojanje, susedstvo i analiza približnosti, pri čemu se analiza rastojanja odnosi na mogućnost izračunavanja rastojanja. Analiza susedstva odnosi se na mogućnost izračunavanja koji se objekti na mapi dodiruju. Analiza približnosti kombinuje i rastojanje i susedstvo, odnosno daje mogućnost određivanja koji su objekti sa mape blizu ili se dodiruju sa drugim objektima.

Softverski paketi za GIS mogu, pored ovih osnovnih funkcija, da izvrše i niz drugih kao što su funkcije iz oblasti GPS-a, DBMS-a (upravljenje bazom podataka), FM-a (pomoćni menadžment), digitalizacije, CAD-a (crtanje i uređivanje mapa) i druge. Vremenska komponenta je veoma bitan činilac geografskih informacionih sistema, jer potrebe za raznim analizama, upravljanjem i praćenjem procesa u geografskom

prostoru, zahtevaju uvođenje vremenskih informacija u geografskom informacionom sistemu, kao i vremensko proširenje njegovih komponenti i funkcija.

Snaga GIS-a ogleda se u integraciji različitih tipova podataka i mogućnosti postavljanja pitanja „šta ako”. Za većinu korisnika GIS-a najvažniji je kvalitetan ispis podataka u različitim oblicima, kao što su novi digitalni prostorni podaci, karte, tabele, i slično.

Izveštaj koji se dobija kao odgovor na većinu upita uglavnom je u formi tematske karte. Takvo prikazivanje informacija ima niz značajnih prednosti u odnosu na numeričke izveštaje. Naime, na tematskoj karti je mnogo lakše uočiti raspored, pravila kretanja i promene nekih vrednosti, nego u alfanumeričkim tabelama. Prema tome, izveštaji se u GIS-u mogu kreirati u različitim formama kao što su: tematske karte, 3D modeli terena, multimedijalni prikazi, tabelarni prikazi i slično.

U današnje vreme GIS se koristi za izvršenje različitih zadataka, kao što su: vođenje infrasturktturnih objekata, alokacija resursa, urbanistička planiranja, monitoring životne sredine i slično. U odnosu na konvencionalne metode rada primena GIS tehnologije omogućava veliki napredak u svim oblastima i procesima upravljanja, praćenja, organizacije i odlučivanja, a to je osnovni razlog zbog čega se može očekivati ubrzanje njegove implementacije i primene u Srbiji.

### **3. SAOBRAĆAJNI MODELI I KARAKTERISTIKE PUTNE MREŽE SRBIJE**

Jedna od osnovnih potreba ljudi je njihovo kretanje, ali i transport roba i informacija. Porast zahteva za korišćenjem saobraćajnih sredstava stalno je u porastu. Ovaj dugoročan trend značajno je ubrzan u drugoj polovini 20. veka. Danas se ljudi u velikoj meri oslanjaju na transportne sisteme koji su ujedno i podrška velikom broju aktivnosti privrede, pojedinaca, ali i društva kao celine. Saobraćaj u osnovi služi za savladavanje prostora, kao i svih ograničenja iz okruženja u kome se odvija. Ova ograničenja mogu biti posledica ljudskih aktivnosti, ali i prirodno-geografskih karakteristika, kao što su topografija i klima. Priroda saobraćajnih aktivnosti, pored navedenih karakteristika okruženja gde se odvija saobraćaj, zavisi i od toga šta se prevozi, na koji način, na kojoj relaciji i za koje vreme.

Prilikom transporta transportne jedinice od mesta A do mesta B moraju se uzeti u obzir prostorna ograničenja, kao što je frikcija, odnosno otpor savladavanja prostora. Pored toga što je osnovna funkcija saobraćaja savladavanje prostorne prepreke, saobraćaj mora biti i ekonomski isplativ. Osim toga, neophodna je i odgovarajuća infrastruktura kao podrška. Svrha transporta je, u tom smislu, osvajanje prostora i prevazilaženje ograničenja koja podrazumevaju mnoge fizičke i društvene prepreke. Osnovni cilj transporta je prevoz ljudi, tereta i informacija do određenog mesta, u određeno vreme.

Saobraćajna geografija je disciplina koja se bavi kretanjem robe, ljudi i informacija. Ona povezuje karakteristike prostora i ograničenja sa atributima kretanja kao što su: polazna i krajnja tačka, udaljenost i slično. Osnovu saobraćajne geografije čine tri koncepta (Ekonomski aspekt saobraćaja i transporta-osnovni pojmovi. URL: [http://uvodutransport.info/ust\\_materijali/2.%20Saobracajna%20geografija%20-%20prostorni%20aspekt%20saobracaja%20i%20transporta.pdf](http://uvodutransport.info/ust_materijali/2.%20Saobracajna%20geografija%20-%20prostorni%20aspekt%20saobracaja%20i%20transporta.pdf) (23.12.2010.)):

- transportne mreže (odnose se na prostornu strukturu i organizaciju transportne infrastrukture),
- transportni zahtevi (odnose se na zahteve za transportnom uslugom kao i način transporta kojim se obavlja prevoz), i

- transportni čvorovi (razmatraju složene veze između mreža, zahteva i prostora).

Transportne mreže su sastavljene od skupa linkova koji projektuju transportnu infrastrukturu, a nju čine putna mreža, prateći objekti, signalizacija i slično.

Transportni zahtevi su zahtevi za prevozom putnika i tereta i prenosom informacija. Oni direktno proističu iz aktivnosti privrede i društva, pa se zbog toga nazivaju i direktni transportni zahtevi. Međutim, transportni zahtevi mogu nastati i kao posledica samog kretanja; to su takozvani indirektni transportni zahtevi. Specifičan primer indirektnog transportnog zahteva je mirovanje tereta, koje je posledica aktivnosti u transportnom procesu.

Transportne čvorove čine mesta u kojima postoji koncentracija transportnih aktivnosti. Oni mogu biti lokalni, regionalni i međunarodni.

Kod modeliranja saobraćaja mogu se koristiti makroskopski, mezoskopski i mikroskopski modeli (Omega consult, *Saobraćajno planiranje*. URL: <http://www.omegaconsult.si/mne/index.php?id=static&nav1=2&nav2=9> (12.01.2011.)).

Makroskopski saobraćajni modeli se obično kreiraju za velika područja kao što su države, regije, itd. Ovi modeli su obično četvorostepeni i sastoje se iz sledećih nivoa: generacije putovanja, distribucije putovanja, izbora sredstava putovanja i opterećenja.

Makroskopski saobraćajni modeli mogu da uključe sve vrste individualnog i sve vrste teretnog saobraćaja. Rezultati koji se dobijaju kreiranjem ovog modela su rasporedi tokova vozila, odnosno osoba na saobraćajnoj mreži i njihova brzina i intenzitet po času ili danu.

Mezoskopski saobraćajni modeli se obično upotrebljavaju za urbana područja. Ovi modeli ne uključuju modeliranje potražnje, već samo opterećenje, pri čemu se posmatra svaka grupa ili jedinica individualno. Mezoskopski saobraćajni modeli detaljnije opisuju putnu mrežu, pri čemu uključuju osobine raskrsnice, priključka i odseka. Rezultat ovog modela su detaljne putanje i brzine vozila na mreži, kašnjenje na raskrsnicama i njihova dinamika.

Mikroskopski saobraćajni modeli omogućavaju najpreciznije i najdetaljnije analize saobraćaja. Kao i mezoskopski saobraćajni modeli i mikroskopski modeli uključuju opterećenje, koje posmatra svako vozilo, odnosno osobu individualno. Rezultat mikroskopskog modela je vizuelna simulacija saobraćaja, pri čemu se dobijaju

podaci o efikasnosti mreže, kao što su brzina i vreme putovanja, kašnjenja, zaustavljanja na raskrscima i njihova dinamika. Pouzdana i kvalitetna saobraćajna studija je osnova za kvalitetno planiranje i projektovanje saobraćajne infrastrukture.

Zbog toga se u okviru saobraćajnih studija analiziraju, predlažu i planiraju različiti tipovi rešenja za sve vrste saobraćaja. Saobraćajne studije se u odnosu na površinu prostora koji obuhvataju dele na: nacionalne, regionalne, opštinske, gradske i studije mikro lokacija.

U odnosu na namenu, saobraćajne studije se dele na sledeće segmente: studije drumskog saobraćaja, studije javnog saobraćaja, studije biciklističkog i pešačkog saobraćaja, te analize kapaciteta raskrsnica i odseka.

Saobraćajne studije se koriste za različite potrebe, na primer kod pripreme investicijske dokumentacije, pripreme građevinsko-tehničke dokumentacije, kod ekoloških studija, kod saobraćajno-ekonomskog vrednovanja, itd. Za potrebe saobraćajnih studija koriste se (Omega consult, *Saobraćajno planiranje*.URL: <http://www.omegaconsult.si/mne/index.php?id=static&nav1=2&nav2=9> (12.01.2011.)):

- brojanje i praćenje saobraćaja i anketiranje na putevima,
- merenja brzine putovanja i gustine saobraćaja,
- brojanje, praćenje i anketiranje na javnim saobraćajnim sredstvima,
- brojanje i anketiranje na parkiralištima, te
- anketiranje po domaćinstvima i privrednim subjektima.

### **3.1. Opis saobraćajne putne mreže Srbije**

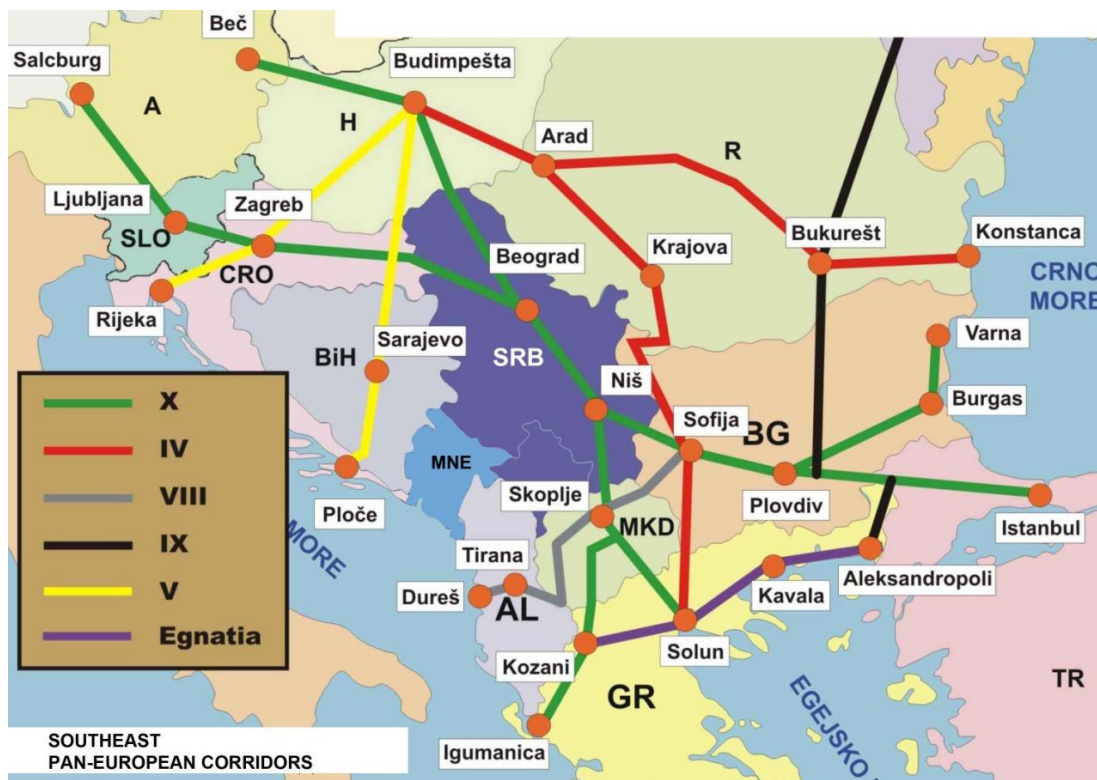
Srbija je zemlja sa srednjom gustom naseljenosti koja ima dobro razvijenu putnu mrežu. Gustina putne mreže u Srbiji, izračunata u odnosu na površinu i stanovništvo, nije mnogo ispod nivoa razvijenih evropskih zemalja. Glavni putevi u Srbiji prolaze kroz velike gradove i presecaju se u zoni Beograda i Niša.

Saobraćajna mreža puteva Srbije je usaglašena sa standardima Evropske unije. U skladu sa zahtevima za međunarodnim tranzitom i lokalne potražnje za transportom, Srbija razvija saobraćajnu mrežu puteva pri čemu se poseban akcenat stavlja na bezbednost na putevima i unapređenje upravljanja drumskim transportom. Prema

podacima JP „Putevi Srbije“, ukupna dužina putne mreže u Srbiji iznosi 40.845 km, pri čemu 38.600 km pokriva Centralnu Srbiju i uključuje 15.500 km primarnih i sekundarnih puteva, kao i oko 634 km autoputeva i polu – autoputeva, a više od 23.000 km tercijarnih ili lokalnih puteva.

Putnu mrežu Srbije čine (Generalni Master plan saobraćaja u Srbiji, br. 05SER01/04/016, 2009): 5.525 km državnih puteva I reda, 11.540 km državnih puteva II reda i 23.780 km lokalnih puteva. Pri čemu na celokupnoj putnoj mreži postoji: 498 km autoputeva sa putarinom i 136 km polu autoputeva sa putarinom. Dve petine deonica na celokupnoj mreži puteva čine kolovozi od tucanika i zemlje, a 32% puteva I i II reda su starije od 20 godina i samo 14% ima manje od 10 godina. Generalno, uvid u kvalitet postojeće putne mreže može se dobiti putem distribucije putnih deonica po tipu i kategoriji putne površine koju obuhvataju. Naime, poznato je da: skoro svi državni putevi I reda imaju moderan kolovoz, 13,5% puteva II reda čine deonice sa tucanikom i „prašnjavi putevi“, više od pola ukupne dužine lokalne putne mreže ne zadovoljava potrebe modernog saobraćaja

Mreža puteva u Srbiji deo je pan–evropskog koridora. Na drugoj pan–evropskoj konferenciji o transportu, na Kritu, u martu 1994. godine, definisano je deset pan–evropskih koridora kao rute u Centralnoj i Istočnoj Evropi koje su zahtevale veliko ulaganje tokom sledećih deset do petnaest godina. Na trećoj konferenciji u Helsinkiju 1997. godine napravljene su dopune. Iako postoje predlozi da se napravi kombinacija pan–evropskih i trans–evropskih saobraćajnih mreža, s obzirom da su većina uključenih zemalja sada članice EU, ovi koridori za razvoj se razlikuju jer u odnosu na pan–evropski koridor, trans–evropska saobraćajna mreža uključuju sve glavne uspostavljene rute u EU. Pan–evropski koridori u regionu čine osnovu intraregionalne mreže što je i prikazano na slici 3.1.



**Slika 3.1.** Jugoistočni pan-evropski koridori (Izvor: *Generalni Master plan saobraćaja u Srbiji*, br. 05SER01/04/016, 2009)

Deo sistema evropskih puteva čini i više od dve hiljade kilometara glavne putne mreže u Srbiji. Naime, kroz teritoriju Republike Srbije prolazi oko 792 km puteva Koridora X i njegovih grana X-b i X-c.

Celokupna putna mreža u Srbiji proteže se na nadmorskim visinama od 30 m u Negotinu do 1.700 m na Goliji, pri čemu se procenjuje da se 40% dužine putne mreže nalazi na visinama od preko 600 m. Kolovozi državnih puteva I i II reda bili su izgrađeni u periodu od 1962. do 1985. godine, gde su mnoge rute zadržale stare trase, pa je asfalt stavljen na već postojeći tucanik. U tom periodu projektovane i izgrađene su najbitnije rute tako da su ove deonice dobile bolje elemente vertikalne i horizontalne trase. Geometrijske karakteristike putne mreže Srbije se međusobno dosta razlikuju od uskih puteva sa dve trake, koji su zastupljeni u većini krajeva, do puteva sa četiri trake i autoputeva na glavnim pravcima. Generalno, putna mreža u Srbiji ima dovoljno kapaciteta da izdrži trenutno i procenjeno kratkoročno i srednjeročno povećanje saobraćaja (Generalni Master plan saobraćaja u Srbiji, br. 05SER01/04/016, 2009).

#### 4. KARAKTERISTIKE AUTOPUTA BEOGRAD – NIŠ

Autoput E-75 je evropski put A klase, koji spaja Norvešku i Grčku, odnosno ostrvo Krit; to je najduži evropski međunarodni put koji prolazi kroz Srbiju. Na celoj trasi evropskog puta E-75 kroz Srbiju planiran je autoput koji je već delimično ili potpuno izgrađen. Trasa ovog autoputa poklapa se sa sledećim magistralnim putevima (Vikipedija, Evropski put E-75. URL:[http://sr.wikipedia.org/wiki/Evropski\\_put\\_E75](http://sr.wikipedia.org/wiki/Evropski_put_E75) (23.10.2010)):

- M-22: autoput Horgoš (Mađarska) – Novi Sad;
- M-22: autoput Novi Sad – Beograd (osim mosta preko Dunava kod Beške i dela od Batajnice i Zemuna);
- M-22: polu autoput (obilaznica oko Beograda, koja većim delom ne postoji, a manjim čini put Dobanovci – Orlovača);
- M-1: autopu Beograd – Leskovac;
- M-1: polu autoput Leskovac – Tabanovce (Makedonija).

Očigledno je da se deonica Beograd – Niš poklapa sa magistralnim putem M-1 i ta deonica je autoput. Geometrijski presek autoputa čine (Javni putevi Srbije; Koridor X, Idejni projekat autoputa E-75, 2009.):

- vozne trake:  $4 \times 3,75 \text{ m} = 15,00 \text{ m}$ ,
- zaustavne trake:  $2 \times 2,50 \text{ m} = 5,00 \text{ m}$ ,
- ivične trake:  $2 \times (0,50 \text{ m} + 0,20 \text{ m}) = 1,40 \text{ m}$ ,
- ukupan kolovoz =  $2 \times 10,70 \text{ m}$ ,
- razdelna traka:  $1 \times 4,00 \text{ m} = 4,00 \text{ m}$ ,
- zemljana bankina:  $2 \times 1,50 (1,00) \text{ m} = 3,00 (2,00) \text{ m}$ ,  
što ukupno iznosi:  $28,40 (27,40) \text{ m}$ .

Primarna funkcija autoputa E-75 od Beograda do Niša je obezbeđenje putne saobraćajnice velikog kapaciteta i visokog nivoa saobraćajne usluge za zadovoljenje očekivanih saobraćajnih tokova, dok je sekundarna funkcija neposredni podsticaj za



razvoj područja i saobraćajno povezivanje u zoni uticaja autoputa. Primarna funkcija dogradnje, opremanja i uređenja koridora autoputa E-75, odnosno deonice Beograd – Niš, prilagođena je zahtevima veličine i strukture očekivanih saobraćajnih tokova u razdoblju od 1997. do 2020. godine i dalje, što je utvrđeno dosadašnjim istraživanjima prosečnog godišnjeg dnevnog saobraćaja (PGDS). U tabeli 4.1 („Službeni glasnik RS“, br.69/03) je data projekcija prosečnog protoka saobraćaja za navedene godine za autoput Beograd – Niš.

**Tabela 4.1.** Prognoza prosečnog obima saobraćaja na autoputu E-75, Beograd – Niš  
(Izvor: „Službeni glasnik RS“, br.69/03)

<b>Godina</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>1997</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2020&gt;</b>
PGDS	15.000	5.000	7.330	8.000	12.000	15.000	22.000	30.000

#### **4.1. Opis deonica autoputa Beograd – Niš**

U okviru ovog poglavlja prikazane su osnovne prostorne i saobraćajne karakteristike autoputa E-75 na deonici Beograd – Niš. Pri tome, deonica autoputa E-75 od Beograda do Niša podeljena je na 20 deonica:

1. Deonica: Beograd – Tranšped. Ova deonica počinje od Beograda i prostire se 14,5 km prema jugoistoku. Regionalni put R-100 vodi do Smedereva preko nadvožnjaka. Magistralni put M-22 uključuje se sa desne strane autoputa. Ova deonica se prostire nizbrdo.

2. Deonica: Tranšped – Vrčin. Dužina ove deonice je 4,4 km. Deonica se prostire nizbrdo. Regionalni put R-204 preko nadvožnjaka spaja regionalne puteve R-100 i R-200. Uz desnu stranu ove deonice prolazi železnička pruga koja ide prema Požarevcu.

3. Deonica: Vrčin – M. Požarevac. Dužina ove deonice iznosi 14,3 km i prostire se nizbrdo. Železnička pruga se prostire sa desne strane deonice. Kod M. Požarevca je isključenje koje regionalnim putem R-100 sa leve strane deonice vodi do Umčara i Grocke, a sa desne strane je regionalni put koji vodi prema Barajevu.

4. Deonica: M. Požarevac – Umčari. Dužina ove deonice iznosi 6,5 km. Sa leve strane deonice je pruga koja ide ispod podvožnjaka sa desne na levu stranu autoputa i ide prema Požarevcu. Kod Umčara je uključenje regionalnog puta R-100 od Grocke, sa leve strane autoputa.

5. Deonica: Umčari – Vodanj. Dužina ove deonice iznosi svega 2,8 km. Sa leve strane do Požarevca i Kučeva prostire se železnička pruga. Na ovoj deonici Smederevo i Mladenovac preko nadvožnjaka spaja regionalni put R-202.

6. Deonica. Vodanj – Kolari. Dužina ove deonice iznosi 3,1 km. Pruga koja vodi prema Požarevcu prostire se sa leve strane autoputa. Sa leve strane je i regionalni put R-109 koji spaja Smederevo i S. Palanku.

7. Deonica: Kolari – Smederevo. Dužina ove deonice iznosi 11,9 km. Sa leve strane je magistralni put M-1.10. Ovu deonicu karakteriše ravan put. Sa njene leve strane je železnička pruga koja ide ka Požarevcu.

8. Deonica: Smederevo – Požarevac. Dužina deonice je 6 km. Nadvožnjakom regionalni put R-109b koji ide do S. Palanke povezuje magistralni put M-24 i autoput. Sa leve strane autoputa na ovoj deonici je železnička pruga koja vodi ka Požarevcu.

9. Deonica: Požarevac – V. Plana. Dužina deonice je 28,4 km. Sa leve strane deonice je železnička pruga koja ide od Beograda ka Nišu. Regionalni put R-109a preko podvožnjaka spaja regionalni put R-214 sa S. Palankom.

10. Deonica: V. Plana – Markovac. Dužina deonice je 12 km. Sa leve strane deonice je reka V. Morava. Pruga Beograd – Niš blizu V. Plane prelazi podvožnjakom sa leve na desnu stranu. Takođe, sa desne strane je i regionalni put R-214 koji povezuje V. Planu i Niš.

11. Deonica: Markovac – Lapovo. Dužina ove deonice je 6,4 km. Sa leve strane deonice je reka V. Morava. Magistralni put M-4 povezuje Raču i Svilajnac. Sa desne strane je regionalni put R-214 koji vodi do Niša i železnička pruga.

12. Deonica: Lapovo – Batočina. Dužina deonice je 3,8 km. Sa leve strane deonice je reka V. Morava. Sa desne strane je i regionalni put R-214 koji povezuje V. Planu i Niš. Kod Batočine je isključenje magistralnim putem M-1.11 za Kragujevac. Železnička pruga se kod Batočine račva, tako da jedan krak ide prema Kragujevcu, a drugi prema Nišu.

13. Deonica: Batočina – Jagodina. Dužina deonice je 21,9 km. Sa desne strane deonice prostire se železnička pruga koja vodi ka Nišu i regionalni put R-214 koji takođe ide prema Nišu. Sa leve strane je reka V. Morava. Regionalni put R-110 preko podvožnjaka spaja Glogovac i Jagodinu.

14. Deonica: Jagodina – Čuprija. Dužina deonice je 12,8 km. Sa desne strane deonice nalazi se regionalni put R-214 i železnička pruga koji vode ka Nišu. Reka V. Morava kod Čuprije prelazi na desnu stranu autoputa. Regionalni put R-108 preko nadvožnjaka spaja Glogovac i Čupriju.

15. Deonica: Čuprija – Paraćin. Dužina deonice je 10,7 km. Sa desne strane su železnička pruga, reka V. Morava i regionalni put R-214. Regionalni put R-103 spaja preko nadvožnjaka Čupriju i Despotovac, a magistralni put preko nadvožnjaka spaja Paraćin i Zaječar.

16. Deonica: Paraćin – Pojate. Dužina ove deonice je 12,1 km. Sa desne strane ove deonice nalaze se železnička pruga i regionalni put R-214 koji vode ka Nišu, kao i reka V. Morava.

17. Deonica: Pojate – Ražanj. Dužina deonice je 14,7 km. Regionalni put R-214 prelazi na levu stranu preko nadvožnjaka kod Pojata, a tu je i isključenje za Kruševac sa desne strane.

18. Deonica: Ražanj – Al. Rudnici. Dužina deonice je 18 km. Regionalni put R-214 kod Ražnja prelazi nadvožnjakom na desnu stranu do Al. Rudnika, kad ponovo nadvožnjakom prelazi na levu stranu. Desnom stranom ove deonice prostire se reka Južna Morava.

19. Deonica: Al. Rudnici – Aleksinac. Dužina deonice je 3,7 km. Sa desne strane je regionalni put R-214. Regionalni put R-121 nadvožnjakom povezuje Al. Rudnike i Aleksinac sa Vukanjom.

20. Deonica: Aleksinac – Niš. Dužina ove deonice je 22,8 km. Sa desne strane deonice prostire se reka J. Morava i železnička pruga koja ide ka Nišu. Regionalni put R-214 nalazi se sa leve strane ove deonice i vodi do Niša. Autoput na ovoj deonici je ravan.

## 4.2. Određivanje najprometnijih deonica na autoputu Beograd – Niš

Prema studiji koje je obavilo JP „Putevi Srbije” i prikazalo u elektronskoj publikaciji „Brojanje saobraćaja na putevima Republike Srbije u 2009. godini”, izvršena je podela broja vozila prema kategorijama na deonicama autoputa Beograd – Niš, na godišnjem nivou i dnevno (tabela 4.2).

**Tabela 4.2.** Broj vozila na autoputu Beograd – Niš, po kategorijama u 2009. godini  
(Izvor: JP „Putevi Srbije”, 2009)

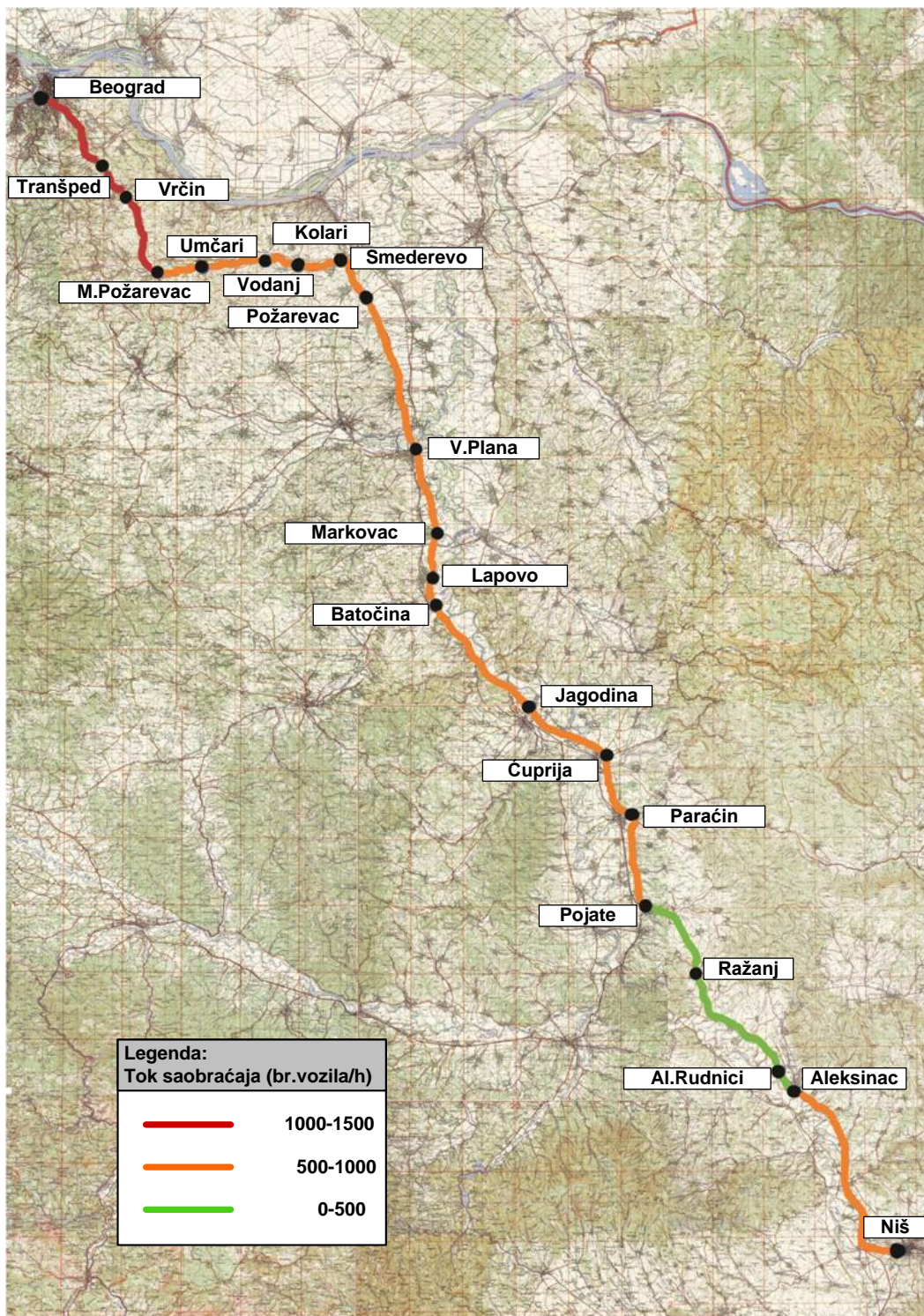
DEONICA	SMER	KATEGORIJA				SVEGA
		1	2	3	4	
Beograd Tranšped	Bgd-Niš	4702866	23375	594477	312715	5633453
	Niš-Bgd	4581936	21558	590467	345068	5539029
	PROTOK	9284822	44933	1184944	657783	11172482
	PGDS	25438	123	3246	1789	30610
Tranšped Vrčin	Bgd-Niš	4638370	23293	585922	310318	5557903
	Niš-Bgd	4518571	21471	581728	342672	5464442
	PROTOK	9156941	44764	1167650	652990	11022345
	PGDS	25088	123	3199	1789	30198
Vrčin M.Požarevac	Bgd-Niš	4154316	23039	551330	308845	5037530
	Niš-Bgd	5048775	21203	545590	341093	4956661
	PROTOK	8203091	44242	1096920	649938	9994191
	PGDS	22474	121	3005	1781	27381
M. Požarevac Umčari	Bgd-Niš	2961670	18929	415096	283430	3679125
	Niš-Bgd	2839757	17101	409436	313150	3579444
	PROTOK	5801427	36030	824532	596580	7258569
	PGDS	15894	99	2259	1634	19886
Umčari Vodanj	Bgd-Niš	2906195	18731	409310	282276	3616512
	Niš-Bgd	2786621	17071	401560	312437	3517689
	PROTOK	5692816	35802	810870	594713	7134201
	PGDS	15597	98	2222	1629	19546
Vodanj Kolari	Bgd-Niš	2741397	17958	397396	278934	3435685
	Niš-Bgd	2639473	16342	391045	308523	3355383
	PROTOK	5380870	34300	788441	587457	6791068
	PGDS	14742	94	2160	1609	18606
Kolari Smederevo	Bgd-Niš	2686280	17690	391567	277780	3373317
	Niš-Bgd	2584219	16006	384233	307515	3291973
	PROTOK	5270499	33696	775800	585295	6665290
	PGDS	14440	92	2125	1604	18261
Smederevo Požarevac	Bgd-Niš	2845267	19177	432485	334223	3631152
	Niš-Bgd	2757477	17650	426232	351545	3552904
	PROTOK	5602744	36827	858717	685768	7184056
	PGDS	15350	101	2353	1879	19682

Požarevac V. Plana	Bgd-Niš	2367180	15812	366538	308225	3057755
	Niš-Bgd	2266579	14337	356959	319907	2957782
	PROTOK	4633759	30149	723497	628132	6015537
	PGDS	12695	83	1982	1721	16481
V. Plana Markovac	Bgd-Niš	2382502	16854	380151	335974	3115481
	Niš-Bgd	2291090	15465	370867	339875	3017297
	PROTOK	4673592	32319	751018	675849	6132778
	PGDS	12804	89	2058	1852	16802
Markovac Lapovo	Bgd-Niš	2468869	17156	388311	339069	3213405
	Niš-Bgd	2385592	16007	381670	340793	3124062
	PROTOK	4854461	33163	769981	679862	6337467
	PGDS	13300	91	2110	1863	17363
Lapovo Batočina	Bgd-Niš	2407162	16803	382206	331782	3137953
	Niš-Bgd	2332670	15748	377750	338341	3064509
	PROTOK	4739832	32551	759956	670123	6202462
	PGDS	12986	89	2082	1836	16993
Batočina Jagodina	Bgd-Niš	2074733	15089	341065	303883	2734770
	Niš-Bgd	2014221	14192	338045	311052	2677510
	PROTOK	4088954	29281	679110	614935	5412280
	PGDS	11203	80	1861	1685	14828
Jagodina Ćuprija	Bgd-Niš	1918062	13907	307632	295393	2534994
	Niš-Bgd	1864538	12896	304458	301719	2483611
	PROTOK	3782600	26803	612090	597112	5018605
	PGDS	10363	73	1677	1636	13750
Ćuprija Paraćin	Bgd-Niš	1916432	14123	310071	291583	2532209
	Niš-Bgd	1863388	13141	306829	298810	2482168
	PROTOK	3779820	27264	616900	590393	5014377
	PGDS	10356	75	1690	1618	13738
Paraćin Pojate	Bgd-Niš	1806318	12604	293384	274163	2386469
	Niš-Bgd	1761266	11743	290481	281696	2345186
	PROTOK	3567584	24347	583865	555859	4731655
	PGDS	9774	67	1600	1523	12963
Pojate Ražanj	Bgd-Niš	1499293	10240	253531	263877	2026941
	Niš-Bgd	1463463	9348	249566	281204	2003581
	PROTOK	2962756	19588	503097	545081	4030522
	PGDS	8117	54	1378	1493	11043
Ražanj Al. Rudnici	Bgd-Niš	1472436	9825	252762	263026	1997874
	Niš-Bgd	1436173	8956	248102	280048	1973279
	PROTOK	2908609	18781	500864	542899	3971153
	PGDS	7969	51	1372	1492	10880
Al. Rudnici Aleksinac	Bgd-Niš	1492368	10011	238513	263026	2003918
	Niš-Bgd	1443683	9271	232939	281706	1967599
	PROTOK	2936051	19282	471452	544732	3971517
	PGDS	8044	53	1292	1492	10881
Aleksinac Niš	Bgd-Niš	1728576	10623	280824	271645	2291668
	Niš-Bgd	1686666	10015	276655	290288	2263624
	PROTOK	3415242	20638	557479	561933	4555292
	PGDS	9357	57	1527	1540	12480

U svrhu lakšeg određivanja najprometnijih deonica na autoputu Beograd – Niš, u tabeli 4.3 prikazano je procentualno učešće vozila po kategorijama. Na osnovu toga su u zadnjoj koloni rangirane deonice u odnosu na ukupan protok saobraćaja, a na slici 4.1 prikazan je tok saobraćaja po deonicama; pri tom, deonice su obeležene prema intenzitetu vozila na sat.

**Tabela 4.3.** Učešće vozila po kategorijama u ukupnom protoku saobraćaja po deonicama i njihovo rangiranje

Naziv deonice	Kategorija vozila (u %)				Rang
	I	II	III	IV	
Beograd – Tranšped	83,10	0,40	10,61	5,89	1
Tranšped – Vrčin	83,08	0,41	10,59	5,92	2
Vrčin – M. Požarevac	82,08	0,44	10,98	6,50	3
M. Požarevac – Umčari	79,93	0,50	11,36	8,21	4
Umčari – Vodanj	79,80	0,50	11,37	8,33	6
Vodanj – Kolari	79,23	0,51	11,61	8,65	7
Kolari – Smederevo	79,07	0,51	11,64	8,78	8
Smederevo – Požarevac	77,99	0,51	11,95	9,55	5
Požarevac – V. Plana	77,03	0,50	12,03	10,44	12
V. Plana – Markovac	76,21	0,53	12,25	11,01	11
Markovac – Lapovo	76,60	0,52	12,15	10,73	9
Lapovo – Batočina	76,42	0,53	12,25	10,80	10
Batočina – Jagodina	75,55	0,54	12,55	11,36	13
Jagodina – Čuprija	75,37	0,53	12,20	11,90	14
Čuprija – Paraćin	75,38	0,54	12,30	11,78	15
Paraćin – Pojate	75,40	0,51	12,34	11,75	16
Pojate – Ražanj	73,51	0,49	12,48	13,52	18
Ražanj – Al. Rudnici	73,24	0,47	12,61	13,68	20
Al. Rudnici – Aleksinac	73,93	0,49	11,87	13,71	19
Aleksinac – Niš	74,97	0,45	12,24	12,34	17



Slika 4.1. Tok saobraćaja po deonicama

## **5. EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA NA AUTOPUTU BEOGRAD – NIŠ**

Kvalitet vazduha u urbanim i ruralnim sredinama nastavlja da bude predmet zabrinutosti kada je u pitanju ljudsko zdravlje i uticaj na životnu sredinu. Mnogi gradovi i naselja u njihovoj blizini širom sveta imaju iskustva sa visokim nivoom zagađenja vazduha koje potiče iz različitih izvora koji emituju zagađujuće materije, uključujući i drumski saobraćaj kao dominantan izvor. Kao rezultat toga kontrolne strategije se moraju razvijati da bi se minimizirali uticaji na životnu sredinu, ali i maksimizirala efikasnost motornog saobraćaja (O'Donoghue i drugi, 2007). Prvi korak u cilju smanjenja zagađenja vazduha predstavlja izračunavanje emisije. S obzirom na to da je drumski saobraćaj jedan od najvećih zagađivača vazduha u ovom radu je urađen proračun emisije zagađujućih materija koje potiču iz motornih vozila na autoputu Beograd – Niš.

### **5.1. Određivanje ulaznih parametara za proračun emisije motornih vozila**

Za proračun emisije izduvnih gasova korišćeni su podaci o voznom parku Republike Srbije, podaci o protoku vozila na autoputu Beograd – Niš, kao i emisioni faktori iz softverskog alata COPERT 4 (verzija 8.0) koji su detaljnije objašnjeni u drugom poglavlju ove disertacije. Podaci o vozilima su prikupljeni iz Republičkog zavoda za statistiku i Ministarstva unutrašnjih poslova, a za potrebe proračuna emisije korišćeni su i podaci o meteorološkim parametrima, preuzeti iz Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (Institut saobraćajnog fakulteta, 2010).

Da bi podaci o vozilima mogli da se koriste za COPERT 4 softver bilo je potrebno da se postojeća kategorizacija vozila prilagodi kategorizaciji vozila u COPERT IV modelu. U evidenciji registrovanih vozila Republike Srbije su prisutne sledeće kategorije: (1) putnički automobili; (2) teretna vozila; (3) vučna vozila; (4) kombi; specijalna, odnosno radna vozila; (5) autobusi i (6) motocikli.



Kategorizacija koja je potrebna da bi se obavio unos podataka za proračun uključuje sledeće grupe vozila: (1) putničke automobile; (2) laka teretna vozila; (3) teška teretna vozila; (4) autobuse i (5) mopede i motocikle.

Vrste goriva koje se nalaze u evidenciji registrovanih vozila su: (1) benzin 98; (2) benzin 86; (3) dizel; (4) mešavina; (5) benzin – gas i (6) električna energija.

Kategorizacija prema vrsti goriva, koja je potrebna za unos u bazu podataka koju koristi softverski alat uključuje: (1) benzin koji sadrži olovo; (2) bezolovni benzin; (3) dizel; (4) TNG, (5) hibrid i (6) KPG.

Svaka kategorija vozila iz evidencije registrovanih vozila ima posebne karakteristike, odnosno uslove prema kojima se vozila grupišu. Kod putničkih automobila grupisanje pogonskog goriva izvršeno je na sledeći način:

- benzin 98 i benzin 86 svrstani su pod benzin;
- od ukupnog broja putničkih automobila sa pogonom na benzin sva proizvedena od 1992. godine svrstana su pod PA sa pogonom na benzin koji sadrži olovo;
- putnički automobili marke i tipa Zastava 10 svrstani su pod PA sa pogonom na benzin koji sadrži olovo;
- pogonsko gorivo mešavina i električna energija podeljeni su na benzin i dizel, tako što se prema marki i tipu vozila odredilo da li je vozilo sa pogonom na benzin ili dizel;
- benzin – gas svrstan je pod TNG;
- električna energija je svrstana pod benzin.

Posle toga vozila su grupisana po zapremini motora, a s obzirom na to da podaci za određeni broj vozila nisu adekvatni korekcija tih vrednosti je izvršena u toku pregleda evidencije. Zatim su učesnici projekta sa Instituta saobraćajnog fakulteta primenom odgovarajućeg softvera, koji je razvijen na osnovu postavljenih kriterijuma, izvršili grupisanje vozila prema zapremini motora (Institut saobraćajnog fakulteta, 2010). Za potrebe proračuna emisije primenom softverskog alata COPERT IV, za autoput Beograd – Niš korišćeni su podaci o protoku vozila na 20 deonica tog autoputa koji su preuzeti iz elektronske publikacije koju je objavilo JP „Putevi Srbije” (JP „Putevi Srbije”, 2009). Ovi podaci su iskorišćeni za grupisanje vozila po kategorijama

koje zahteva pomenuti softverski alat tako što su podaci iz elektronske publikacije, prema kojima su vozila grupisana u četiri kategorije, procentualno grupisani u odnosu na ukupan broj registrovanih vozila prema kategorijama koje zahteva softverski alat COPERT IV. U tabelama 5.1–5.20. prikazan je broj vozila po tehnologiji na svakoj deonici autoputa Beograd – Niš, u 2009. godini.

**Tabela 5.1.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Beograd – Tranšped

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	5805	autobus 15-18t	
PRE ECE	17429	EURO 3	22105	konvencionalna	18992
ECE 15/00-01	98155	Četvorotaktni motocikli 250-750cm <sup>3</sup>		EURO 1	2839
ECE 15/02	133014	konvencionalna	23788	EURO 2	4081
ECE 15/03	523801	EURO 1	4178	EURO 3	18671
ECE 15/04	1838350	EURO 2	3966	EURO 4	6449
EURO 1	243095	EURO 3	7220	EURO 5	386
EURO 2	411886	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	569668	konvencionalna	8056	konvencionalna	31322
EURO 4	565082	EURO 1	2195	EURO 1	3846
Benzin 1.4-2t		EURO 2	2585	EURO 2	4638
PRE ECE	7339	EURO 3	4713	EURO 3	8784
ECE 15/00-01	14677	Benzin <3.5t		EURO 4	5934
ECE 15/02	33942	konvencionalna	11036	EURO 5	1178
ECE 15/03	215575	EURO 1	1348	20-26t	
ECE 15/04	682501	EURO 2	521	konvencionalna	9735
EURO 1	205484	EURO 3	575	EURO 1	3026
EURO 2	357763	EURO 4	139	EURO 2	5657
EURO 3	446745	Dizel <3.5t		EURO 3	7565
EURO 4	166039	konvencionalna	18351	EURO 4	1776
Benzin >2t		EURO 1	5136	EURO 5	132
PRE ECE	826	EURO 2	3303	26-28t	
ECE 15/00-01	1468	EURO 3	3244	konvencionalna	10261
ECE 15/02	3027	Benzin <=7.5t		EURO 1	3092
ECE 15/03	12843	konvencionalna	119962	EURO 2	5657
ECE 15/04	44032	EURO 1	36754	EURO 3	7696
EURO 1	22016	EURO 2	66178	EURO 4	1776
EURO 2	31190	EURO 3	92801	EURO 5	132
EURO 3	44950	EURO 4	20371	28-32t	
EURO 4	22934	EURO 5	1293	konvencionalna	18286
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	6380
konvencionalna	632965	konvencionalna	69412	EURO 2	11511
EURO 1	129345	EURO 1	21341	EURO 3	16116
EURO 2	246765	EURO 2	38263	EURO 4	3552
EURO 3	571503	EURO 3	53783	EURO 5	263
EURO 4	366936	EURO 4	11748	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	754	konvencionalna	165104
konvencionalna	49536	12-14t		EURO 1	47821
EURO 1	18530	konvencionalna	55185	EURO 2	91629
EURO 2	27520	EURO 1	17030	EURO 3	127413
EURO 3	57792	EURO 2	30395	EURO 4	28219
EURO 4	45867	EURO 3	40742	EURO 5	1842
TNG		EURO 4	9700	34-40t	
konvencionalna	173377	EURO 5	647	konvencionalna	27561
EURO 1	26603	14-20t		EURO 1	9538
EURO 2	44950	konvencionalna	137530	EURO 2	13353
EURO 3	35776	EURO 1	39772	EURO 3	20720
EURO 4	32107	EURO 2	78466	EURO 4	11051
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	110046	EURO 5	921
konvencionalna	17559	EURO 4	24035		
EURO 1	9248	EURO 5	1617		

**Tabela 5.2.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Tranšped – Vrčin

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	5725	autobus 15-18t	
PRE ECE	17189	EURO 3	21801	konvencionalna	18715
ECE 15/00-01	96804	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	2797
ECE 15/02	131182	konvencionalna	23460	EURO 2	4022
ECE 15/03	516587	EURO 1	4121	EURO 3	18398
ECE 15/04	1813030	EURO 2	3912	EURO 4	6354
EURO 1	239747	EURO 3	7120	EURO 5	380
EURO 2	406213	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	561822	konvencionalna	7945	konvencionalna	30865
EURO 4	557299	EURO 1	2165	EURO 1	3789
Benzin 1.4-2t		EURO 2	2549	EURO 2	4571
PRE ECE	7238	EURO 3	4648	EURO 3	8656
ECE 15/00-01	14475	Benzin <3.5t		EURO 4	5848
ECE 15/02	33474	konvencionalna	10994	EURO 5	1161
ECE 15/03	212606	EURO 1	1343	20-26t	
ECE 15/04	673101	EURO 2	519	konvencionalna	9664
EURO 1	202654	EURO 3	573	EURO 1	3004
EURO 2	352835	EURO 4	139	EURO 2	5616
EURO 3	440592	Dizel <3.5t		EURO 3	7509
EURO 4	163752	konvencionalna	18282	EURO 4	1763
Benzin >2t		EURO 1	5117	EURO 5	131
PRE ECE	814	EURO 2	3290	26-28t	
ECE 15/00-01	1448	EURO 3	3232	konvencionalna	10187
ECE 15/02	2986	Benzin <=7.5t		EURO 1	3069
ECE 15/03	12666	konvencionalna	118211	EURO 2	5616
ECE 15/04	43426	EURO 1	36217	EURO 3	7640
EURO 1	21713	EURO 2	65213	EURO 4	1763
EURO 2	30760	EURO 3	91446	EURO 5	131
EURO 3	44331	EURO 4	20074	28-32t	
EURO 4	22618	EURO 5	1275	konvencionalna	18153
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	6334
konvencionalna	624247	konvencionalna	68399	EURO 2	11427
EURO 1	127564	EURO 1	21029	EURO 3	15998
EURO 2	243366	EURO 2	37704	EURO 4	3526
EURO 3	563632	EURO 3	52998	EURO 5	261
EURO 4	361882	EURO 4	11577	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	743	konvencionalna	163900
konvencionalna	48854	12-14t		EURO 1	47472
EURO 1	18275	konvencionalna	54379	EURO 2	90962
EURO 2	27141	EURO 1	16781	EURO 3	126484
EURO 3	56996	EURO 2	29951	EURO 4	28013
EURO 4	45235	EURO 3	40147	EURO 5	1828
TNG		EURO 4	9559	34-40t	
konvencionalna	170989	EURO 5	637	konvencionalna	27360
EURO 1	26236	14-20t	54379	EURO 1	9468
EURO 2	44331	konvencionalna	16781	EURO 2	13256
EURO 3	35284	EURO 1	29951	EURO 3	20569
EURO 4	31665	EURO 2	40147	EURO 4	10970
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	9559	EURO 5	914
konvencionalna	17318	EURO 4	637		
EURO 1	9120	EURO 5	54379		

**Tabela 5.3.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Vrčin – M. Požarevac

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	5129	autobus 15-18t	
PRE ECE	15399	EURO 3	19530	konvencionalna	17581
ECE 15/00-01	86720	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	2628
ECE 15/02	117517	konvencionalna	21016	EURO 2	3778
ECE 15/03	462776	EURO 1	3691	EURO 3	17284
ECE 15/04	1624173	EURO 2	3504	EURO 4	5970
EURO 1	214773	EURO 3	6379	EURO 5	357
EURO 2	363899	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	503299	konvencionalna	7117	konvencionalna	28995
EURO 4	499247	EURO 1	1939	EURO 1	3560
Benzin 1.4-2t		EURO 2	2284	EURO 2	4294
PRE ECE	6484	EURO 3	4164	EURO 3	8131
ECE 15/00-01	12967	Benzin <3.5t		EURO 4	5494
ECE 15/02	29987	konvencionalna	10866	EURO 5	1091
ECE 15/03	190459	EURO 1	1327	20-26t	
ECE 15/04	602986	EURO 2	513	konvencionalna	9619
EURO 1	181544	EURO 3	566	EURO 1	2990
EURO 2	316082	EURO 4	137	EURO 2	5589
EURO 3	394697	Dizel <3.5t		EURO 3	7474
EURO 4	146694	konvencionalna	18068	EURO 4	1755
Benzin >2t		EURO 1	5057	EURO 5	130
PRE ECE	729	EURO 2	3252	26-28t	
ECE 15/00-01	1297	EURO 3	3194	konvencionalna	10139
ECE 15/02	2675	Benzin <=7.5t		EURO 1	3055
ECE 15/03	11347	konvencionalna	111050	EURO 2	5589
ECE 15/04	38902	EURO 1	34024	EURO 3	7604
EURO 1	19451	EURO 2	61262	EURO 4	1755
EURO 2	27556	EURO 3	85907	EURO 5	130
EURO 3	39713	EURO 4	18858	28-32t	
EURO 4	20262	EURO 5	1197	konvencionalna	18068
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	6304
konvencionalna	559221	konvencionalna	64256	EURO 2	11374
EURO 1	114276	EURO 1	19756	EURO 3	15923
EURO 2	218015	EURO 2	35420	EURO 4	3510
EURO 3	504920	EURO 3	49788	EURO 5	260
EURO 4	324186	EURO 4	10876	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	698	konvencionalna	163134
konvencionalna	43765	12-14t		EURO 1	47250
EURO 1	16371	konvencionalna	51085	EURO 2	90536
EURO 2	24314	EURO 1	15765	EURO 3	125893
EURO 3	51059	EURO 2	28137	EURO 4	27882
EURO 4	40523	EURO 3	37715	EURO 5	1820
TNG		EURO 4	8980	34-40t	
konvencionalna	153178	EURO 5	599	konvencionalna	27232
EURO 1	23503	14-20t		EURO 1	9424
EURO 2	39713	konvencionalna	127314	EURO 2	13194
EURO 3	31608	EURO 1	36817	EURO 3	20473
EURO 4	28366	EURO 2	72637	EURO 4	10919
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	101871	EURO 5	910
konvencionalna	15514	EURO 4	22250		
EURO 1	8170	EURO 5	1497		

**Tabela 5.4.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici M. Požarevac – Umčari

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	3627	autobus 15-18t	
PRE ECE	10890	EURO 3	13812	konvencionalna	13216
ECE 15/00-01	61330	Četvorotaktni motocikli 250-750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1975
ECE 15/02	83111	konvencionalna	14863	EURO 2	2840
ECE 15/03	327286	EURO 1	2611	EURO 3	12992
ECE 15/04	1148655	EURO 2	2478	EURO 4	4487
EURO 1	151893	EURO 3	4511	EURO 5	268
EURO 2	257358	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	355945	konvencionalna	5033	konvencionalna	21795
EURO 4	353079	EURO 1	1371	EURO 1	2676
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1615	EURO 2	3227
PRE ECE	4585	EURO 3	2945	EURO 3	6112
ECE 15/00-01	9171	Benzin <3.5t		EURO 4	4129
ECE 15/02	21208	konvencionalna	8849	EURO 5	820
ECE 15/03	134698	EURO 1	1081	20-26t	
ECE 15/04	426447	EURO 2	418	konvencionalna	8829
EURO 1	128393	EURO 3	461	EURO 1	2744
EURO 2	223541	EURO 4	112	EURO 2	5131
EURO 3	279139	Dizel <3.5t		EURO 3	6861
EURO 4	103746	konvencionalna	14715	EURO 4	1611
Benzin >2t		EURO 1	4118	EURO 5	119
PRE ECE	516	EURO 2	2648	26-28t	
ECE 15/00-01	917	EURO 3	2601	konvencionalna	9307
ECE 15/02	1891	Benzin <=7.5t		EURO 1	2804
ECE 15/03	8025	konvencionalna	83474	EURO 2	5131
ECE 15/04	27513	EURO 1	25575	EURO 3	6980
EURO 1	13756	EURO 2	46050	EURO 4	1611
EURO 2	19488	EURO 3	64574	EURO 5	119
EURO 3	28086	EURO 4	14175	28-32t	
EURO 4	14330	EURO 5	900	konvencionalna	16585
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5787
konvencionalna	395495	konvencionalna	48300	EURO 2	10440
EURO 1	80819	EURO 1	14850	EURO 3	14616
EURO 2	154186	EURO 2	26625	EURO 4	3222
EURO 3	357092	EURO 3	37425	EURO 5	239
EURO 4	229272	EURO 4	8175	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	525	konvencionalna	149742
konvencionalna	30952	12-14t		EURO 1	43371
EURO 1	11578	konvencionalna	38400	EURO 2	83104
EURO 2	17195	EURO 1	11850	EURO 3	115558
EURO 3	36110	EURO 2	21150	EURO 4	25593
EURO 4	28659	EURO 3	28350	EURO 5	1670
TNG		EURO 4	6750	34-40t	
konvencionalna	108331	EURO 5	450	konvencionalna	24997
EURO 1	16622	14-20t		EURO 1	8650
EURO 2	28086	konvencionalna	95699	EURO 2	12111
EURO 3	22354	EURO 1	27675	EURO 3	18792
EURO 4	20061	EURO 2	54600	EURO 4	10023
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	76574	EURO 5	835
konvencionalna	10972	EURO 4	16725		
EURO 1	5778	EURO 5	1125		

**Tabela 5.5.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Umčari – Vodanj

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	3559	autobus 15-18t	
PRE ECE	10687	EURO 3	13553	konvencionalna	12997
ECE 15/00-01	60182	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1943
ECE 15/02	81555	konvencionalna	14585	EURO 2	2793
ECE 15/03	321159	EURO 1	2562	EURO 3	12777
ECE 15/04	1127150	EURO 2	2432	EURO 4	4413
EURO 1	149049	EURO 3	4427	EURO 5	264
EURO 2	252540	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	349282	konvencionalna	4939	konvencionalna	21434
EURO 4	346469	EURO 1	1346	EURO 1	2632
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1585	EURO 2	3174
PRE ECE	4500	EURO 3	2890	EURO 3	6011
ECE 15/00-01	8999	Benzin <3.5t		EURO 4	4061
ECE 15/02	20811	konvencionalna	8793	EURO 5	806
ECE 15/03	132176	EURO 1	1074	20-26t	
ECE 15/04	418463	EURO 2	415	konvencionalna	8802
EURO 1	125989	EURO 3	458	EURO 1	2736
EURO 2	219356	EURO 4	111	EURO 2	5115
EURO 3	273913	Dizel <3.5t		EURO 3	6839
EURO 4	101803	konvencionalna	14622	EURO 4	1606
Benzin >2t		EURO 1	4092	EURO 5	119
PRE ECE	506	EURO 2	2631	26-28t	
ECE 15/00-01	900	EURO 3	2585	konvencionalna	9278
ECE 15/02	1856	Benzin <=7.5t		EURO 1	2795
ECE 15/03	7874	konvencionalna	82091	EURO 2	5115
ECE 15/04	26998	EURO 1	25151	EURO 3	6958
EURO 1	13499	EURO 2	45287	EURO 4	1606
EURO 2	19123	EURO 3	63505	EURO 5	119
EURO 3	27560	EURO 4	13940	28-32t	
EURO 4	14061	EURO 5	885	konvencionalna	16533
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5769
konvencionalna	388091	konvencionalna	47499	EURO 2	10407
EURO 1	79305	EURO 1	14604	EURO 3	14570
EURO 2	151299	EURO 2	26184	EURO 4	3211
EURO 3	350406	EURO 3	36805	EURO 5	238
EURO 4	224980	EURO 4	8039	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	516	konvencionalna	149273
konvencionalna	30372	12-14t		EURO 1	43236
EURO 1	11361	konvencionalna	37763	EURO 2	82844
EURO 2	16874	EURO 1	11654	EURO 3	115196
EURO 3	35434	EURO 2	20799	EURO 4	25513
EURO 4	28123	EURO 3	27880	EURO 5	1665
TNG		EURO 4	6638	34-40t	
konvencionalna	106303	EURO 5	443	konvencionalna	24918
EURO 1	16311	14-20t		EURO 1	8623
EURO 2	27560	konvencionalna	94114	EURO 2	12073
EURO 3	21936	EURO 1	27216	EURO 3	18733
EURO 4	19686	EURO 2	53695	EURO 4	9991
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	75306	EURO 5	833
konvencionalna	10766	EURO 4	16448		
EURO 1	5670	EURO 5	1106		

**Tabela 5.6.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Vodanj – Kolari

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	3364	autobus 15-18t	
PRE ECE	10101	EURO 3	12811	konvencionalna	12637
ECE 15/00-01	56884	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1889
ECE 15/02	77086	konvencionalna	13786	EURO 2	2716
ECE 15/03	303561	EURO 1	2421	EURO 3	12423
ECE 15/04	1065387	EURO 2	2299	EURO 4	4291
EURO 1	140882	EURO 3	4184	EURO 5	257
EURO 2	238702	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	330142	konvencionalna	4668	konvencionalna	20841
EURO 4	327484	EURO 1	1272	EURO 1	2559
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1498	EURO 2	3086
PRE ECE	4253	EURO 3	2731	EURO 3	5845
ECE 15/00-01	8506	Benzin <3.5t		EURO 4	3949
ECE 15/02	19670	konvencionalna	8424	EURO 5	784
ECE 15/03	124933	EURO 1	1029	20-26t	
ECE 15/04	395533	EURO 2	398	konvencionalna	8694
EURO 1	119085	EURO 3	439	EURO 1	2702
EURO 2	207336	EURO 4	106	EURO 2	5052
EURO 3	258904	Dizel <3.5t		EURO 3	6756
EURO 4	96225	konvencionalna	14008	EURO 4	1586
Benzin >2t		EURO 1	3920	EURO 5	117
PRE ECE	478	EURO 2	2521	26-28t	
ECE 15/00-01	851	EURO 3	2476	konvencionalna	9164
ECE 15/02	1754	Benzin <=7.5t		EURO 1	2761
ECE 15/03	7443	konvencionalna	79821	EURO 2	5052
ECE 15/04	25518	EURO 1	24455	EURO 3	6873
EURO 1	12759	EURO 2	44034	EURO 4	1586
EURO 2	18075	EURO 3	61748	EURO 5	117
EURO 3	26050	EURO 4	13554	28-32t	
EURO 4	13291	EURO 5	861	konvencionalna	16331
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5698
konvencionalna	366825	konvencionalna	46185	EURO 2	10280
EURO 1	74960	EURO 1	14200	EURO 3	14393
EURO 2	143008	EURO 2	25459	EURO 4	3172
EURO 3	331205	EURO 3	35787	EURO 5	235
EURO 4	212652	EURO 4	7817	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	502	konvencionalna	147452
konvencionalna	28708	12-14t		EURO 1	42708
EURO 1	10739	konvencionalna	36719	EURO 2	81833
EURO 2	15949	EURO 1	11331	EURO 3	113790
EURO 3	33493	EURO 2	20224	EURO 4	25202
EURO 4	26582	EURO 3	27109	EURO 5	1645
TNG		EURO 4	6454	34-40t	
konvencionalna	100478	EURO 5	430	konvencionalna	24614
EURO 1	15417	14-20t		EURO 1	8518
EURO 2	26050	konvencionalna	91510	EURO 2	11925
EURO 3	20734	EURO 1	26463	EURO 3	18505
EURO 4	18607	EURO 2	52210	EURO 4	9869
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	73223	EURO 5	822
konvencionalna	10176	EURO 4	15993		
EURO 1	5359	EURO 5	1076		



**Tabela 5.7.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Kolari – Smederevo

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	3295	autobus 15-18t	
PRE ECE	9894	EURO 3	12548	konvencionalna	12434
ECE 15/00-01	55718	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1858
ECE 15/02	75505	konvencionalna	13503	EURO 2	2672
ECE 15/03	297334	EURO 1	2372	EURO 3	12224
ECE 15/04	1043534	EURO 2	2252	EURO 4	4222
EURO 1	137992	EURO 3	4098	EURO 5	252
EURO 2	233806	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	323370	konvencionalna	4573	konvencionalna	20507
EURO 4	320767	EURO 1	1246	EURO 1	2518
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1467	EURO 2	3037
PRE ECE	4166	EURO 3	2675	EURO 3	5751
ECE 15/00-01	8332	Benzin <3.5t		EURO 4	3885
ECE 15/02	19267	konvencionalna	8276	EURO 5	771
ECE 15/03	122370	EURO 1	1011	20-26t	
ECE 15/04	387420	EURO 2	391	konvencionalna	8662
EURO 1	116642	EURO 3	431	EURO 1	2692
EURO 2	203083	EURO 4	104	EURO 2	5034
EURO 3	253593	Dizel <3.5t		EURO 3	6731
EURO 4	94251	konvencionalna	13761	EURO 4	1580
Benzin >2t		EURO 1	3851	EURO 5	117
PRE ECE	469	EURO 2	2477	26-28t	
ECE 15/00-01	833	EURO 3	2433	konvencionalna	9131
ECE 15/02	1718	Benzin <=7.5t		EURO 1	2751
ECE 15/03	7290	konvencionalna	78541	EURO 2	5034
ECE 15/04	24995	EURO 1	24063	EURO 3	6848
EURO 1	12497	EURO 2	43328	EURO 4	1580
EURO 2	17705	EURO 3	60758	EURO 5	117
EURO 3	25516	EURO 4	13337	28-32t	
EURO 4	13018	EURO 5	847	konvencionalna	16271
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5677
konvencionalna	359300	konvencionalna	45445	EURO 2	10243
EURO 1	73422	EURO 1	13972	EURO 3	14340
EURO 2	140075	EURO 2	25051	EURO 4	3161
EURO 3	324412	EURO 3	35213	EURO 5	234
EURO 4	208290	EURO 4	7692	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	494	konvencionalna	146909
konvencionalna	28119	12-14t		EURO 1	42551
EURO 1	10519	konvencionalna	36130	EURO 2	81532
EURO 2	15622	EURO 1	11150	EURO 3	113372
EURO 3	32806	EURO 2	19900	EURO 4	25109
EURO 4	26036	EURO 3	26674	EURO 5	1639
TNG		EURO 4	6351	34-40t	
konvencionalna	98417	EURO 5	423	konvencionalna	24524
EURO 1	15101	14-20t		EURO 1	8487
EURO 2	25516	konvencionalna	90043	EURO 2	11881
EURO 3	20308	EURO 1	26039	EURO 3	18437
EURO 4	18225	EURO 2	51373	EURO 4	9833
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	72049	EURO 5	819
konvencionalna	9968	EURO 4			
EURO 1	5249	EURO 5			

**Tabela 5.8.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Smederevo – Požarevac

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	3503	autobus 15-18t	
PRE ECE	10517	EURO 3	13339	konvencionalna	13763
ECE 15/00-01	59230	Četvorotaktni motocikli 250-750cm <sup>3</sup>		EURO 1	2057
ECE 15/02	80265	konvencionalna	14354	EURO 2	2958
ECE 15/03	316078	EURO 1	2521	EURO 3	13531
ECE 15/04	1109316	EURO 2	2393	EURO 4	4673
EURO 1	146691	EURO 3	4357	EURO 5	279
EURO 2	248544	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	343755	konvencionalna	4861	konvencionalna	22698
EURO 4	340987	EURO 1	1324	EURO 1	2787
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1560	EURO 2	3361
PRE ECE	4428	EURO 3	2844	EURO 3	6365
ECE 15/00-01	8857	Benzin <3.5t		EURO 4	4301
ECE 15/02	20481	konvencionalna	9045	EURO 5	854
ECE 15/03	130085	EURO 1	1105	20-26t	
ECE 15/04	411842	EURO 2	427	konvencionalna	10149
EURO 1	123995	EURO 3	471	EURO 1	3155
EURO 2	215885	EURO 4	114	EURO 2	5898
EURO 3	269579	Dizel <3.5t		EURO 3	7886
EURO 4	100193	konvencionalna	15040	EURO 4	1852
Benzin >2t		EURO 1	4209	EURO 5	137
PRE ECE	498	EURO 2	2707	26-28t	
ECE 15/00-01	886	EURO 3	2659	konvencionalna	10698
ECE 15/02	1827	Benzin <=7.5t		EURO 1	3223
ECE 15/03	7750	konvencionalna	86935	EURO 2	5898
ECE 15/04	26570	EURO 1	26635	EURO 3	8023
EURO 1	13285	EURO 2	47959	EURO 4	1852
EURO 2	18821	EURO 3	67252	EURO 5	137
EURO 3	27124	EURO 4	14763	28-32t	
EURO 4	13839	EURO 5	937	konvencionalna	19064
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	6652
konvencionalna	381950	konvencionalna	50302	EURO 2	12001
EURO 1	78051	EURO 1	15466	EURO 3	16801
EURO 2	148905	EURO 2	27729	EURO 4	3703
EURO 3	344862	EURO 3	38976	EURO 5	274
EURO 4	221420	EURO 4	8514	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	547	konvencionalna	172128
konvencionalna	29892	12-14t		EURO 1	49855
EURO 1	11182	konvencionalna	39992	EURO 2	95527
EURO 2	16607	EURO 1	12341	EURO 3	132833
EURO 3	34874	EURO 2	22027	EURO 4	29419
EURO 4	27678	EURO 3	29525	EURO 5	1920
TNG		EURO 4	7030	34-40t	
konvencionalna	104621	EURO 5	469	konvencionalna	28734
EURO 1	16053	14-20t		EURO 1	9944
EURO 2	27124	konvencionalna	99667	EURO 2	13921
EURO 3	21588	EURO 1	28822	EURO 3	21602
EURO 4	19374	EURO 2	56863	EURO 4	11521
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	79749	EURO 5	960
konvencionalna	10596	EURO 4	17418		
EURO 1	5580	EURO 5	1172		

**Tabela 5.9.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Požarevac – V. Plana

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	2897	autobus 15-18t	
PRE ECE	8698	EURO 3	11032	konvencionalna	11596
ECE 15/00-01	48986	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1733
ECE 15/02	66383	konvencionalna	11872	EURO 2	2492
ECE 15/03	261413	EURO 1	2085	EURO 3	11400
ECE 15/04	917462	EURO 2	1980	EURO 4	3937
EURO 1	121321	EURO 3	3603	EURO 5	235
EURO 2	205559	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	284303	konvencionalna	4020	konvencionalna	19124
EURO 4	282014	EURO 1	1095	EURO 1	2348
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1290	EURO 2	2832
PRE ECE	3663	EURO 3	2352	EURO 3	5363
ECE 15/00-01	7325	Benzin <3.5t		EURO 4	3623
ECE 15/02	16939	konvencionalna	7405	EURO 5	719
ECE 15/03	107587	EURO 1	904	20-26t	
ECE 15/04	340615	EURO 2	350	konvencionalna	9296
EURO 1	102551	EURO 3	386	EURO 1	2889
EURO 2	178548	EURO 4	93	EURO 2	5402
EURO 3	222956	Dizel <3.5t		EURO 3	7224
EURO 4	82865	konvencionalna	12313	EURO 4	1696
Benzin >2t		EURO 1	3446	EURO 5	126
PRE ECE	412	EURO 2	2216	26-28t	
ECE 15/00-01	733	EURO 3	2177	konvencionalna	9799
ECE 15/02	1511	Benzin <=7.5t		EURO 1	2952
ECE 15/03	6409	konvencionalna	73246	EURO 2	5402
ECE 15/04	21975	EURO 1	22441	EURO 3	7349
EURO 1	10988	EURO 2	40407	EURO 4	1696
EURO 2	15566	EURO 3	56662	EURO 5	126
EURO 3	22433	EURO 4	12438	28-32t	
EURO 4	11445	EURO 5	790	konvencionalna	17462
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	6093
konvencionalna	315893	konvencionalna	42381	EURO 2	10992
EURO 1	64552	EURO 1	13030	EURO 3	15389
EURO 2	123152	EURO 2	23362	EURO 4	3392
EURO 3	285219	EURO 3	32839	EURO 5	251
EURO 4	183126	EURO 4	7173	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	461	konvencionalna	157661
konvencionalna	24722	12-14t		EURO 1	45665
EURO 1	9248	konvencionalna	33694	EURO 2	87499
EURO 2	13734	EURO 1	10398	EURO 3	121669
EURO 3	28842	EURO 2	18558	EURO 4	26947
EURO 4	22891	EURO 3	24876	EURO 5	1759
TNG		EURO 4	5923	34-40t	
konvencionalna	86527	EURO 5	395	konvencionalna	26319
EURO 1	13277	14-20t		EURO 1	9108
EURO 2	22433	konvencionalna	83973	EURO 2	12751
EURO 3	17855	EURO 1	24284	EURO 3	19786
EURO 4	16024	EURO 2	47909	EURO 4	10553
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	67191	EURO 5	879
konvencionalna	8763	EURO 4	14675		
EURO 1	4615	EURO 5	987		

**Tabela 5.10.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici V. Plana – Markovac

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	2922	autobus 15-18t	
PRE ECE	8773	EURO 3	11127	konvencionalna	12037
ECE 15/00-01	49407	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1799
ECE 15/02	66954	konvencionalna	11974	EURO 2	2587
ECE 15/03	263660	EURO 1	2103	EURO 3	11834
ECE 15/04	925349	EURO 2	1997	EURO 4	4087
EURO 1	122364	EURO 3	3634	EURO 5	244
EURO 2	207326	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	286747	konvencionalna	4055	konvencionalna	19852
EURO 4	284439	EURO 1	1105	EURO 1	2437
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1301	EURO 2	2940
PRE ECE	3694	EURO 3	2372	EURO 3	5567
ECE 15/00-01	7388	Benzin <3.5t		EURO 4	3761
ECE 15/02	17085	konvencionalna	7938	EURO 5	747
ECE 15/03	108511	EURO 1	970	20-26t	
ECE 15/04	343543	EURO 2	375	konvencionalna	10003
EURO 1	103432	EURO 3	414	EURO 1	3109
EURO 2	180083	EURO 4	100	EURO 2	5812
EURO 3	224873	Dizel <3.5t		EURO 3	7772
EURO 4	83577	konvencionalna	13199	EURO 4	1825
Benzin >2t		EURO 1	3694	EURO 5	135
PRE ECE	416	EURO 2	2375	26-28t	
ECE 15/00-01	739	EURO 3	2333	konvencionalna	10543
ECE 15/02	1524	Benzin <=7.5t		EURO 1	3176
ECE 15/03	6465	konvencionalna	76032	EURO 2	5812
ECE 15/04	22164	EURO 1	23295	EURO 3	7907
EURO 1	11082	EURO 2	41944	EURO 4	1825
EURO 2	15700	EURO 3	58817	EURO 5	135
EURO 3	22626	EURO 4	12911	28-32t	
EURO 4	11544	EURO 5	820	konvencionalna	18789
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	6556
konvencionalna	318608	konvencionalna	43993	EURO 2	11827
EURO 1	65107	EURO 1	13526	EURO 3	16558
EURO 2	124211	EURO 2	24251	EURO 4	3650
EURO 3	287671	EURO 3	34088	EURO 5	270
EURO 4	184700	EURO 4	7446	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	478	konvencionalna	169638
konvencionalna	24935	12-14t		EURO 1	49134
EURO 1	9327	konvencionalna	34976	EURO 2	94146
EURO 2	13853	EURO 1	10793	EURO 3	130912
EURO 3	29090	EURO 2	19264	EURO 4	28994
EURO 4	23088	EURO 3	25822	EURO 5	1892
TNG		EURO 4	6148	34-40t	
konvencionalna	87271	EURO 5	410	konvencionalna	28318
EURO 1	13391	14-20t		EURO 1	9800
EURO 2	22626	konvencionalna	87167	EURO 2	13720
EURO 3	18008	EURO 1	25207	EURO 3	21289
EURO 4	16161	EURO 2	49732	EURO 4	11354
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	69747	EURO 5	946
konvencionalna	8839	EURO 4	15234		
EURO 1	4655	EURO 5	1025		

**Tabela 5.11.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Markovac – Lapovo

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	3035	autobus 15-18t	
PRE ECE	9113	EURO 3	11558	konvencionalna	12341
ECE 15/00-01	51319	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1845
ECE 15/02	69545	konvencionalna	12437	EURO 2	2652
ECE 15/03	273863	EURO 1	2185	EURO 3	12132
ECE 15/04	961160	EURO 2	2074	EURO 4	4190
EURO 1	127099	EURO 3	3775	EURO 5	251
EURO 2	215350	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	297844	konvencionalna	4212	konvencionalna	20353
EURO 4	295446	EURO 1	1148	EURO 1	2499
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1351	EURO 2	3014
PRE ECE	3837	EURO 3	2464	EURO 3	5708
ECE 15/00-01	7674	Benzin <3.5t		EURO 4	3856
ECE 15/02	17746	konvencionalna	8145	EURO 5	766
ECE 15/03	112711	EURO 1	995	20-26t	
ECE 15/04	356838	EURO 2	385	konvencionalna	10062
EURO 1	107435	EURO 3	424	EURO 1	3127
EURO 2	187052	EURO 4	103	EURO 2	5847
EURO 3	233575	Dizel <3.5t		EURO 3	7818
EURO 4	86811	konvencionalna	13544	EURO 4	1836
Benzin >2t		EURO 1	3791	EURO 5	136
PRE ECE	432	EURO 2	2437	26-28t	
ECE 15/00-01	767	EURO 3	2394	konvencionalna	10606
ECE 15/02	1583	Benzin <=7.5t		EURO 1	3195
ECE 15/03	6715	konvencionalna	77952	EURO 2	5847
ECE 15/04	23022	EURO 1	23883	EURO 3	7954
EURO 1	11511	EURO 2	43003	EURO 4	1836
EURO 2	16307	EURO 3	60302	EURO 5	136
EURO 3	23501	EURO 4	13237	28-32t	
EURO 4	11991	EURO 5	840	konvencionalna	18900
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	6595
konvencionalna	330938	konvencionalna	45104	EURO 2	11898
EURO 1	67627	EURO 1	13867	EURO 3	16657
EURO 2	129018	EURO 2	24863	EURO 4	3671
EURO 3	298804	EURO 3	34949	EURO 5	272
EURO 4	191848	EURO 4	7634	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	490	konvencionalna	170645
konvencionalna	25900	12-14t		EURO 1	49426
EURO 1	9688	konvencionalna	35859	EURO 2	94705
EURO 2	14389	EURO 1	11066	EURO 3	131689
EURO 3	30216	EURO 2	19751	EURO 4	29166
EURO 4	23981	EURO 3	26474	EURO 5	1904
TNG		EURO 4	6303	34-40t	
konvencionalna	90648	EURO 5	420	konvencionalna	28486
EURO 1	13909	14-20t		EURO 1	9858
EURO 2	23501	konvencionalna	89368	EURO 2	13801
EURO 3	18705	EURO 1	25844	EURO 3	21416
EURO 4	16787	EURO 2	50987	EURO 4	11422
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	71508	EURO 5	952
konvencionalna	9181	EURO 4	15618		
EURO 1	4835	EURO 5	1051		

**Tabela 5.12.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Lapovo – Batočina

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	2963	autobus 15-18t	
PRE ECE	8898	EURO 3	11285	konvencionalna	12181
ECE 15/00-01	50108	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1821
ECE 15/02	67903	konvencionalna	12143	EURO 2	2617
ECE 15/03	267397	EURO 1	2133	EURO 3	11974
ECE 15/04	938464	EURO 2	2025	EURO 4	4136
EURO 1	124098	EURO 3	3686	EURO 5	247
EURO 2	210265	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	290811	konvencionalna	4112	konvencionalna	20088
EURO 4	288470	EURO 1	1120	EURO 1	2466
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1320	EURO 2	2975
PRE ECE	3746	EURO 3	2406	EURO 3	5633
ECE 15/00-01	7493	Benzin <3.5t		EURO 4	3806
ECE 15/02	17327	konvencionalna	7995	EURO 5	756
ECE 15/03	110049	EURO 1	977	20-26t	
ECE 15/04	348412	EURO 2	378	konvencionalna	9918
EURO 1	104898	EURO 3	417	EURO 1	3083
EURO 2	182635	EURO 4	101	EURO 2	5763
EURO 3	228060	Dizel <3.5t		EURO 3	7706
EURO 4	84761	konvencionalna	13294	EURO 4	1809
Benzin >2t		EURO 1	3721	EURO 5	134
PRE ECE	421	EURO 2	2392	26-28t	
ECE 15/00-01	749	EURO 3	2350	konvencionalna	10454
ECE 15/02	1545	Benzin <=7.5t		EURO 1	3150
ECE 15/03	6556	konvencionalna	76937	EURO 2	5763
ECE 15/04	22478	EURO 1	23572	EURO 3	7840
EURO 1	11239	EURO 2	42443	EURO 4	1809
EURO 2	15922	EURO 3	59517	EURO 5	134
EURO 3	22946	EURO 4	13065	28-32t	
EURO 4	11707	EURO 5	830	konvencionalna	18629
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	6500
konvencionalna	323124	konvencionalna	44517	EURO 2	11727
EURO 1	66030	EURO 1	13687	EURO 3	16418
EURO 2	125971	EURO 2	24540	EURO 4	3619
EURO 3	291748	EURO 3	34494	EURO 5	268
EURO 4	187318	EURO 4	7535	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	484	konvencionalna	168201
konvencionalna	25288	12-14t		EURO 1	48718
EURO 1	9460	konvencionalna	35392	EURO 2	93348
EURO 2	14049	EURO 1	10922	EURO 3	129803
EURO 3	29503	EURO 2	19493	EURO 4	28748
EURO 4	23415	EURO 3	26129	EURO 5	1876
TNG		EURO 4	6221	34-40t	
konvencionalna	88508	EURO 5	415	konvencionalna	28078
EURO 1	13581	14-20t		EURO 1	9717
EURO 2	22946	konvencionalna	88204	EURO 2	13603
EURO 3	18264	EURO 1	25507	EURO 3	21109
EURO 4	16390	EURO 2	50323	EURO 4	11258
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	70577	EURO 5	938
konvencionalna	8964	EURO 4	15415		
EURO 1	4721	EURO 5	1037		

**Tabela 5.13.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Batočina – Jagodina

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	2556	autobus 15-18t	
PRE ECE	7676	EURO 3	9735	konvencionalna	10885
ECE 15/00-01	43227	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1627
ECE 15/02	58578	konvencionalna	10476	EURO 2	2339
ECE 15/03	230678	EURO 1	1840	EURO 3	10701
ECE 15/04	809593	EURO 2	1747	EURO 4	3696
EURO 1	107057	EURO 3	3180	EURO 5	221
EURO 2	181391	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	250877	konvencionalna	3548	konvencionalna	17951
EURO 4	248857	EURO 1	967	EURO 1	2204
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1138	EURO 2	2658
PRE ECE	3232	EURO 3	2076	EURO 3	5034
ECE 15/00-01	6464	Benzin <3.5t		EURO 4	3401
ECE 15/02	14948	konvencionalna	7191	EURO 5	675
ECE 15/03	94937	EURO 1	878	20-26t	
ECE 15/04	300568	EURO 2	340	konvencionalna	9101
EURO 1	90493	EURO 3	375	EURO 1	2829
EURO 2	157556	EURO 4	91	EURO 2	5288
EURO 3	196742	Dizel <3.5t		EURO 3	7072
EURO 4	73122	konvencionalna	11958	EURO 4	1660
Benzin >2t		EURO 1	3347	EURO 5	123
PRE ECE	364	EURO 2	2152	26-28t	
ECE 15/00-01	646	EURO 3	2114	konvencionalna	9593
ECE 15/02	1333	Benzin <=7.5t		EURO 1	2890
ECE 15/03	5656	konvencionalna	68752	EURO 2	5288
ECE 15/04	19391	EURO 1	21064	EURO 3	7195
EURO 1	9696	EURO 2	37928	EURO 4	1660
EURO 2	13736	EURO 3	53186	EURO 5	123
EURO 3	19795	EURO 4	11675	28-32t	
EURO 4	10100	EURO 5	741	konvencionalna	17095
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5965
konvencionalna	278752	konvencionalna	39781	EURO 2	10761
EURO 1	56962	EURO 1	12231	EURO 3	15066
EURO 2	108673	EURO 2	21929	EURO 4	3321
EURO 3	251685	EURO 3	30824	EURO 5	246
EURO 4	161595	EURO 4	6733	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	432	konvencionalna	154349
konvencionalna	21815	12-14t		EURO 1	44706
EURO 1	8161	konvencionalna	31627	EURO 2	85660
EURO 2	12120	EURO 1	9760	EURO 3	119113
EURO 3	25451	EURO 2	17420	EURO 4	26381
EURO 4	20199	EURO 3	23350	EURO 5	1722
TNG		EURO 4	5559	34-40t	
konvencionalna	76354	EURO 5	371	konvencionalna	25766
EURO 1	11716	14-20t		EURO 1	8917
EURO 2	19795	konvencionalna	78821	EURO 2	12483
EURO 3	15756	EURO 1	22794	EURO 3	19370
EURO 4	14140	EURO 2	44970	EURO 4	10331
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	63069	EURO 5	861
konvencionalna	7733	EURO 4	13775		
EURO 1	4073	EURO 5	927		

**Tabela 5.14.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Jagodina – Čuprija

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	2365	autobus 15-18t	
PRE ECE	7101	EURO 3	9006	konvencionalna	9811
ECE 15/00-01	39988	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1466
ECE 15/02	54190	konvencionalna	9691	EURO 2	2108
ECE 15/03	213395	EURO 1	1702	EURO 3	9645
ECE 15/04	748937	EURO 2	1616	EURO 4	3331
EURO 1	99036	EURO 3	2941	EURO 5	199
EURO 2	167801	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	232081	konvencionalna	3282	konvencionalna	16179
EURO 4	230212	EURO 1	894	EURO 1	1986
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1053	EURO 2	2396
PRE ECE	2990	EURO 3	1920	EURO 3	4537
ECE 15/00-01	5980	Benzin <3.5t		EURO 4	3065
ECE 15/02	13828	konvencionalna	6583	EURO 5	609
ECE 15/03	87824	EURO 1	804	20-26t	
ECE 15/04	278048	EURO 2	311	konvencionalna	8837
EURO 1	83713	EURO 3	343	EURO 1	2747
EURO 2	145751	EURO 4	83	EURO 2	5135
EURO 3	182002	Dizel <3.5t		EURO 3	6867
EURO 4	67643	konvencionalna	10946	EURO 4	1612
Benzin >2t		EURO 1	3064	EURO 5	119
PRE ECE	336	EURO 2	1970	26-28t	
ECE 15/00-01	598	EURO 3	1935	konvencionalna	9315
ECE 15/02	1233	Benzin <=7.5t		EURO 1	2806
ECE 15/03	5232	konvencionalna	61967	EURO 2	5135
ECE 15/04	17939	EURO 1	18985	EURO 3	6986
EURO 1	8969	EURO 2	34185	EURO 4	1612
EURO 2	12707	EURO 3	47937	EURO 5	119
EURO 3	18312	EURO 4	10523	28-32t	
EURO 4	9343	EURO 5	668	konvencionalna	16600
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5792
konvencionalna	257867	konvencionalna	35855	EURO 2	10449
EURO 1	52695	EURO 1	11024	EURO 3	14629
EURO 2	100531	EURO 2	19765	EURO 4	3224
EURO 3	232828	EURO 3	27782	EURO 5	239
EURO 4	149488	EURO 4	6069	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	390	konvencionalna	149875
konvencionalna	20181	12-14t		EURO 1	43410
EURO 1	7549	konvencionalna	28506	EURO 2	83178
EURO 2	11212	EURO 1	8797	EURO 3	115661
EURO 3	23544	EURO 2	15701	EURO 4	25616
EURO 4	18686	EURO 3	21045	EURO 5	1672
TNG		EURO 4	5011	34-40t	
konvencionalna	70633	EURO 5	334	konvencionalna	25019
EURO 1	10838	14-20t		EURO 1	8658
EURO 2	18312	konvencionalna	71042	EURO 2	12121
EURO 3	14575	EURO 1	20544	EURO 3	18809
EURO 4	13080	EURO 2	40532	EURO 4	10031
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	56845	EURO 5	836
konvencionalna	7154	EURO 4	12416		
EURO 1	3767	EURO 5	835		



**Tabela 5.15.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Čuprija – Paraćin

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	2363	autobus 15-18t	
PRE ECE	7095	EURO 3	8999	konvencionalna	9888
ECE 15/00-01	39959	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1478
ECE 15/02	54150	konvencionalna	9684	EURO 2	2125
ECE 15/03	213238	EURO 1	1701	EURO 3	9720
ECE 15/04	748386	EURO 2	1615	EURO 4	3357
EURO 1	98963	EURO 3	2939	EURO 5	201
EURO 2	167677	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	231910	konvencionalna	3279	konvencionalna	16307
EURO 4	230043	EURO 1	894	EURO 1	2002
Benzin 1.4-2t		EURO 2	1052	EURO 2	2415
PRE ECE	2988	EURO 3	1919	EURO 3	4573
ECE 15/00-01	5975	Benzin <3.5t		EURO 4	3090
ECE 15/02	13818	konvencionalna	6696	EURO 5	613
ECE 15/03	87760	EURO 1	818	20-26t	
ECE 15/04	277844	EURO 2	316	konvencionalna	8738
EURO 1	83652	EURO 3	349	EURO 1	2716
EURO 2	145644	EURO 4	85	EURO 2	5077
EURO 3	181868	Dizel <3.5t		EURO 3	6790
EURO 4	67594	konvencionalna	11135	EURO 4	1594
Benzin >2t		EURO 1	3116	EURO 5	118
PRE ECE	336	EURO 2	2004	26-28t	
ECE 15/00-01	598	EURO 3	1968	konvencionalna	9210
ECE 15/02	1232	Benzin <=7.5t		EURO 1	2775
ECE 15/03	5228	konvencionalna	1254	EURO 2	5077
ECE 15/04	17925	EURO 1	19135	EURO 3	6908
EURO 1	8963	EURO 2	34454	EURO 4	1594
EURO 2	12697	EURO 3	48313	EURO 5	118
EURO 3	18299	EURO 4	10605	28-32t	
EURO 4	9336	EURO 5	673	konvencionalna	16413
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5727
konvencionalna	257678	konvencionalna	36137	EURO 2	10332
EURO 1	52656	EURO 1	11110	EURO 3	14465
EURO 2	100457	EURO 2	19920	EURO 4	3188
EURO 3	232657	EURO 3	28000	EURO 5	236
EURO 4	149378	EURO 4	6116	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	393	konvencionalna	148189
konvencionalna	20166	12-14t		EURO 1	42922
EURO 1	7544	konvencionalna	28730	EURO 2	82242
EURO 2	11203	EURO 1	8866	EURO 3	114359
EURO 3	23527	EURO 2	15824	EURO 4	25328
EURO 4	18672	EURO 3	21211	EURO 5	1653
TNG		EURO 4	5050	34-40t	
konvencionalna	70581	EURO 5	337	konvencionalna	24737
EURO 1	10830	14-20t		EURO 1	8561
EURO 2	18299	konvencionalna	71600	EURO 2	11985
EURO 3	14564	EURO 1	20706	EURO 3	18597
EURO 4	13071	EURO 2	40850	EURO 4	9919
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	57292	EURO 5	827
konvencionalna	7148	EURO 4	12513		
EURO 1	3765	EURO 5	842		

**Tabela 5.16.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Paraćin – Pojate

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	2230	autobus 15-18t	
PRE ECE	6697	EURO 3	8494	konvencionalna	9358
ECE 15/00-01	37715	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1399
ECE 15/02	51109	konvencionalna	9140	EURO 2	2011
ECE 15/03	201265	EURO 1	1605	EURO 3	9200
ECE 15/04	706365	EURO 2	1524	EURO 4	3177
EURO 1	93406	EURO 3	2774	EURO 5	190
EURO 2	158262	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	218888	konvencionalna	3095	konvencionalna	15433
EURO 4	217126	EURO 1	843	EURO 1	1895
Benzin 1.4-2t		EURO 2	993	EURO 2	2285
PRE ECE	2820	EURO 3	1811	EURO 3	4328
ECE 15/00-01	5640	Benzin <3.5t		EURO 4	2924
ECE 15/02	13042	konvencionalna	5980	EURO 5	581
ECE 15/03	82832	EURO 1	730	20-26t	
ECE 15/04	262243	EURO 2	282	konvencionalna	8227
EURO 1	78955	EURO 3	312	EURO 1	2557
EURO 2	137466	EURO 4	75	EURO 2	4780
EURO 3	171656	Dizel <3.5t		EURO 3	6392
EURO 4	63798	konvencionalna	9943	EURO 4	1501
Benzin >2t		EURO 1	2783	EURO 5	111
PRE ECE	317	EURO 2	1790	26-28t	
ECE 15/00-01	564	EURO 3	1758	konvencionalna	8671
ECE 15/02	1163	Benzin <=7.5t		EURO 1	2613
ECE 15/03	4935	konvencionalna	59110	EURO 2	4780
ECE 15/04	16919	EURO 1	18110	EURO 3	6504
EURO 1	8459	EURO 2	32609	EURO 4	1501
EURO 2	11984	EURO 3	45726	EURO 5	111
EURO 3	17271	EURO 4	10037	28-32t	
EURO 4	8812	EURO 5	637	konvencionalna	15453
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5392
konvencionalna	243209	konvencionalna	34202	EURO 2	9728
EURO 1	49699	EURO 1	10515	EURO 3	13619
EURO 2	94816	EURO 2	18853	EURO 4	3002
EURO 3	219593	EURO 3	26501	EURO 5	222
EURO 4	140991	EURO 4	5789	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	372	konvencionalna	139521
konvencionalna	19034	12-14t		EURO 1	40411
EURO 1	7120	konvencionalna	27192	EURO 2	77431
EURO 2	10574	EURO 1	8391	EURO 3	107670
EURO 3	22206	EURO 2	14977	EURO 4	23846
EURO 4	17624	EURO 3	20075	EURO 5	1556
TNG		EURO 4	4780	34-40t	
konvencionalna	66618	EURO 5	319	konvencionalna	23290
EURO 1	10222	14-20t		EURO 1	8060
EURO 2	17271	konvencionalna	67766	EURO 2	11284
EURO 3	13747	EURO 1	19597	EURO 3	17510
EURO 4	12337	EURO 2	38663	EURO 4	9338
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	54224	EURO 5	778
konvencionalna	6747	EURO 4	11843		
EURO 1	3553	EURO 5	797		

**Tabela 5.17.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Pojate – Ražanj

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	1852	autobus 15-18t	
PRE ECE	5562	EURO 3	7054	konvencionalna	8064
ECE 15/00-01	31321	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1205
ECE 15/02	42444	konvencionalna	7591	EURO 2	1733
ECE 15/03	167143	EURO 1	1333	EURO 3	7927
ECE 15/04	586611	EURO 2	1266	EURO 4	2738
EURO 1	77571	EURO 3	2304	EURO 5	164
EURO 2	131431	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	181779	konvencionalna	2570	konvencionalna	13298
EURO 4	180316	EURO 1	700	EURO 1	1633
Benzin 1.4-2t		EURO 2	825	EURO 2	1969
PRE ECE	2342	EURO 3	1504	EURO 3	3729
ECE 15/00-01	4684	Benzin <3.5t		EURO 4	2520
ECE 15/02	10831	konvencionalna	4811	EURO 5	500
ECE 15/03	68789	EURO 1	588	20-26t	
ECE 15/04	217784	EURO 2	227	konvencionalna	8067
EURO 1	65569	EURO 3	251	EURO 1	2507
EURO 2	114161	EURO 4	61	EURO 2	4688
EURO 3	142555	Dizel <3.5t		EURO 3	6268
EURO 4	52982	konvencionalna	8000	EURO 4	1472
Benzin >2t		EURO 1	2239	EURO 5	109
PRE ECE	263	EURO 2	1440	26-28t	
ECE 15/00-01	468	EURO 3	1414	konvencionalna	8503
ECE 15/02	966	Benzin <=7.5t		EURO 1	2562
ECE 15/03	4098	konvencionalna	50933	EURO 2	4688
ECE 15/04	14051	EURO 1	15605	EURO 3	6377
EURO 1	7025	EURO 2	28098	EURO 4	1472
EURO 2	9952	EURO 3	39401	EURO 5	109
EURO 3	14343	EURO 4	8649	28-32t	
EURO 4	7318	EURO 5	549	konvencionalna	15153
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5287
konvencionalna	201977	konvencionalna	29471	EURO 2	9539
EURO 1	41274	EURO 1	9061	EURO 3	13354
EURO 2	78742	EURO 2	16245	EURO 4	2943
EURO 3	182365	EURO 3	22835	EURO 5	218
EURO 4	117088	EURO 4	4988	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	320	konvencionalna	136815
konvencionalna	15807	12-14t		EURO 1	39627
EURO 1	5913	konvencionalna	23430	EURO 2	75930
EURO 2	8782	EURO 1	7230	EURO 3	105582
EURO 3	18441	EURO 2	12905	EURO 4	23384
EURO 4	14636	EURO 3	17298	EURO 5	1526
TNG		EURO 4	4119	34-40t	
konvencionalna	55324	EURO 5	275	konvencionalna	22839
EURO 1	8489	14-20t		EURO 1	7904
EURO 2	14343	konvencionalna	58392	EURO 2	11065
EURO 3	11416	EURO 1	16886	EURO 3	17170
EURO 4	10245	EURO 2	33315	EURO 4	9157
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	46723	EURO 5	763
konvencionalna	5603	EURO 4	10205		
EURO 1	2951	EURO 5	686		

**Tabela 5.18.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Ražanj – Al. Rudnici

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	1819	autobus 15-18t	
PRE ECE	5460	EURO 3	6925	konvencionalna	8028
ECE 15/00-01	30749	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1200
ECE 15/02	41669	konvencionalna	7452	EURO 2	1725
ECE 15/03	164089	EURO 1	1309	EURO 3	7892
ECE 15/04	575891	EURO 2	1243	EURO 4	2726
EURO 1	76153	EURO 3	2262	EURO 5	163
EURO 2	129029	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	178457	konvencionalna	2524	konvencionalna	13239
EURO 4	177020	EURO 1	688	EURO 1	1625
Benzin 1.4-2t		EURO 2	810	EURO 2	1961
PRE ECE	2299	EURO 3	1476	EURO 3	3713
ECE 15/00-01	4598	Benzin <3.5t		EURO 4	2508
ECE 15/02	10633	konvencionalna	4613	EURO 5	498
ECE 15/03	67532	EURO 1	563	20-26t	
ECE 15/04	213804	EURO 2	218	konvencionalna	8035
EURO 1	64371	EURO 3	240	EURO 1	2497
EURO 2	112075	EURO 4	58	EURO 2	4669
EURO 3	139949	Dizel <3.5t		EURO 3	6243
EURO 4	52014	konvencionalna	7670	EURO 4	1466
Benzin >2t		EURO 1	2147	EURO 5	109
PRE ECE	259	EURO 2	1380	26-28t	
ECE 15/00-01	460	EURO 3	1356	konvencionalna	8469
ECE 15/02	948	Benzin <=7.5t		EURO 1	2552
ECE 15/03	4023	konvencionalna	50707	EURO 2	4669
ECE 15/04	13794	EURO 1	15535	EURO 3	6352
EURO 1	6897	EURO 2	27973	EURO 4	1466
EURO 2	9771	EURO 3	39226	EURO 5	109
EURO 3	14081	EURO 4	8611	28-32t	
EURO 4	7184	EURO 5	547	konvencionalna	15093
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5266
konvencionalna	198286	konvencionalna	29340	EURO 2	9501
EURO 1	40519	EURO 1	9021	EURO 3	13301
EURO 2	77303	EURO 2	16173	EURO 4	2932
EURO 3	179032	EURO 3	22734	EURO 5	217
EURO 4	114948	EURO 4	4966	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	319	konvencionalna	136268
konvencionalna	15518	12-14t		EURO 1	39469
EURO 1	5805	konvencionalna	23326	EURO 2	75626
EURO 2	8621	EURO 1	7198	EURO 3	105160
EURO 3	18104	EURO 2	12848	EURO 4	23290
EURO 4	14369	EURO 3	17221	EURO 5	1520
TNG		EURO 4	4100	34-40t	
konvencionalna	54313	EURO 5	273	konvencionalna	22747
EURO 1	8334	14-20t		EURO 1	7872
EURO 2	14081	konvencionalna	58133	EURO 2	11021
EURO 3	11207	EURO 1	16811	EURO 3	17101
EURO 4	10058	EURO 2	33167	EURO 4	9121
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	46515	EURO 5	760
konvencionalna	5501	EURO 4	10160		
EURO 1	2897	EURO 5	683		

**Tabela 5.19.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Al. Rudnici – Aleksinac

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	1836	autobus 15-18t	
PRE ECE	5512	EURO 3	6990	konvencionalna	7556
ECE 15/00-01	31039	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1129
ECE 15/02	42062	konvencionalna	7522	EURO 2	1624
ECE 15/03	165637	EURO 1	1321	EURO 3	7428
ECE 15/04	581324	EURO 2	1254	EURO 4	2566
EURO 1	76872	EURO 3	2283	EURO 5	153
EURO 2	130247	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	180141	konvencionalna	2547	konvencionalna	12462
EURO 4	178690	EURO 1	694	EURO 1	1530
Benzin 1.4-2t		EURO 2	817	EURO 2	1845
PRE ECE	2321	EURO 3	1490	EURO 3	3495
ECE 15/00-01	4641	Benzin <3.5t		EURO 4	2361
ECE 15/02	10733	konvencionalna	4736	EURO 5	469
ECE 15/03	68169	EURO 1	578	20-26t	
ECE 15/04	215821	EURO 2	224	konvencionalna	8062
EURO 1	64978	EURO 3	247	EURO 1	2506
EURO 2	113132	EURO 4	60	EURO 2	4685
EURO 3	141270	Dizel <3.5t		EURO 3	6264
EURO 4	52505	konvencionalna	7875	EURO 4	1471
Benzin >2t		EURO 1	2204	EURO 5	109
PRE ECE	261	EURO 2	1417	26-28t	
ECE 15/00-01	464	EURO 3	1392	konvencionalna	8498
ECE 15/02	957	Benzin <=7.5t		EURO 1	2560
ECE 15/03	4061	konvencionalna	47729	EURO 2	4685
ECE 15/04	13924	EURO 1	14623	EURO 3	6373
EURO 1	6962	EURO 2	26330	EURO 4	1471
EURO 2	9863	EURO 3	36923	EURO 5	109
EURO 3	14214	EURO 4	8105	28-32t	
EURO 4	7252	EURO 5	515	konvencionalna	15144
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5284
konvencionalna	200156	konvencionalna	27617	EURO 2	9533
EURO 1	40902	EURO 1	8491	EURO 3	13346
EURO 2	78032	EURO 2	15224	EURO 4	2942
EURO 3	180721	EURO 3	21399	EURO 5	218
EURO 4	116033	EURO 4	4674	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	300	konvencionalna	136728
konvencionalna	15664	12-14t		EURO 1	39602
EURO 1	5860	konvencionalna	21956	EURO 2	75881
EURO 2	8702	EURO 1	6776	EURO 3	105515
EURO 3	18275	EURO 2	12093	EURO 4	23369
EURO 4	14504	EURO 3	16210	EURO 5	1525
TNG		EURO 4	3859	34-40t	
konvencionalna	54825	EURO 5	257	konvencionalna	22824
EURO 1	8412	14-20t		EURO 1	7899
EURO 2	14214	konvencionalna	54719	EURO 2	11058
EURO 3	11313	EURO 1	15824	EURO 3	17159
EURO 4	10153	EURO 2	31219	EURO 4	9151
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	43784	EURO 5	763
konvencionalna	5553	EURO 4	9563		
EURO 1	2924	EURO 5	643		

**Tabela 5.20.** Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Aleksinac – Niš

Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila	Vozila po tehnologiji	Ukupan broj vozila
Benzin <1.4t		EURO 2	2135	autobus 15-18t	
PRE ECE	6411	EURO 3	8131	konvencionalna	8935
ECE 15/00-01	36105	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		EURO 1	1335
ECE 15/02	48927	konvencionalna	8750	EURO 2	1920
ECE 15/03	192670	EURO 1	1537	EURO 3	8784
ECE 15/04	676202	EURO 2	1459	EURO 4	3034
EURO 1	89418	EURO 3	2656	EURO 5	181
EURO 2	151504	Četvorotaktni motocikli >750cm <sup>3</sup>		autobusi <=18t	
EURO 3	209541	konvencionalna	2963	konvencionalna	14736
EURO 4	207854	EURO 1	807	EURO 1	1809
Benzin 1.4-2t		EURO 2	951	EURO 2	2182
PRE ECE	2699	EURO 3	1734	EURO 3	4132
ECE 15/00-01	5399	Benzin <3.5t		EURO 4	2792
ECE 15/02	12485	konvencionalna	5069	EURO 5	554
ECE 15/03	79295	EURO 1	619	20-26t	
ECE 15/04	251045	EURO 2	239	konvencionalna	8317
EURO 1	75583	EURO 3	264	EURO 1	2585
EURO 2	131596	EURO 4	64	EURO 2	4833
EURO 3	164326	Dizel <3.5t		EURO 3	6462
EURO 4	61074	konvencionalna	8429	EURO 4	1517
Benzin >2t		EURO 1	2359	EURO 5	112
PRE ECE	304	EURO 2	1517	26-28t	
ECE 15/00-01	540	EURO 3	1490	konvencionalna	8766
ECE 15/02	1114	Benzin <=7.5t		EURO 1	2641
ECE 15/03	4724	konvencionalna	56438	EURO 2	4833
ECE 15/04	16196	EURO 1	17292	EURO 3	6575
EURO 1	8098	EURO 2	31135	EURO 4	1517
EURO 2	11472	EURO 3	43660	EURO 5	112
EURO 3	16534	EURO 4	9584	28-32t	
EURO 4	8436	EURO 5	608	konvencionalna	15622
Dizel < 2t		7.5-12t		EURO 1	5451
konvencionalna	232824	konvencionalna	32656	EURO 2	9834
EURO 1	47577	EURO 1	10040	EURO 3	13767
EURO 2	90768	EURO 2	18001	EURO 4	3034
EURO 3	210216	EURO 3	25303	EURO 5	225
EURO 4	134970	EURO 4	5527	>-32t	
Dizel > 2t		EURO 5	355	konvencionalna	141045
konvencionalna	18221	12-14t		EURO 1	40853
EURO 1	6816	konvencionalna	25963	EURO 2	78277
EURO 2	10123	EURO 1	8012	EURO 3	108846
EURO 3	21258	EURO 2	14300	EURO 4	24107
EURO 4	16871	EURO 3	19168	EURO 5	1573
TNG		EURO 4	4564	34-40t	
konvencionalna	63773	EURO 5	304	konvencionalna	23545
EURO 1	9785	14-20t		EURO 1	8148
EURO 2	16534	konvencionalna	64704	EURO 2	11407
EURO 3	13160	EURO 1	18711	EURO 3	17701
EURO 4	11810	EURO 2	36916	EURO 4	9440
Četvorotaktni motocikli <250cm <sup>3</sup>		EURO 3	51773	EURO 5	787
konvencionalna	6459	EURO 4	11308		
EURO 1	3402	EURO 5	761		

## 5.2. Određivanje najzagađenijih deonica na autoputu Beograd – Niš

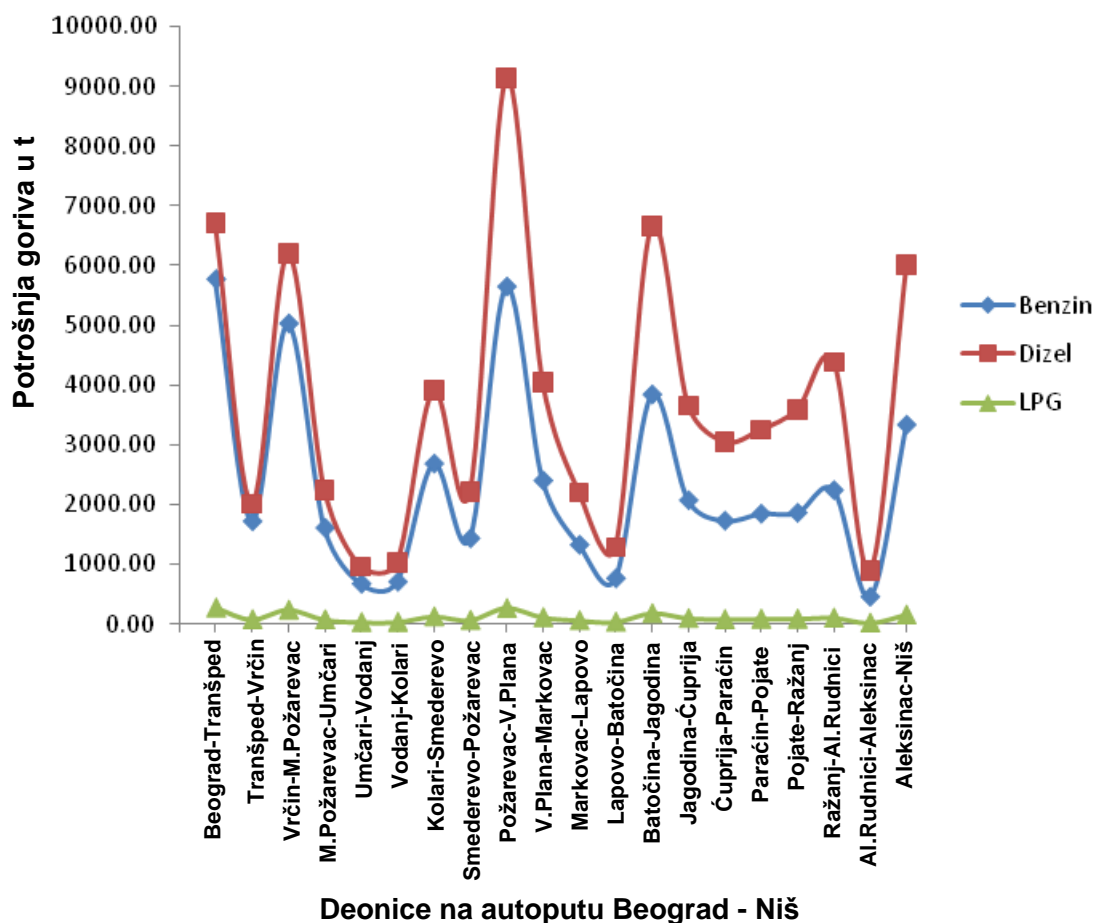
Na osnovu podataka o vozilima, kao i podataka o potrošnji goriva i meteoroloških podataka, odnosno podataka o minimalnim i maksimalnim vrednostima temperature vazduha po mesecima, koji su uneti u bazu podataka korišćenog programskog paketa COPERT IV, dobijeni su podaci o potrošnji goriva i ukupnoj emisiji zagađujućih materija u 2009. godini po deonicama (tabele 5.21–5.25).

**Tabela 5.21.** Ukupna potrošnja goriva u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

DEONICE	VRSTA GORIVA			UKUPNO GORIVA (t):
	Benzin (t)	Dizel (t)	LPG (t)	
Beograd – Tranšped	5763,30	6714,97	273,78	12752,05
Tranšped – Vrčin	1724,82	2013,47	79,51	3817,80
Vrčin – M. Požarevac	5023,14	6192,27	236,85	11452,26
M. Požarevac – Umčari	1615,49	2248,18	76,14	3939,81
Umčari – Vodanj	682,90	957,24	32,18	1672,32
Vodanj – Kolari	714,68	1030,35	33,68	1778,71
Kolari – Smederevo	2685,82	3913,13	126,64	6725,59
Smederevo – Požarevac	1440,43	2214,65	67,88	3722,96
Požarevac – V. Plana	5638,68	9129,90	265,71	15034,29
V. Plana – Markovac	2403,56	4049,38	113,24	6566,18
Markovac – Lapovo	1331,45	2200,30	62,73	3594,48
Lapovo – Batočina	771,89	1285,88	36,37	2094,14
Batočina – Jagodina	3838,29	6660,27	180,81	10679,37
Jagodina – Čuprija	2075,22	3654,48	97,76	5827,46
Čuprija – Paraćin	1733,60	3045,77	81,66	4861,03
Paraćin – Pojate	1849,95	3248,60	87,16	5185,71
Pojate – Ražanj	1866,22	3590,90	87,94	5545,06
Ražanj – Al. Rudnici	2243,22	4382,58	105,71	6731,51
Al. Rudnici – Aleksinac	465,48	887,76	21,93	1375,17
Aleksinac – Niš	3335,78	6009,21	157,22	9502,21
UKUPNO GORIVA (t):	47203,92	73429,29	2224,90	122858,11

U Srbiji se najčešće koriste vozila sa pogonom na benzin i dizel gorivo. Vozila za lični transport, kao što su motocikli i putnička vozila, uglavnom koriste benzin, dok vozila za javni prevoz (transport), kao što su autobusi, kamioni i druga laka i teška teretna vozila, uglavnom koriste dizel gorivo (Sabapathy, 2008). Na osnovu podataka

priloženih u tabeli 5.21 može se primetiti da je na autoputu Beograd – Niš u odnosu na ukupnu potrošnju goriva bila najveća potrošnja dizel – goriva, zatim benzina, a najmanja potrošnja LPG-a. Ako se posmatra potrošnju goriva po deonicama, onda se može konstatovati da je najveća potrošnja benzina i LPG-a na deonici Beograd – Tranšped, dok je potrošnja dizela bila najveća na deonici Požarevac – V. Plana (slika 5.1).



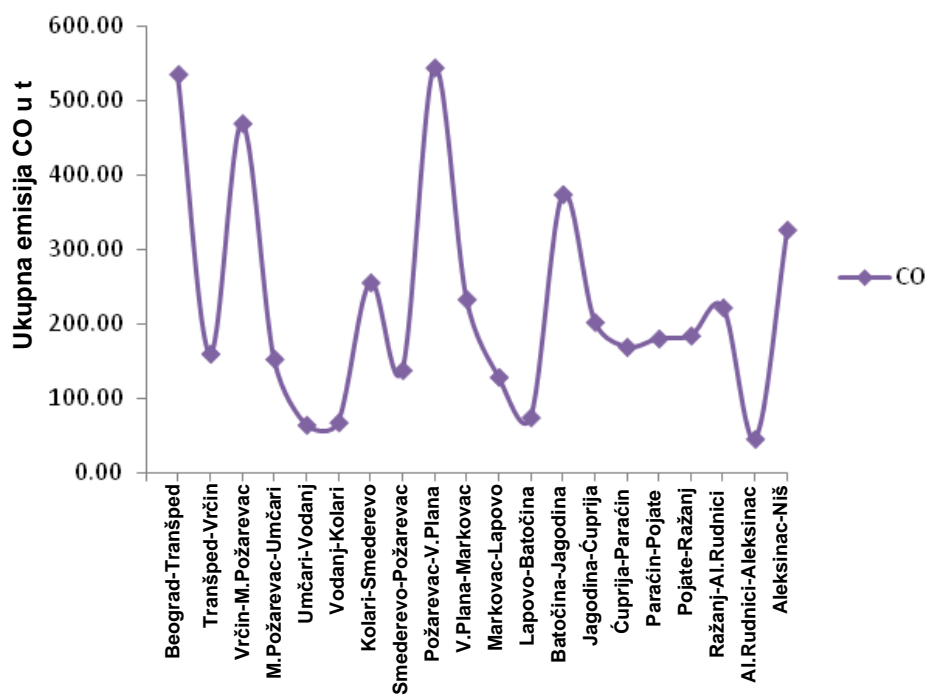
Slika 5.1. Potrošnja goriva u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



**Tabela 5.22.** Ukupna emisija CO, VOC, NMVOC, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub> i NO u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

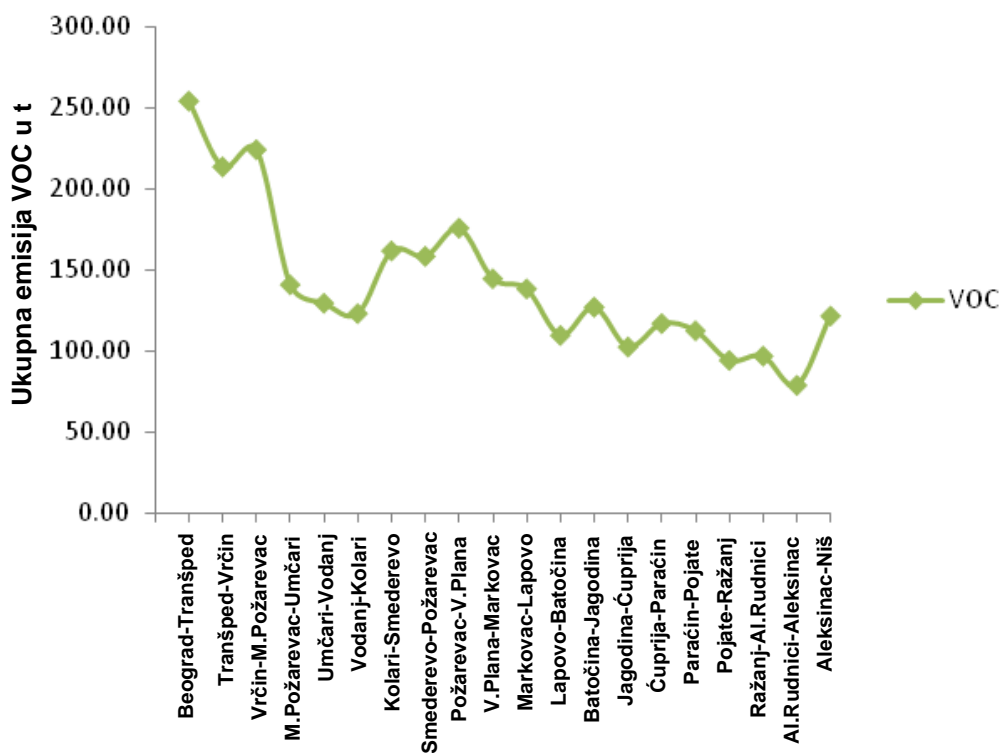
DEONICE	ZAGAĐUJUĆE MATERIJE (t/god)					
	CO	VOC	NMVOC	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	NO
Beograd – Tranšped	535,85	254,54	250,97	3,57	384,40	349,89
Tranšped – Vrčin	160,32	213,95	212,89	1,07	115,17	104,83
Vrčin – M. Požarevac	469,87	224,54	221,68	3,16	346,64	315,20
M. Požarevac – Umčari	153,20	141,11	140,05	1,06	120,24	109,10
Umčari – Vodanj	64,82	129,72	129,27	0,45	51,06	46,32
Vodanj – Kolari	68,06	123,34	122,87	0,47	54,42	49,35
Kolari – Smederevo	256,12	162,09	160,30	1,79	205,94	186,71
Smederevo – Požarevac	138,26	158,74	157,76	0,98	114,41	103,63
Požarevac – V. Plana	544,71	176,14	172,25	3,90	463,59	419,55
V. Plana – Markovac	233,49	144,91	143,23	1,69	203,00	183,59
Markovac – Lapovo	129,00	138,62	137,69	0,93	110,98	100,41
Lapovo – Batočina	74,87	109,88	109,34	0,54	64,69	58,52
Batočina – Jagodina	374,43	127,35	124,63	2,72	330,81	299,05
Jagodina – Čuprija	202,84	102,75	101,27	1,48	180,65	163,26
Čuprija – Paraćin	169,41	117,18	115,94	1,24	150,67	136,18
Paraćin – Pojate	180,70	112,77	111,45	1,32	160,75	145,29
Pojate – Ražanj	184,68	94,44	93,06	1,38	172,92	156,05
Ražanj – Al. Rudnici	222,44	97,13	95,46	1,67	210,11	189,57
Al. Rudnici – Aleksinac	46,00	79,02	78,68	0,34	42,84	38,67
Aleksinac – Niš	326,77	121,84	119,43	2,40	295,09	266,59
UKUPNO:	4535,84	2830,06	2798,22	32,16	3778,38	3421,76

U tabeli 5.22 prikazana je ukupna emisija CO, VOC, NMVOC, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub> i NO u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš. Najveća emisija CO, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub> i NO je registrovana na deonici Požarevac – V. Plana, a najveća emisija VOC i NMVOC na deonici Beograd – Tranšped (slike 5.2–5.7).



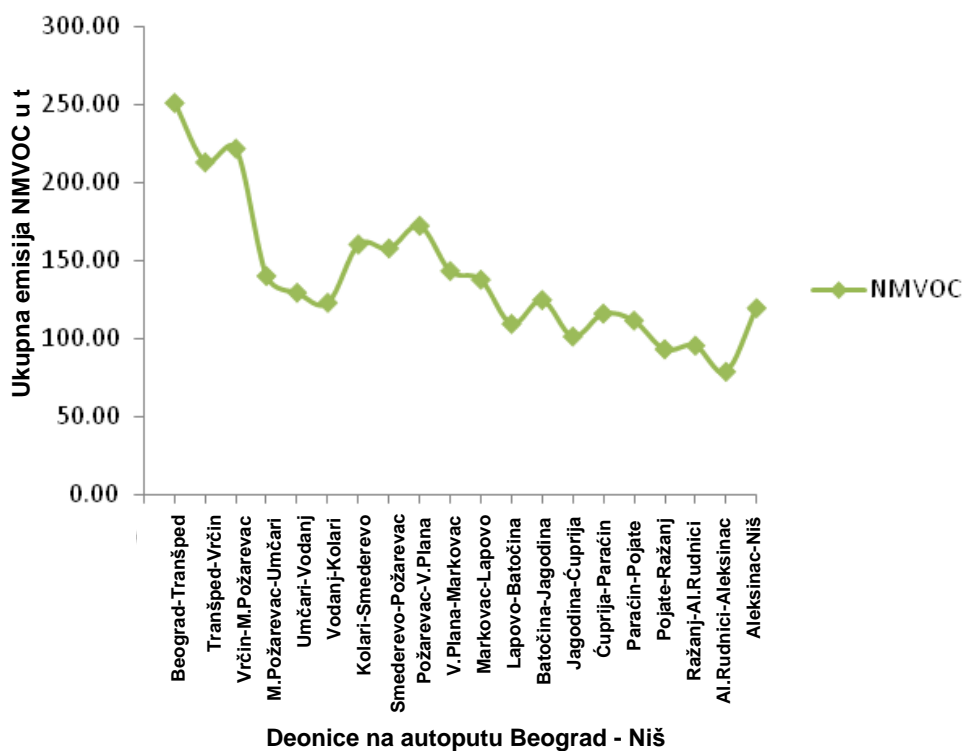
Deonice na autoputu Beograd - Niš

Slika 5.2. Emisija CO u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

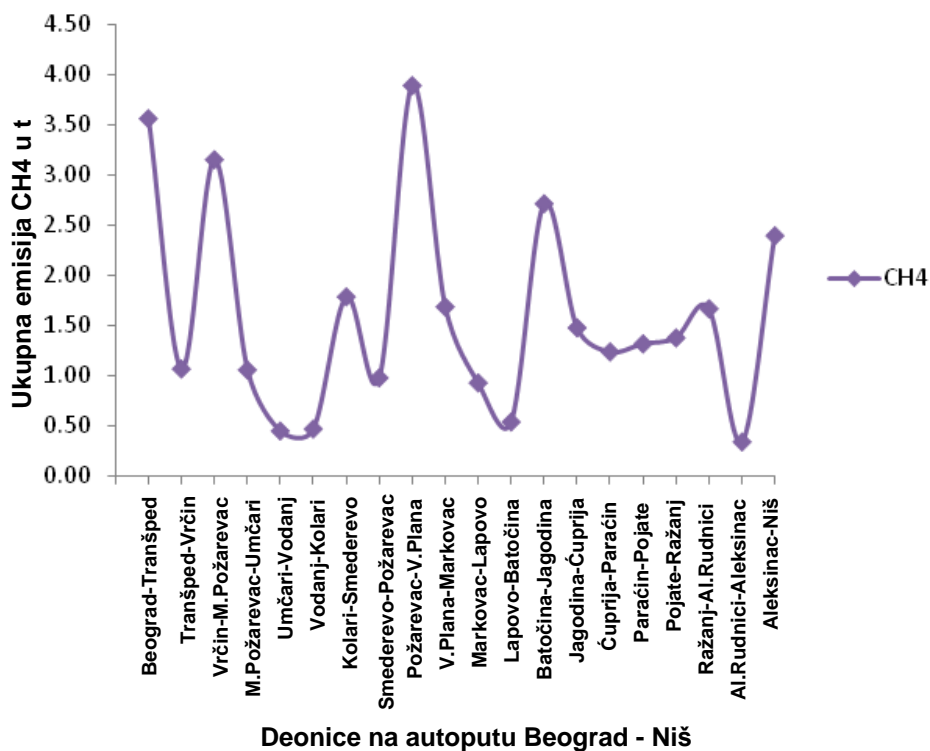


Deonice na autoputu Beograd - Niš

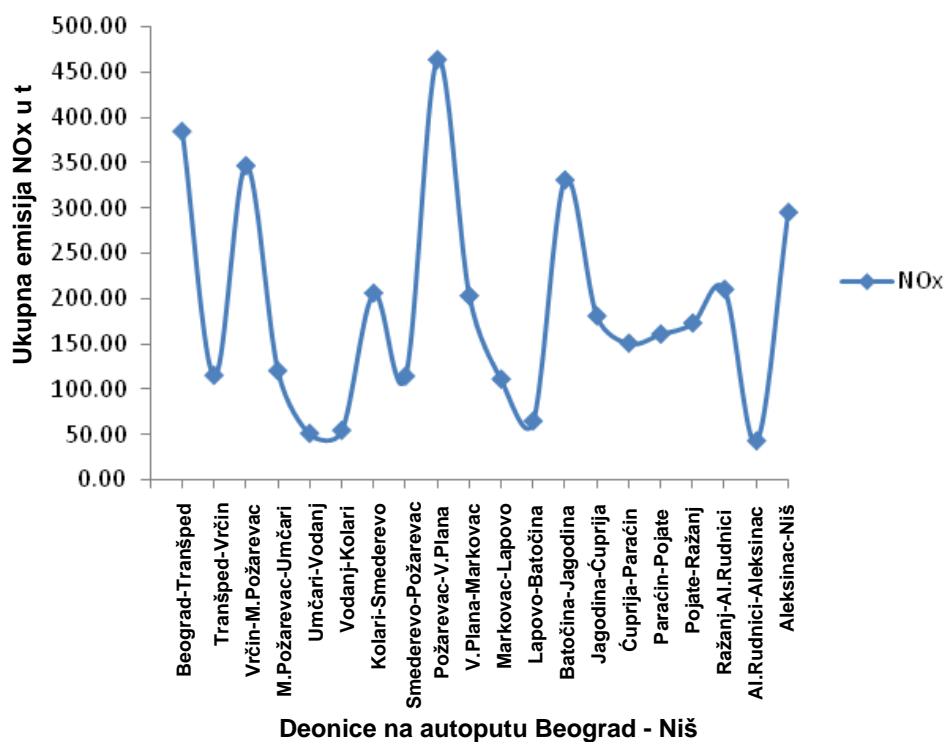
Slika 5.3. Emisija VOC u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



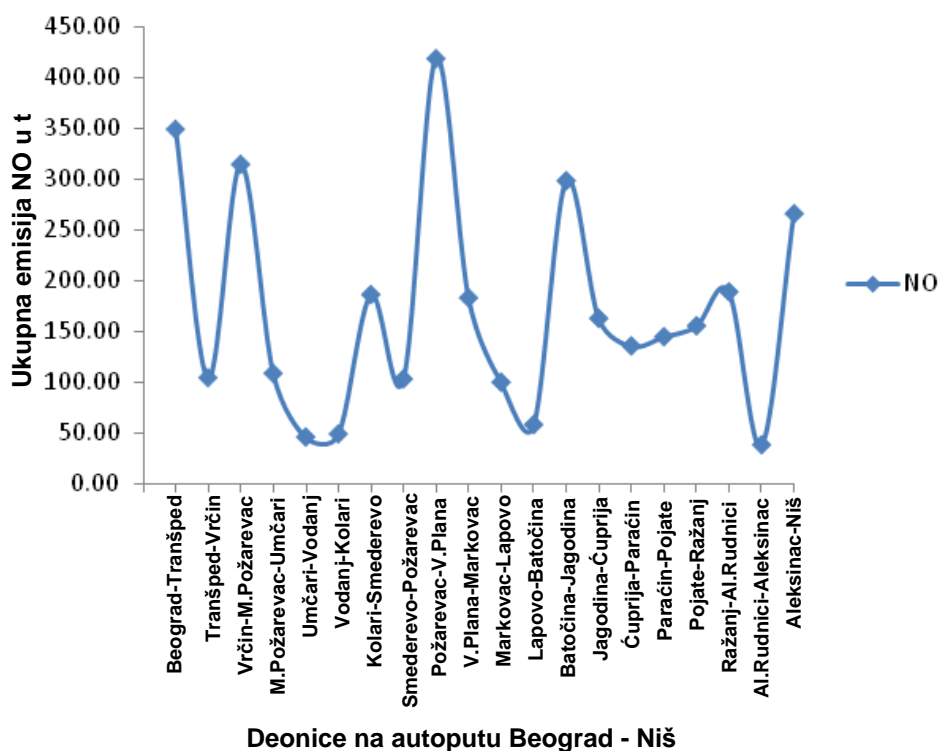
Slika 5.4. Emisija NMVOC u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



Slika 5.5. Emisija CH<sub>4</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



Slika 5.6. Emisija NO<sub>x</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

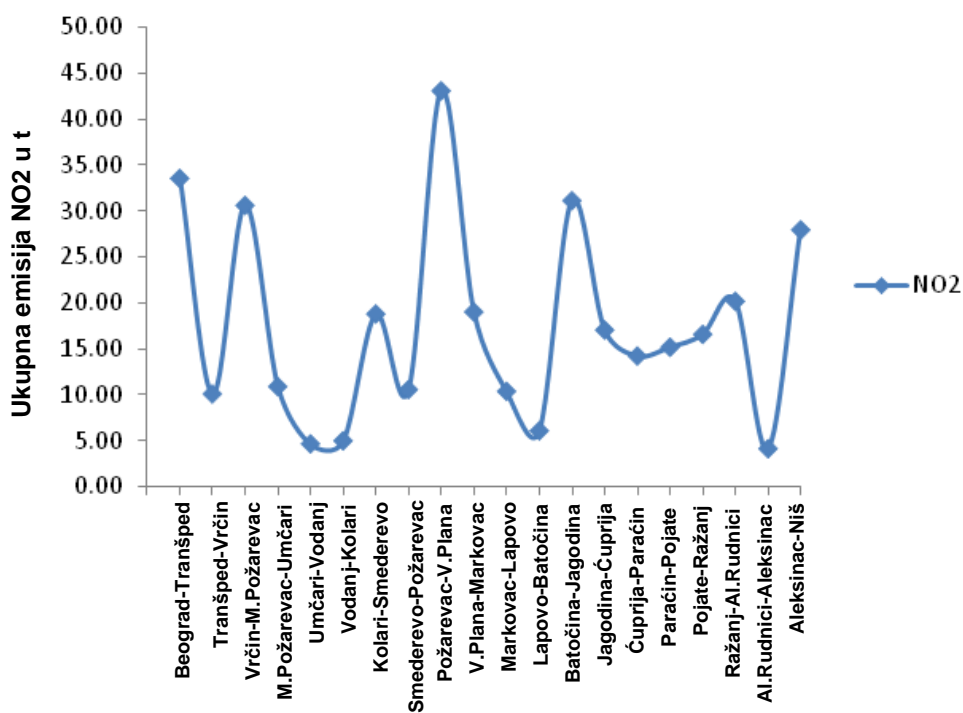


Slika 5.7. Emisija NO u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

**Tabela 5.23.** Ukupna emisija NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> i PM<sub>(exhaust)</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

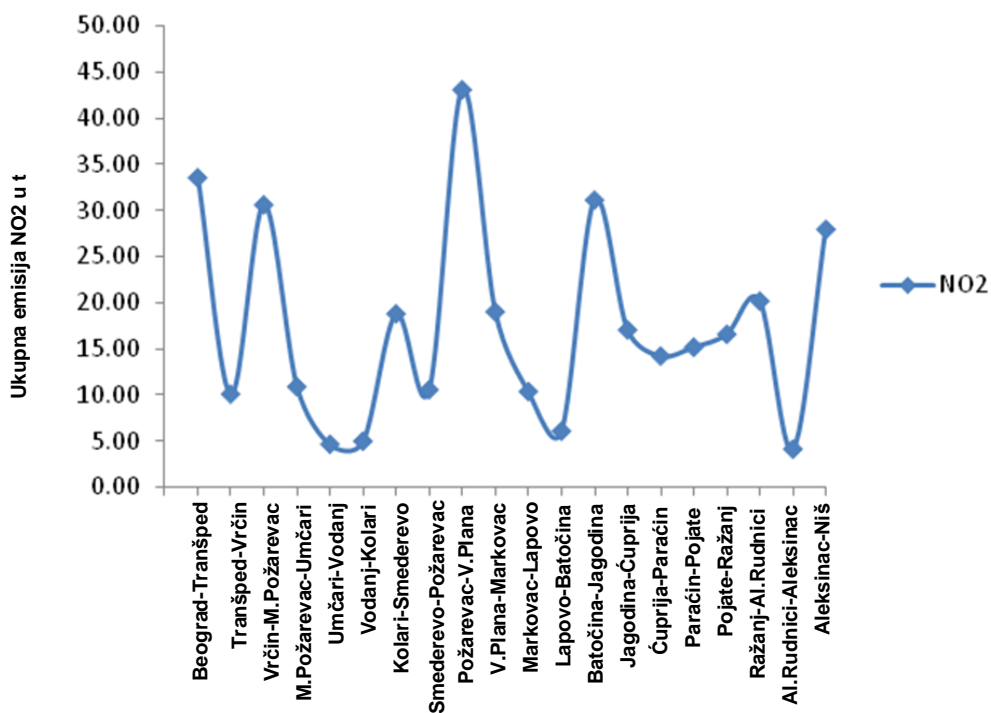
DEONICE	ZAGAĐUJUĆE MATERIJE (t/god)					
	NO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>(exhaust)</sub>
Beograd – Tranšped	33,59	0,97	3,58	9,15	9,76	8,16
Tranšped – Vrčin	10,07	0,29	1,07	2,74	2,93	2,44
Vrčin – M. Požarevac	30,64	0,87	3,13	8,33	8,88	7,44
M. Požarevac – Umčari	10,88	0,30	1,01	2,95	3,14	2,64
Umčari – Vodanj	4,63	0,13	0,43	1,25	1,33	1,12
Vodanj – Kolari	4,96	0,13	0,45	1,34	1,43	1,20
Kolari – Smederevo	18,80	0,51	1,68	5,09	5,41	4,56
Smederevo – Požarevac	10,55	0,28	0,90	2,85	3,03	2,56
Požarevac – V. Plana	43,14	1,14	3,54	11,62	12,36	10,45
V. Plana – Markovac	19,02	0,50	1,51	5,12	5,44	4,61
Markovac – Lapovo	10,36	0,27	0,84	2,79	2,97	2,51
Lapovo – Batočina	6,05	0,16	0,48	1,63	1,73	1,47
Batočina – Jagodina	31,15	0,81	2,41	8,37	8,90	7,54
Jagodina – Čuprija	17,05	0,44	1,31	4,59	4,87	4,13
Čuprija – Paraćin	14,22	0,37	1,09	3,82	4,06	3,44
Paraćin – Pojate	15,17	0,39	1,16	4,08	4,33	3,67
Pojate – Ražanj	16,57	0,42	1,18	4,44	4,71	4,01
Ražanj – Al. Rudnici	20,18	0,51	1,42	5,40	5,73	4,88
Al. Rudnici – Aleksinac	4,10	0,10	0,29	1,10	1,17	0,99
Aleksinac – Niš	27,97	0,72	2,10	7,50	7,97	6,76
UKUPNO:	349,10	9,31	29,58	94,16	100,15	84,58

U tabeli 5.23 prikazana je ukupna emisija NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> i PM<sub>(exhaust)</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš. Na osnovu prikazanih rezultata može se primetiti da je najveća emisija NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> i PM<sub>(exhaust)</sub> registrovana na deonici Požarevac – V. Plana, dok je najveća emisija NH<sub>3</sub> bila na deonici Beograd – Tranšped (slike 5.8–5.13).



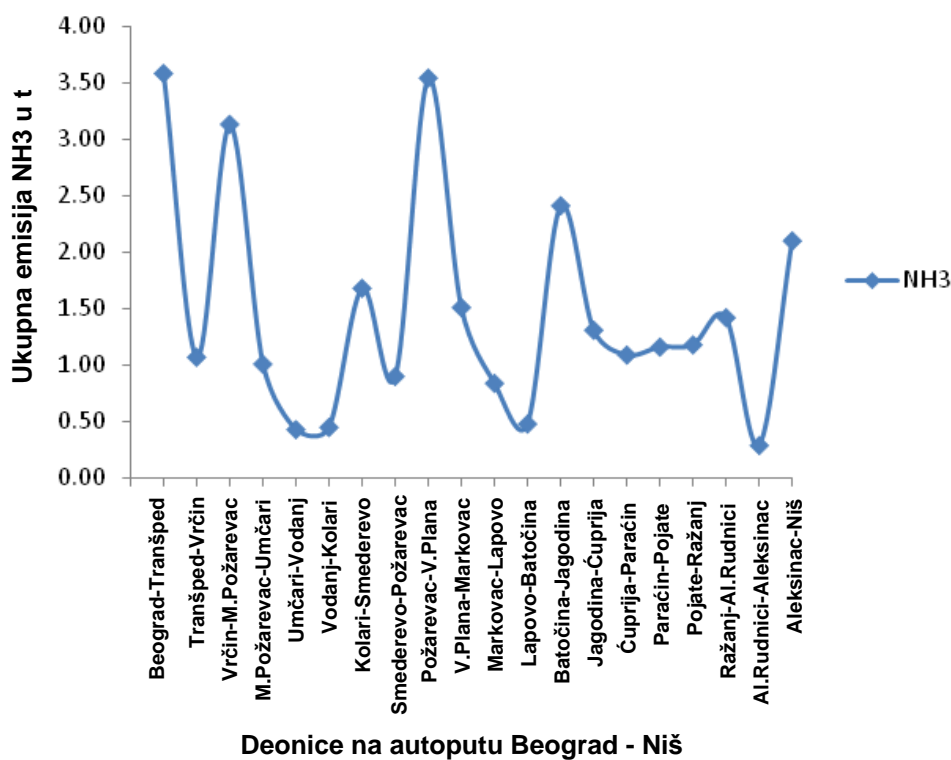
Deonice na autoputu Beograd - Niš

Slika 5.8. Emisija NO<sub>2</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

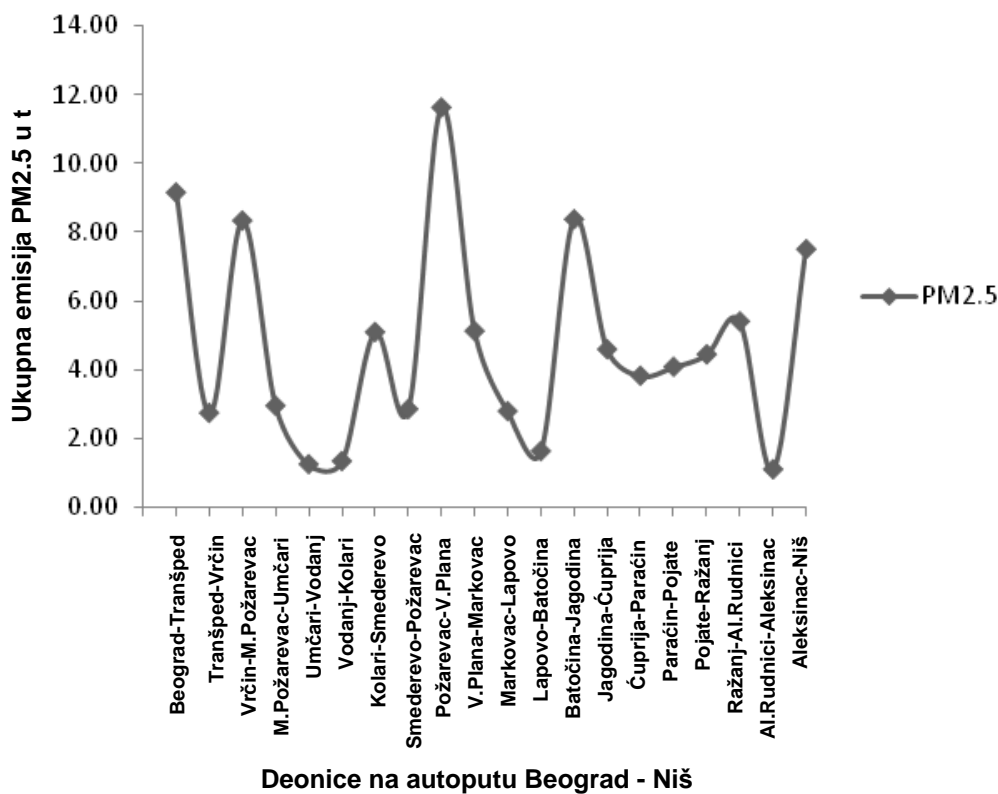


Deonice na autoputu Beograd-Niš

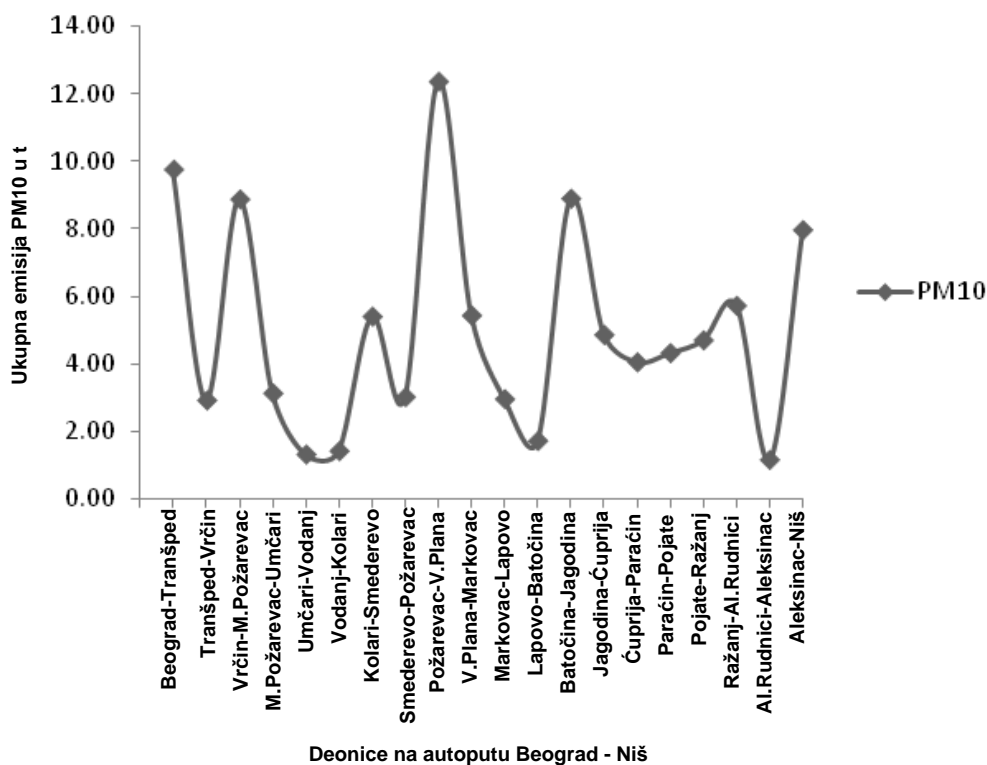
Slika 5.9. Emisija NO<sub>2</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



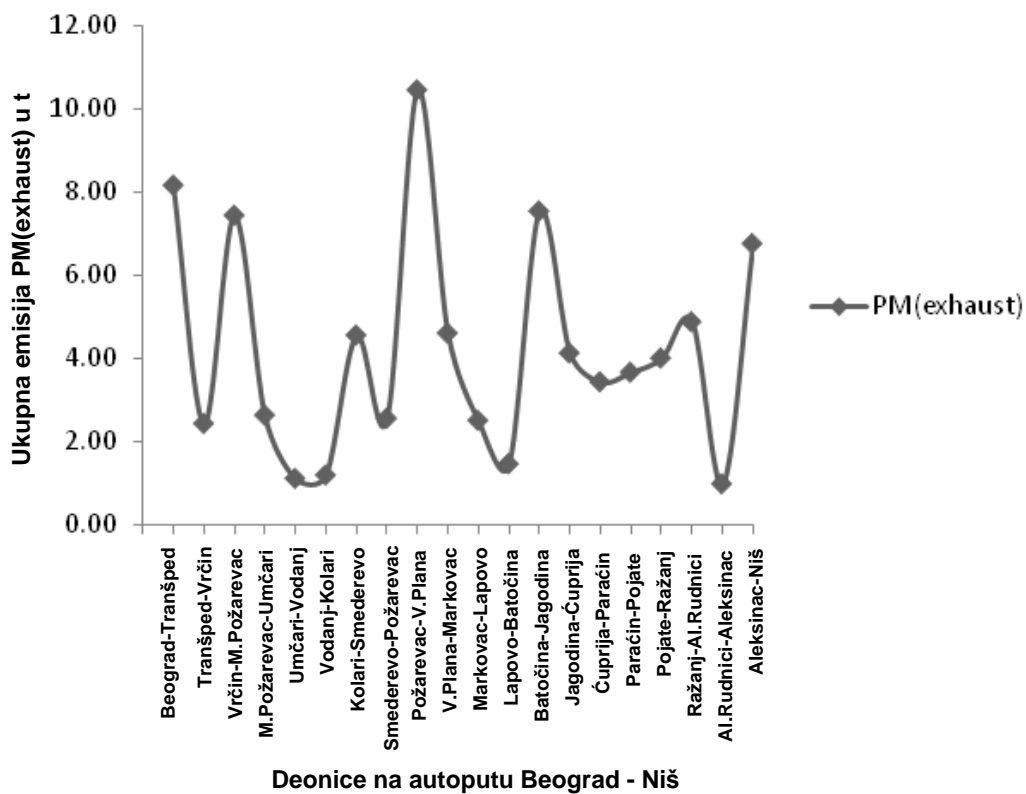
Slika 5.10. Emisija NH<sub>3</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



Slika 5.11. Emisija PM<sub>2.5</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



Slika 5.12. Emisija PM<sub>10</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



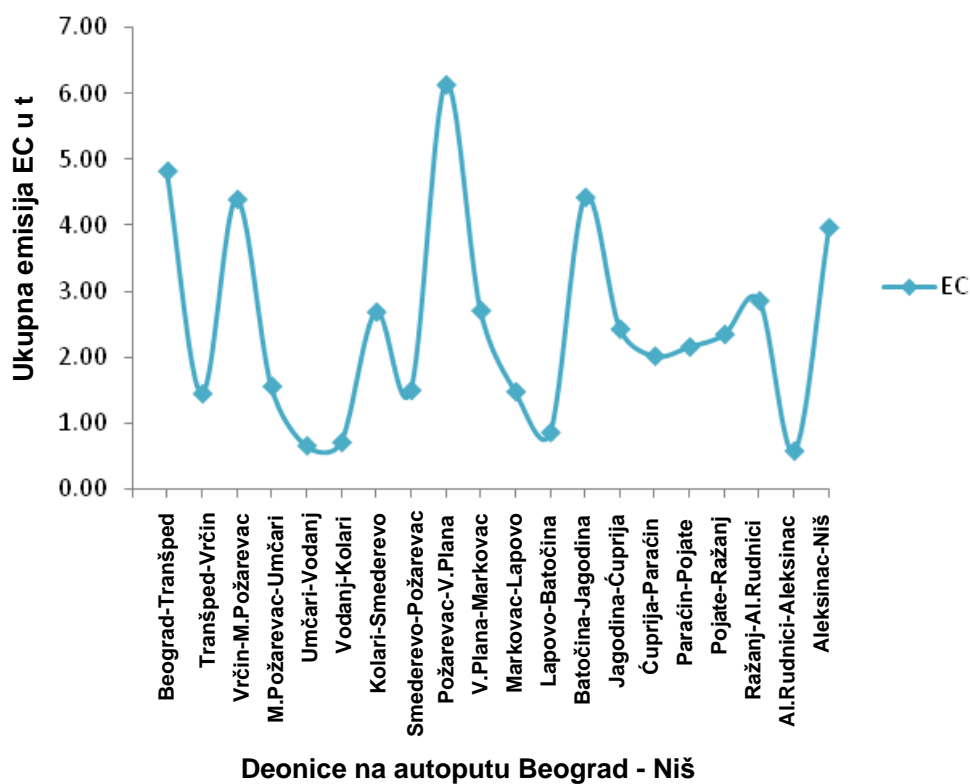
Slika 5.13. Emisija PM<sub>(exhaust)</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



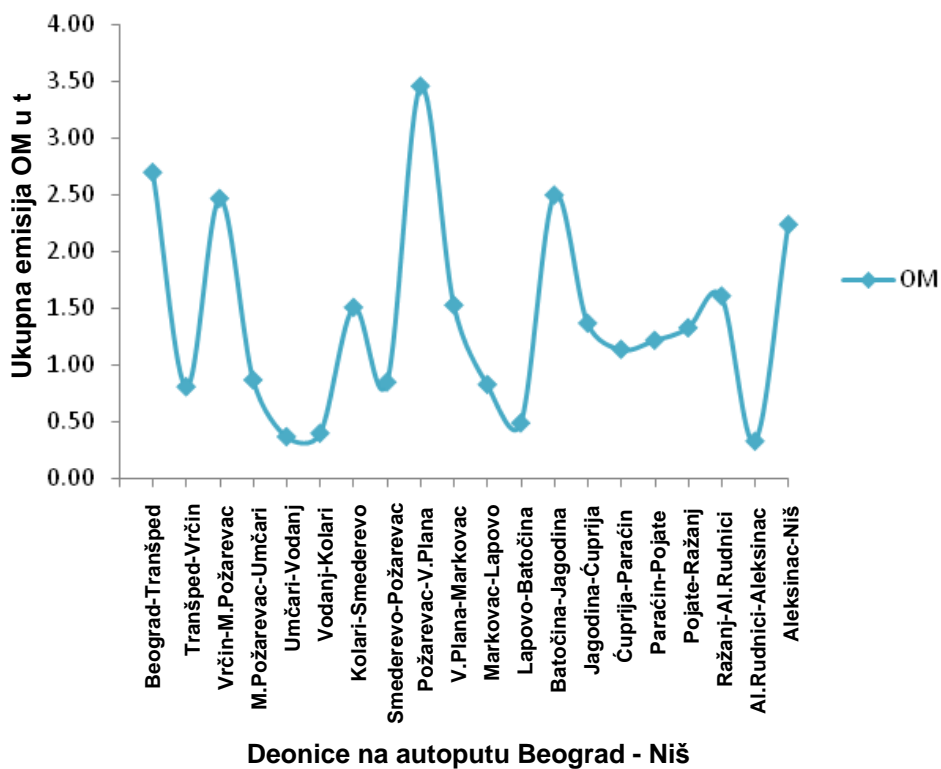
**Tabela 5.24.** Ukupna emisija EC, OM, FC, CO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

DEONICE	ZAGAĐUJUĆE MATERIJE (t/god)				
	EC	OM	FC	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Beograd – Tranšped	4,83	2,70	12752,05	40051,75	1,39
Tranšped – Vrčin	1,45	0,81	3817,81	11991,34	0,42
Vrčin – M. Požarevac	4,40	2,47	11452,26	35973,17	1,22
M. Požarevac – Umčari	1,56	0,87	3939,81	12378,11	0,40
Umčari – Vodanj	0,66	0,37	1672,32	5254,19	0,17
Vodanj – Kolari	0,71	0,40	1778,71	5588,70	0,18
Kolari – Smederevo	2,69	1,51	6725,59	21132,14	0,66
Smederevo – Požarevac	1,50	0,85	3722,96	11698,82	0,36
Požarevac – V. Plana	6,14	3,46	15034,30	47247,09	1,40
V. Plana – Markovac	2,71	1,53	6566,18	20636,40	0,60
Markovac – Lapovo	1,48	0,83	3594,48	11296,47	0,33
Lapovo – Batočina	0,86	0,49	2094,14	6581,40	0,19
Batočina – Jagodina	4,43	2,50	10679,36	33565,08	0,96
Jagodina – Čuprija	2,43	1,37	5827,46	18316,08	0,52
Čuprija – Paraćin	2,02	1,14	4861,03	15278,46	0,43
Paraćin – Pojate	2,16	1,22	5185,72	16298,95	0,46
Pojate – Ražanj	2,35	1,33	5545,06	17430,98	0,47
Ražanj – Al. Rudnici	2,86	1,61	6731,51	21161,10	0,57
Al. Rudnici – Aleksinac	0,58	0,33	1375,18	4322,85	0,12
Aleksinac – Niš	3,97	2,24	9502,21	29867,13	0,84
UKUPNO:	49,79	28,03	122858,14	386070,21	11,69

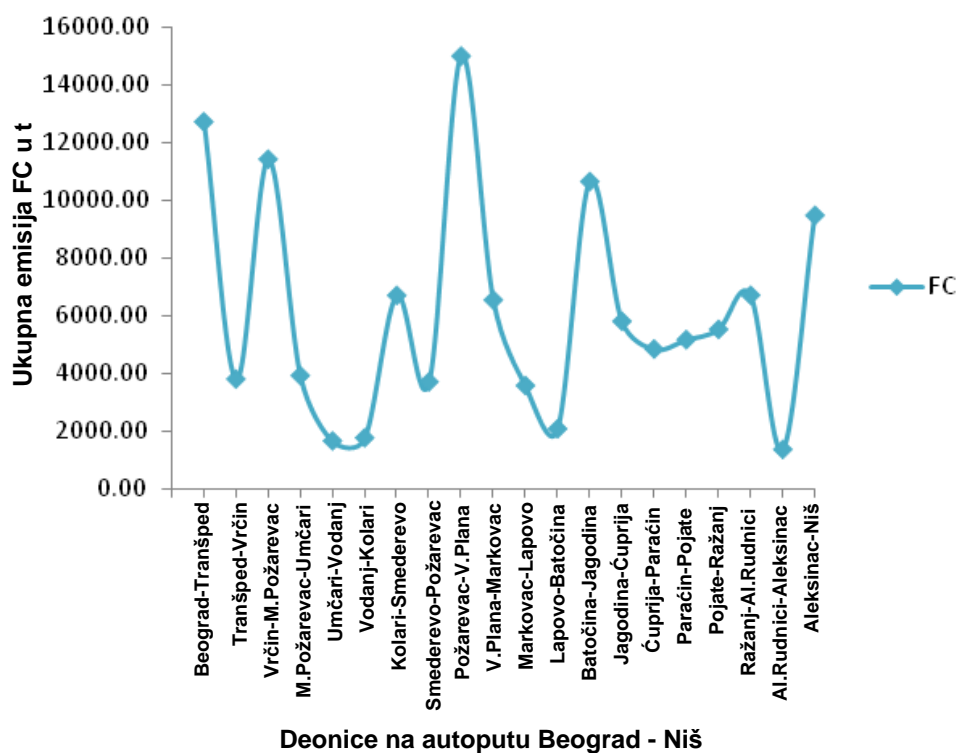
U tabeli 5.24 prikazana je ukupna emisija EC, OM, FC, CO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš. Na osnovu prikazanih rezultata može se videti da je najveća emisija ovih zagađujućih materija bila na deonici Požarevac – V. Plana (slike 5.14–5.18).



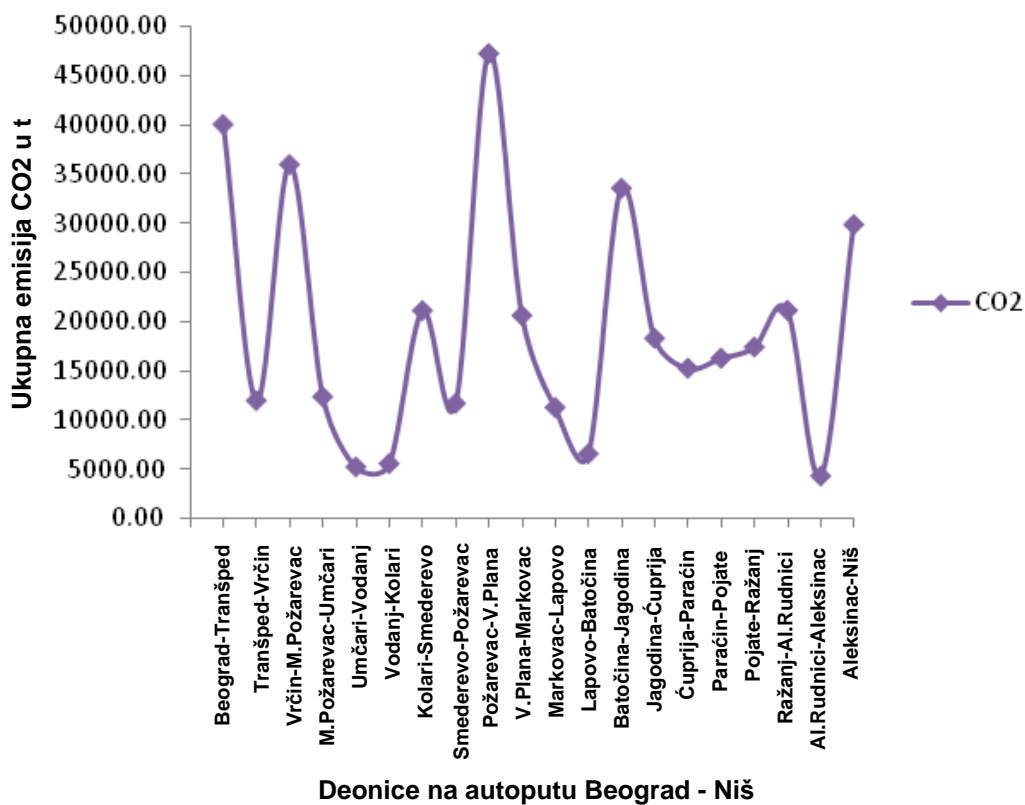
Slika 5.14. Emisija EC u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



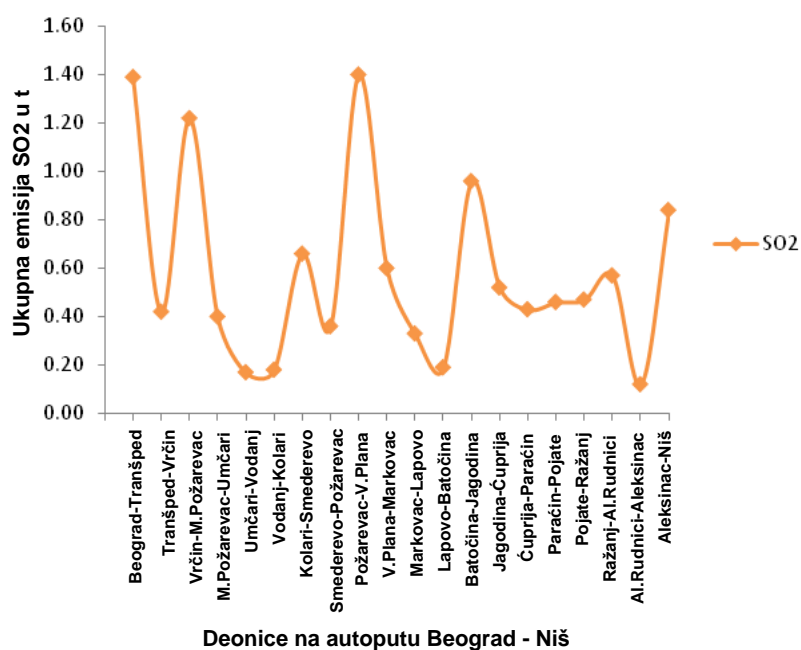
Slika 5.15. Emisija OM u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



Slika 5.16. Emisija FC u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



Slika 5.17. Emisija CO<sub>2</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

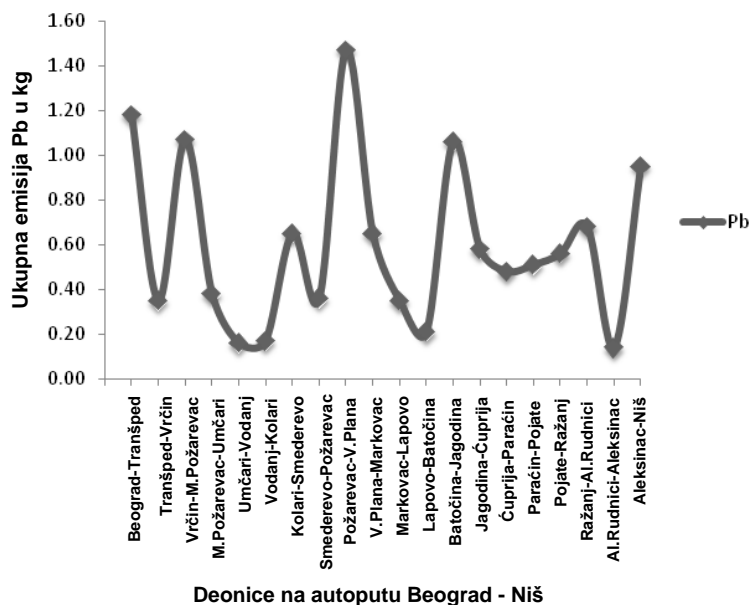


Slika 5.18. Emisija SO<sub>2</sub> u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

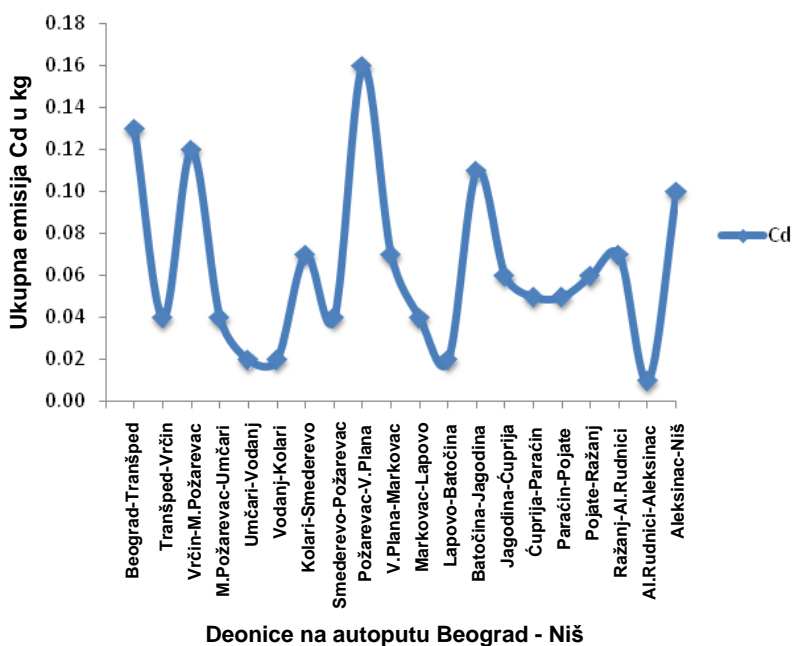
Tabela 5.25. Ukupna emisija Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Se i Zn u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

DEONICE	TEŠKI METALI (kg/god)						
	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Se	Zn
Beograd – Tranšped	1,18	0,13	30,10	1,04	1,02	0,14	20,10
Tranšped – Vrčin	0,35	0,04	9,02	0,31	0,29	0,04	6,02
Vrčin – M. Požarevac	1,07	0,12	27,15	0,94	0,86	0,13	18,06
M. Požarevac – Umčari	0,38	0,04	9,41	0,33	0,30	0,04	6,22
Umčari – Vodanj	0,16	0,02	4,00	0,14	0,13	0,02	2,64
Vodanj – Kolari	0,17	0,02	4,26	0,15	0,07	0,02	2,81
Kolari – Smederevo	0,65	0,07	16,11	0,56	0,51	0,08	10,62
Smederevo – Požarevac	0,36	0,04	8,95	0,31	0,28	0,04	5,88
Požarevac – V. Plana	1,47	0,16	36,27	1,26	1,13	0,17	23,75
V. Plana – Markovac	0,65	0,07	15,88	0,55	0,50	0,07	10,38
Markovac – Lapovo	0,35	0,04	8,68	0,30	0,27	0,04	5,68
Lapovo – Batočina	0,21	0,02	5,06	0,18	0,16	0,02	3,31
Batočina – Jagodina	1,06	0,11	25,88	0,90	0,81	0,12	16,88
Jagodina – Čuprija	0,58	0,06	14,12	0,49	0,44	0,07	9,21
Čuprija – Paraćin	0,48	0,05	11,78	0,41	0,37	0,06	7,68
Paraćin – Pojate	0,51	0,05	12,57	0,44	0,39	0,06	8,20
Pojate – Ražanj	0,56	0,06	13,50	0,47	0,42	0,06	8,77
Ražanj – Al. Rudnici	0,68	0,07	16,42	0,57	0,51	0,08	10,65
Al. Rudnici – Aleksinac	0,14	0,01	3,35	0,12	0,10	0,02	2,17
Aleksinac – Niš	0,95	0,10	23,06	0,80	0,72	0,11	15,02
UKUPNO:	11,96	1,28	295,57	10,27	9,28	1,39	194,05

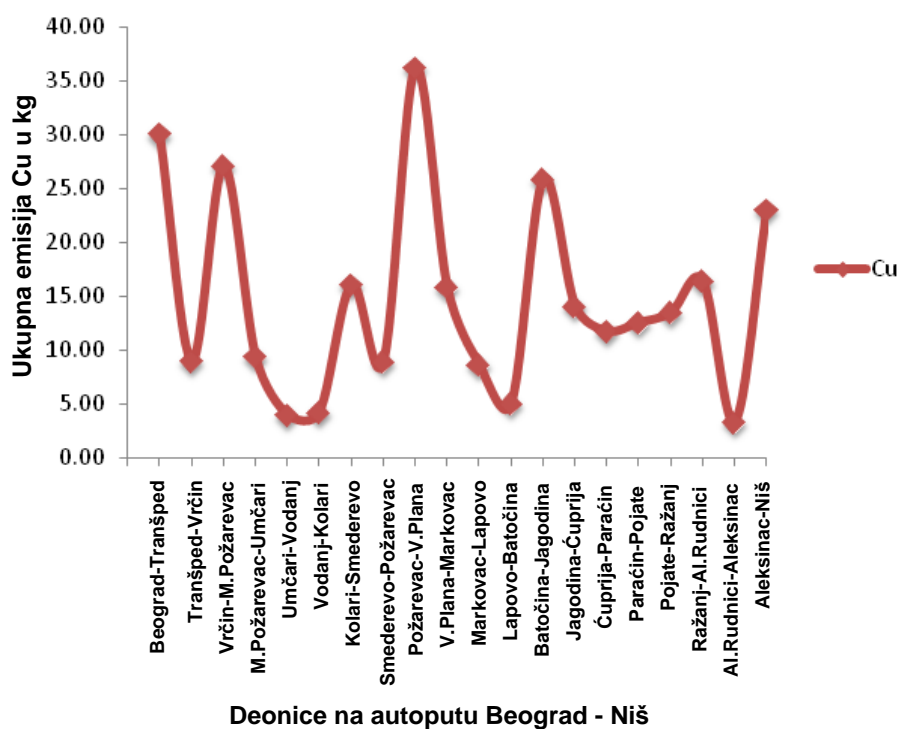
Ako se posmatra emisija teških metala (tabela 5.25) može se ustanoviti da je najveća emisija obrađenih teških metala Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Se i Zn bila na deonici Požarevac – V. Plana (slika 5.19–5.25)



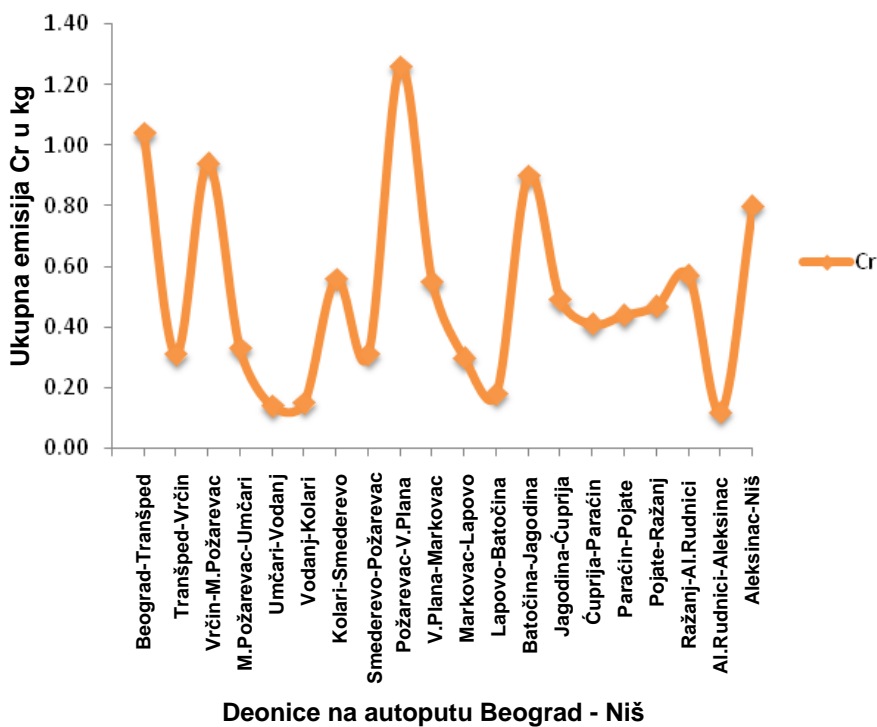
Slika 5.19. Emisija Pb u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



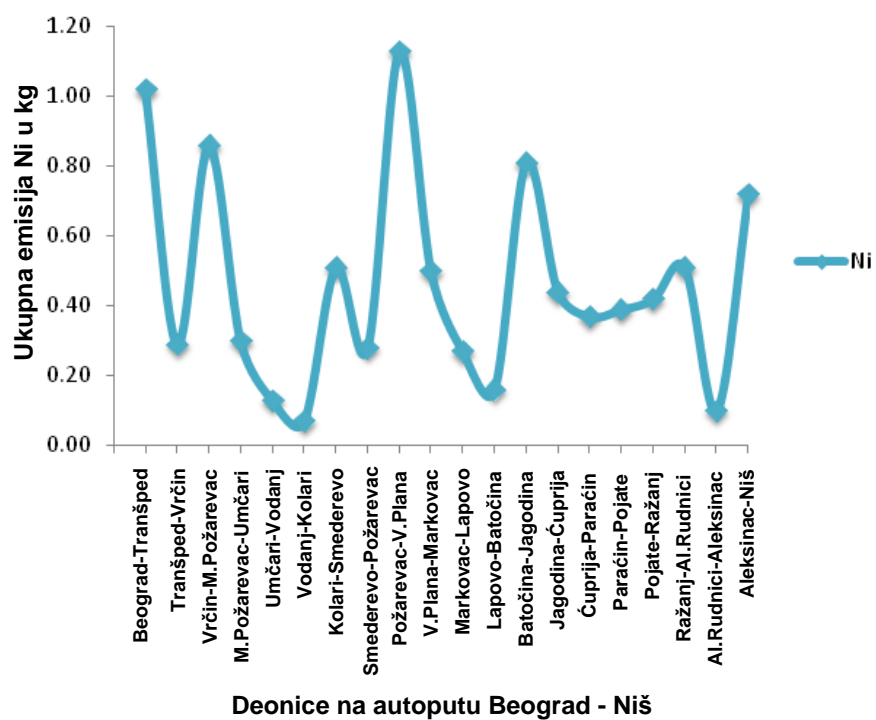
Slika 5.20. Emisija Cd u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



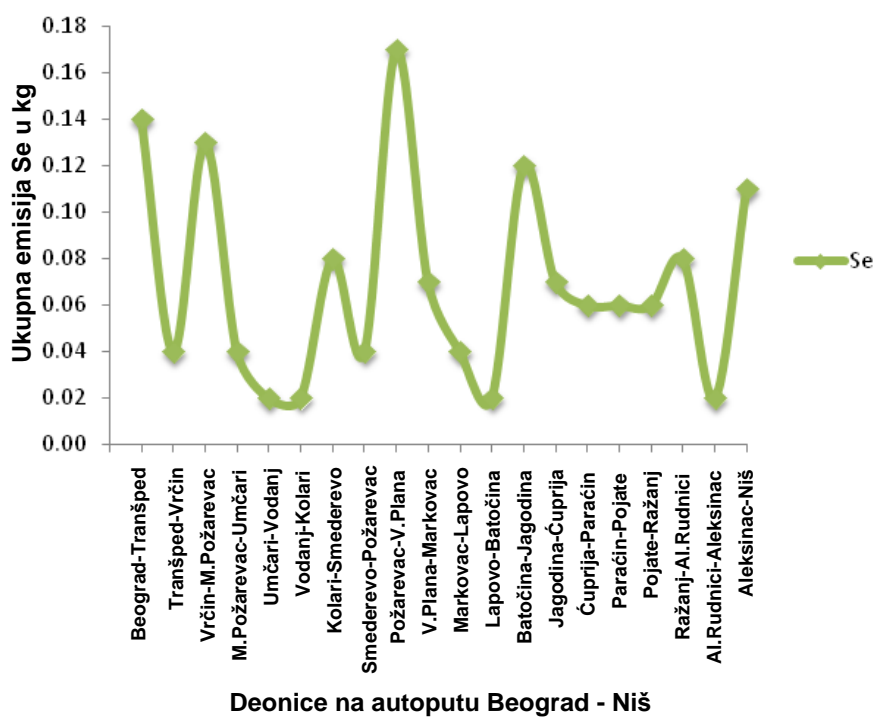
Slika 5.21. Emisija Cu u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd-Niš



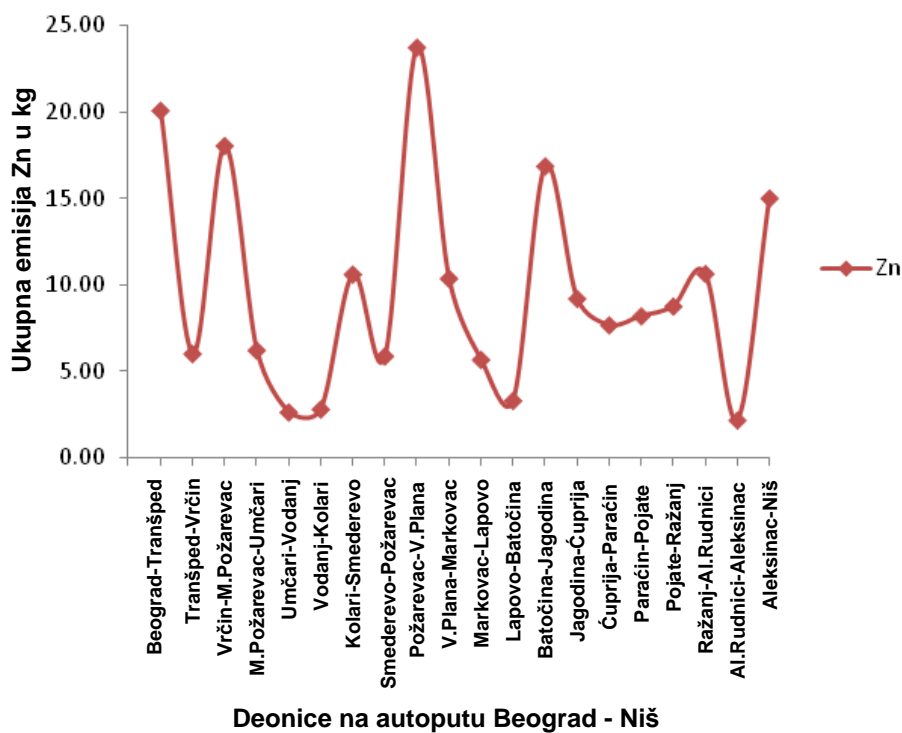
Slika 5.22. Emisija Cr u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



Slika 5.23. Emisija Ni u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



Slika 5.24. Emisija Se u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš



Slika 5.25. Emisija Zn u 2009. godini po deonicama na autoputu Beograd – Niš

Analiza ukupne emisije zagađujućih materija prema izvorima zagađenja po deonicama autoputa Beograd – Niš prikazana je u tabelama 5.26–5.45.



**Tabela 5.26.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Beograd – Tranšped

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	469,04	4,30	34,47	2,06	25,98
VOC (t)	242,26	0,80	7,89	0,51	3,08
NMVOG (t)	239,64	0,79	7,19	0,47	2,87
CH <sub>4</sub> (t)	2,61	0,01	0,69	0,04	0,21
NO <sub>x</sub> (t)	216,22	1,37	155,64	10,24	0,93
NO (t)	202,19	1,25	137,41	9,04	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	14,03	0,12	18,23	1,20	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,58	0,00	0,37	0,02	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	3,50	0,00	0,08	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	4,15	0,12	4,59	0,28	0,03
PM <sub>10</sub> (t)	4,49	0,12	4,84	0,29	0,03
PM <sub>exhaust</sub> (t)	3,53	0,11	4,23	0,26	0,02
EC (t)	2,20	0,07	2,42	0,14	0,00
OM (t)	1,15	0,04	1,41	0,09	0,02
FC (t)	7827,47	64,39	4491,36	300,65	68,18
CO <sub>2</sub> (t)	24532,63	202,81	14153,71	947,45	215,15
SO <sub>2</sub> (t)	1,29	0,00	0,07	0,00	0,02
Pb (kg)	0,53	0,00	0,62	0,02	0,00
Cd (kg)	0,08	0,00	0,05	0,00	0,00
Cu (kg)	16,61	0,14	12,51	0,70	0,14
Cr (kg)	0,56	0,00	0,45	0,02	0,00
Ni (kg)	0,57	0,00	0,35	0,02	0,00
Se (kg)	0,09	0,00	0,05	0,00	0,00
Zn (kg)	12,19	0,10	7,28	0,43	0,09

**Tabela 5.27.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Tranšped – Vrčin

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	140,28	1,30	10,35	0,61	7,78
VOC (t)	208,59	0,68	2,37	0,15	2,17
NM VOC (t)	207,80	0,68	2,16	0,14	2,11
CH <sub>4</sub> (t)	0,78	0,00	0,21	0,01	0,06
NO <sub>x</sub> (t)	64,71	0,41	46,71	3,06	0,28
NO (t)	60,51	0,38	41,24	2,70	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	4,20	0,04	5,47	0,36	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,17	0,00	0,11	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	1,05	0,00	0,02	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,24	0,04	1,38	0,08	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,34	0,04	1,45	0,09	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	1,06	0,03	1,27	0,08	0,01
EC (t)	0,66	0,02	0,73	0,04	0,00
OM (t)	0,34	0,01	0,42	0,03	0,01
FC (t)	2340,10	19,47	1347,94	89,90	20,40
CO <sub>2</sub> (t)	7334,84	61,31	4247,79	283,30	64,39
SO <sub>2</sub> (t)	0,38	0,00	0,02	0,00	0,01
Pb (kg)	0,16	0,00	0,19	0,01	0,00
Cd (kg)	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
Cu (kg)	4,97	0,04	3,75	0,21	0,04
Cr (kg)	0,17	0,00	0,13	0,01	0,00
Ni (kg)	0,17	0,00	0,11	0,01	0,00
Se (kg)	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00
Zn (kg)	3,65	0,03	2,19	0,13	0,03

**Tabela 5.28.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Vrčin – M. Požarevac

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	408,64	4,18	63,52	1,88	22,64
VOC (t)	213,49	0,79	7,39	0,47	2,71
NMVOG (t)	211,22	0,78	6,73	0,43	2,52
CH <sub>4</sub> (t)	2,28	0,01	0,65	0,04	0,18
NO <sub>x</sub> (t)	188,39	1,33	146,76	9,35	0,81
NO (t)	176,17	1,21	129,57	8,25	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	12,23	0,12	17,19	1,09	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,50	0,00	0,35	0,02	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	3,05	0,0	0,07	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	3,61	0,11	4,33	0,25	0,02
PM <sub>10</sub> (t)	3,91	0,12	4,57	0,26	0,02
PM <sub>exhaust</sub> (t)	3,08	0,11	3,99	0,24	0,02
EC (t)	1,91	0,07	2,28	0,13	0,00
OM (t)	1,00	0,04	1,33	0,08	0,02
FC (t)	6818,44	62,53	4237,40	274,48	59,41
CO <sub>2</sub> (t)	21370,37	196,93	13353,43	864,97	187,48
SO <sub>2</sub> (t)	1,12	0,00	0,07	0,00	0,02
Pb (kg)	0,46	0,00	0,58	0,02	0,00
Cd (kg)	0,07	0,00	0,05	0,00	0,00
Cu (kg)	14,48	0,13	11,78	0,64	0,12
Cr (kg)	0,49	0,00	0,42	0,02	0,00
Ni (kg)	0,50	0,00	0,33	0,02	0,00
Se (kg)	0,08	0,00	0,05	0,00	0,00
Zn (kg)	10,62	0,10	6,87	0,39	0,08

**Tabela 5.29.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici M. Požarevac – Umčari

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	131,37	1,55	12,37	0,64	7,28
VOC (t)	136,15	0,57	2,75	0,16	1,49
NM VOC (t)	135,41	0,57	2,50	0,15	1,43
CH <sub>4</sub> (t)	0,73	0,00	0,25	0,01	0,06
NO <sub>x</sub> (t)	60,56	0,49	55,75	3,19	0,26
NO (t)	56,63	0,45	49,20	2,82	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	3,93	0,04	6,53	0,37	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,16	0,00	0,13	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	0,98	0,00	0,03	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,16	0,04	1,65	0,09	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,26	0,04	1,74	0,09	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	0,99	0,04	1,52	0,08	0,01
EC (t)	0,62	0,02	0,87	0,05	0,00
OM (t)	0,32	0,01	0,51	0,03	0,00
FC (t)	2191,90	23,15	1611,89	93,78	19,10
CO <sub>2</sub> (t)	6869,84	72,90	5079,58	295,53	60,26
SO <sub>2</sub> (t)	0,36	0,00	0,03	0,00	0,01
Pb (kg)	0,15	0,00	0,22	0,01	0,00
Cd (kg)	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00
Cu (kg)	4,65	0,05	4,45	0,22	0,04
Cr (kg)	0,16	0,00	0,16	0,01	0,00
Ni (kg)	0,16	0,00	0,13	0,01	0,00
Se (kg)	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00
Zn (kg)	3,41	0,04	2,61	0,13	0,03

**Tabela 5.30.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Umčari – Vodanj

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	55,53	0,66	5,28	0,27	3,08
VOC (t)	126,69	0,53	1,17	0,07	1,26
NMVOOC (t)	126,38	0,53	1,06	0,06	1,24
CH <sub>4</sub> (t)	0,31	0,00	0,11	0,01	0,02
NO <sub>x</sub> (t)	25,60	0,21	23,79	1,35	0,11
NO (t)	23,94	0,19	21,00	1,19	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	1,66	0,02	2,79	0,16	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,07	0,00	0,06	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	0,41	0,00	0,01	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	0,49	0,02	0,07	0,04	0,00
PM <sub>10</sub> (t)	0,53	0,02	0,74	0,04	0,00
PM <sub>exhaust</sub> (t)	0,42	0,02	0,65	0,03	0,00
EC (t)	0,26	0,01	0,37	0,02	0,00
OM (t)	0,14	0,01	0,22	0,01	0,00
FC (t)	926,52	9,91	688,09	39,73	8,07
CO <sub>2</sub> (t)	2903,91	31,20	2168,40	125,20	25,47
SO <sub>2</sub> (t)	0,15	0,00	0,01	0,00	0,00
Pb (kg)	0,06	0,00	0,09	0,00	0,00
Cd (kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Cu (kg)	1,97	0,02	1,90	0,09	0,02
Cr (kg)	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00
Ni (kg)	0,07	0,00	0,05	0,00	0,00
Se (kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Zn (kg)	1,44	0,02	1,11	0,06	0,01

**Tabela 5.31.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Vodanj – Kolari

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	58,11	0,7	5,74	0,29	3,22
VOC (t)	120,28	0,51	1,27	0,07	1,21
NMVOG (t)	119,95	0,51	1,15	0,07	1,18
CH <sub>4</sub> (t)	0,32	0,00	0,12	0,01	0,03
NO <sub>x</sub> (t)	26,79	0,22	25,83	1,46	0,11
NO (t)	25,05	0,20	22,81	1,29	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	1,74	0,02	3,03	0,17	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,07	0,00	0,06	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	0,43	0,00	0,01	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	0,51	0,02	0,77	0,04	0,00
PM <sub>10</sub> (t)	0,56	0,02	0,81	0,04	0,00
PM <sub>exhaust</sub> (t)	0,44	0,02	0,71	0,04	0,00
EC (t)	0,27	0,01	0,40	0,02	0,00
OM (t)	0,14	0,01	0,23	0,01	0,00
FC (t)	969,59	10,51	747,40	42,77	8,45
CO <sub>2</sub> (t)	3038,87	33,10	2355,29	134,78	26,66
SO <sub>2</sub> (t)	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00
Pb (kg)	0,07	0,00	0,10	0,00	0,00
Cd (kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Cu (kg)	2,06	0,02	2,06	0,10	0,02
Cr (kg)	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00
Ni (kg)	0,07	0,00	0,06	0,00	0,00
Se (kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Zn (kg)	1,51	0,02	1,21	0,06	0,01

**Tabela 5.32.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Kolari – Smederevo

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	218,32	2,65	21,82	1,16	12,10
VOC (t)	154,51	0,68	4,83	0,29	1,78
NMVOG (t)	153,29	0,67	4,38	0,27	1,69
CH <sub>4</sub> (t)	1,22	0,01	0,44	0,02	0,10
NO <sub>x</sub> (t)	100,66	0,84	98,26	5,74	0,43
NO (t)	94,12	0,77	86,75	5,07	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	6,54	0,08	11,52	0,67	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,27	0,00	0,23	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	1,63	0,00	0,05	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,93	0,07	2,91	0,16	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	2,09	0,07	3,07	0,16	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	1,65	0,07	2,69	0,15	0,01
EC (t)	1,02	0,04	1,54	0,08	0,01
OM (t)	0,54	0,02	0,89	0,05	0,00
FC (t)	3644,25	39,63	2843,24	166,71	0,01
CO <sub>2</sub> (t)	11421,77	124,81	8959,96	525,36	31,76
SO <sub>2</sub> (t)	0,60	0,00	0,05	0,00	100,24
Pb (kg)	0,25	0,00	0,38	0,01	0,01
Cd (kg)	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00
Cu (kg)	7,74	0,09	7,84	0,39	0,06
Cr (kg)	0,26	0,00	0,28	0,01	0,00
Ni (kg)	0,26	0,00	0,22	0,01	0,00
Se (kg)	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00
Zn (kg)	5,68	0,06	4,60	0,24	0,04

**Tabela 5.33.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Smederevo – Požarevac

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	117,11	1,46	12,59	0,62	6,49
VOC (t)	153,55	0,68	2,77	0,15	1,58
NMVOG (t)	152,90	0,68	2,51	0,14	1,53
CH <sub>4</sub> (t)	0,65	0,00	0,26	0,01	0,05
NO <sub>x</sub> (t)	53,99	0,46	56,65	3,07	0,23
NO (t)	50,48	0,42	50,01	2,71	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	3,5	0,04	6,64	0,36	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,14	0,00	0,13	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	0,87	0,00	0,03	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,04	0,04	1,68	0,08	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,12	0,04	1,77	0,09	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	0,88	0,04	1,55	0,08	0,01
EC (t)	0,55	0,02	0,89	0,04	0,00
OM (t)	0,29	0,01	0,51	0,03	0,00
FC (t)	1954,00	21,84	1639,94	90,15	17,02
CO <sub>2</sub> (t)	6124,21	68,78	5167,99	284,11	53,72
SO <sub>2</sub> (t)	0,32	0,00	0,03	0,00	0,01
Pb (kg)	0,13	0,00	0,22	0,01	0,00
Cd (kg)	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00
Cu (kg)	4,15	0,05	4,51	0,21	0,03
Cr (kg)	0,14	0,00	0,16	0,01	0,00
Ni (kg)	0,14	0,00	0,13	0,01	0,00
Se (kg)	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00
Zn (kg)	3,04	0,03	2,65	0,13	0,02



**Tabela 5.34.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Požarevac – V. Plana

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	458,45	5,65	52,75	2,46	25,40
VOC (t)	161,02	0,73	11,49	0,61	2,29
NMVOC (t)	158,46	0,72	10,42	0,56	2,08
CH <sub>4</sub> (t)	2,55	0,01	1,07	0,05	0,20
NO <sub>x</sub> (t)	211,35	1,80	237,29	12,25	0,90
NO (t)	197,63	1,64	209,47	10,81	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	13,72	0,16	27,82	1,43	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,56	0,00	0,55	0,02	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	3,42	0,00	0,11	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	4,05	0,15	7,06	0,33	0,02
PM <sub>10</sub> (t)	4,38	0,16	7,44	0,34	0,03
PM <sub>exhaust</sub> (t)	3,46	0,15	6,51	0,31	0,02
EC (t)	2,15	0,09	3,73	0,17	0,00
OM (t)	1,12	0,05	2,16	0,11	0,02
FC (t)	7649,34	84,62	6874,16	359,53	66,65
CO <sub>2</sub> (t)	23974,55	266,52	21662,71	1132,99	210,32
SO <sub>2</sub> (t)	1,26	0,01	0,11	0,01	0,02
Pb (kg)	0,52	0,01	0,92	0,03	0,00
Cd (kg)	0,08	0,00	0,07	0,00	0,00
Cu (kg)	16,24	0,18	18,87	0,84	0,14
Cr (kg)	0,54	0,01	0,68	0,03	0,00
Ni (kg)	0,56	0,01	0,54	0,03	0,00
Se (kg)	0,09	0,00	0,08	0,00	0,00
Zn (kg)	11,91	0,13	11,10	0,52	0,09

**Tabela 5.35.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici V. Plana – Markovac

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	195,38	2,56	23,65	1,08	10,82
VOC (t)	137,28	0,65	5,13	0,27	1,58
NMVOOC (t)	136,19	0,64	4,65	0,25	1,50
CH <sub>4</sub> (t)	1,09	0,01	0,48	0,02	0,09
NO <sub>x</sub> (t)	90,07	0,82	106,35	5,37	0,39
NO (t)	84,23	0,74	93,88	4,74	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	5,85	0,07	12,47	0,63	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,24	0,00	0,25	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	1,46	0,00	0,05	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,73	0,07	3,17	0,15	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,87	0,07	3,34	0,15	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	1,47	0,07	2,92	0,14	0,01
EC (t)	0,92	0,04	1,67	0,08	0,00
OM (t)	0,48	0,02	0,97	0,05	0,01
FC (t)	3259,90	38,33	3081,86	157,70	28,40
CO <sub>2</sub> (t)	10217,18	120,72	9711,92	496,95	89,63
SO <sub>2</sub> (t)	0,54	0,00	0,05	0,00	0,01
Pb (kg)	0,22	0,00	0,41	0,01	0,00
Cd (kg)	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
Cu (kg)	6,92	0,08	8,45	0,37	0,06
Cr (kg)	0,23	0,00	0,30	0,01	0,00
Ni (kg)	0,24	0,00	0,24	0,01	0,00
Se (kg)	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00
Zn (kg)	5,08	0,06	4,98	0,23	0,04

**Tabela 5.36.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Markovac – Lapovo

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	108,23	1,40	12,78	0,59	6,00
VOC (t)	133,68	0,62	2,78	0,15	1,39
NMVOC (t)	133,08	0,62	2,52	0,13	1,34
CH <sub>4</sub> (t)	0,60	0,00	0,26	0,01	0,05
NO <sub>x</sub> (t)	49,90	0,45	57,49	2,94	0,21
NO (t)	46,66	0,41	50,57	2,59	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	3,24	0,04	6,74	0,34	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,13	0,00	0,13	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	0,81	0,00	0,03	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	0,96	0,04	1,71	0,08	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,04	0,04	1,80	0,08	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	0,82	0,04	1,58	0,07	0,01
EC (t)	0,51	0,02	0,90	0,04	0,00
OM (t)	0,27	0,01	0,52	0,03	0,00
FC (t)	1805,90	20,98	1665,64	86,23	15,73
CO <sub>2</sub> (t)	5660,04	66,07	5248,98	271,74	49,65
SO <sub>2</sub> (t)	0,30	0,00	0,03	0,00	0,01
Pb (kg)	0,12	0,00	0,22	0,01	0,00
Cd (kg)	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00
Cu (kg)	3,83	0,05	4,57	0,02	0,03
Cr (kg)	0,13	0,00	0,16	0,01	0,00
Ni (kg)	0,13	0,00	0,13	0,01	0,00
Se (kg)	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00
Zn (kg)	2,81	0,03	2,69	0,12	0,02

**Tabela 5.37.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Lapovo – Batočina

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	62,75	0,82	7,48	0,35	3,48
VOC (t)	106,58	0,49	1,63	0,09	1,09
NMVOG (t)	106,23	0,49	1,48	0,08	1,06
CH <sub>4</sub> (t)	0,35	0,00	0,15	0,01	0,03
NO <sub>x</sub> (t)	28,93	0,26	33,66	1,72	0,12
NO (t)	27,05	0,24	29,72	1,52	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	1,88	0,02	3,95	0,20	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	0,47	0,00	0,02	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	0,55	0,02	1,00	0,05	0,00
PM <sub>10</sub> (t)	0,60	0,02	1,06	0,05	0,00
PM <sub>exhaust</sub> (t)	0,47	0,02	0,92	0,04	0,00
EC (t)	0,29	0,01	0,53	0,02	0,00
OM (t)	0,15	0,01	0,31	0,02	0,00
FC (t)	1046,93	12,23	975,33	50,53	9,12
CO <sub>2</sub> (t)	3281,29	38,50	3073,58	159,24	28,77
SO <sub>2</sub> (t)	0,17	0,00	0,02	0,00	0,00
Pb (kg)	0,07	0,00	0,13	0,00	0,00
Cd (kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Cu (kg)	2,22	0,03	2,68	0,12	0,02
Cr (kg)	0,07	0,00	0,10	0,00	0,00
Ni (kg)	0,08	0,00	0,08	0,00	0,00
Se (kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Zn (kg)	1,63	0,02	1,58	0,07	0,01

**Tabela 5.38.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Batočina – Jagodina

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	319,96	4,23	39,18	1,78	17,28
VOC (t)	116,20	0,58	8,50	0,44	1,64
NMVOOC (t)	114,46	0,57	7,70	0,41	1,50
CH <sub>4</sub> (t)	1,74	0,01	0,80	0,04	0,14
NO <sub>x</sub> (t)	143,82	1,35	176,17	8,86	0,62
NO (t)	134,48	1,23	155,51	7,83	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	9,33	0,12	20,66	1,04	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,38	0,00	0,41	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	2,33	0,00	0,08	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	2,76	0,12	5,24	0,24	0,02
PM <sub>10</sub> (t)	2,98	0,12	5,53	0,25	0,02
PM <sub>exhaust</sub> (t)	2,35	0,11	4,84	0,23	0,01
EC (t)	1,46	0,07	2,77	0,13	0,00
OM (t)	0,77	0,04	1,60	0,08	0,01
FC (t)	5205,09	63,38	5105,30	260,24	45,35
CO <sub>2</sub> (t)	16313,78	199,61	16088,46	820,11	143,12
SO <sub>2</sub> (t)	0,86	0,00	0,08	0,00	0,01
Pb (kg)	0,35	0,00	0,68	0,02	0,00
Cd (kg)	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00
Cu (kg)	11,05	0,14	14,00	0,61	0,09
Cr (kg)	0,37	0,00	0,50	0,02	0,00
Ni (kg)	0,38	0,00	0,40	0,02	0,00
Se (kg)	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00
Zn (kg)	8,11	0,01	8,24	0,37	0,06

**Tabela 5.39.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Jagodina – Čuprija

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	168,67	2,26	21,62	0,94	9,35
VOC (t)	96,21	0,47	4,65	0,23	1,19
NM VOC (t)	95,27	0,46	4,21	0,21	1,11
CH <sub>4</sub> (t)	0,94	0,00	0,44	0,02	0,08
NO <sub>x</sub> (t)	77,76	0,72	97,17	4,67	0,33
NO (t)	72,71	0,66	85,77	4,12	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	5,05	0,07	11,39	0,55	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,21	0,00	0,22	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	1,26	0,00	0,04	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,49	0,06	2,90	0,13	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,61	0,06	3,05	0,13	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	1,27	0,06	2,67	0,12	0,01
EC (t)	0,79	0,04	1,53	0,07	0,00
OM (t)	0,41	0,02	0,89	0,04	0,01
FC (t)	2814,31	33,91	2817,63	137,09	24,52
CO <sub>2</sub> (t)	8820,61	106,79	8879,27	432,02	77,39
SO <sub>2</sub> (t)	0,46	0,00	0,05	0,00	0,01
Pb (kg)	0,19	0,00	0,37	0,01	0,00
Cd (kg)	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
Cu (kg)	5,97	0,07	7,71	0,32	0,05
Cr (kg)	0,20	0,00	0,28	0,01	0,00
Ni (kg)	0,20	0,00	0,22	0,01	0,00
Se (kg)	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
Zn (kg)	4,38	0,05	4,55	0,02	0,03

**Tabela 5.40.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Čuprija – Paraćin

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	140,89	1,93	18,00	0,79	7,81
VOC (t)	111,30	0,55	3,88	0,20	1,25
NMVOG (t)	110,52	0,54	3,51	0,18	1,19
CH <sub>4</sub> (t)	0,78	0,00	0,37	0,02	0,06
NO <sub>x</sub> (t)	64,95	0,61	80,89	3,93	0,28
NO (t)	60,74	0,56	71,41	3,47	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	4,22	0,06	9,49	0,46	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,17	0,00	0,19	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	1,05	0,00	0,04	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,25	0,05	2,41	0,11	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,35	0,05	2,54	0,11	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	1,06	0,05	2,22	0,10	0,01
EC (t)	0,66	0,03	1,28	0,06	0,00
OM (t)	0,35	0,02	0,74	0,03	0,01
FC (t)	2350,86	28,83	2345,35	115,50	20,48
CO <sub>2</sub> (t)	7368,06	90,81	7390,96	363,99	64,64
SO <sub>2</sub> (t)	0,39	0,00	0,04	0,00	0,01
Pb (kg)	0,16	0,00	0,31	0,01	0,00
Cd (kg)	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00
Cu (kg)	4,99	0,06	6,42	0,27	0,04
Cr (kg)	0,17	0,00	0,23	0,01	0,00
Ni (kg)	0,17	0,00	0,18	0,01	0,00
Se (kg)	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
Zn (kg)	3,66	0,04	3,79	0,17	0,03

**Tabela 5.41.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Paraćin – Pojate

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	150,38	1,94	19,20	0,85	8,33
VOC (t)	106,69	0,50	4,14	0,21	1,23
NMVOG (t)	105,85	0,49	3,75	0,19	1,16
CH <sub>4</sub> (t)	0,84	0,00	0,39	0,02	0,07
NO <sub>x</sub> (t)	69,33	0,62	86,30	4,21	0,30
NO (t)	64,83	0,56	76,18	3,72	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	4,50	0,06	10,12	0,49	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,19	0,0	0,20	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	1,12	0,00	0,04	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,33	0,05	2,57	0,11	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,44	0,05	2,71	0,12	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	1,13	0,05	2,37	0,11	0,01
EC (t)	0,70	0,03	1,36	0,06	0,00
OM (t)	0,37	0,02	0,79	0,04	0,01
FC (t)	2509,18	29,12	2501,94	123,62	21,86
CO <sub>2</sub> (t)	7864,26	91,70	7884,43	389,56	68,99
SO <sub>2</sub> (t)	0,41	0,00	0,04	0,00	0,01
Pb (kg)	0,17	0,00	0,33	0,01	0,00
Cd (kg)	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
Cu (kg)	5,33	0,06	6,85	0,29	0,04
Cr (kg)	0,18	0,00	0,24	0,01	0,00
Ni (kg)	0,18	0,00	0,20	0,01	0,00
Se (kg)	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
Zn (kg)	3,91	0,05	4,04	0,18	0,03



**Tabela 5.42.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Pojate – Ražanj

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	151,72	1,90	21,77	0,88	8,41
VOC (t)	88,12	0,40	4,63	0,22	1,07
NMVOC (t)	87,28	0,40	4,18	0,20	1,00
CH <sub>4</sub> (t)	0,85	0,00	0,45	0,02	0,07
NO <sub>x</sub> (t)	69,95	0,61	97,66	4,41	0,30
NO (t)	65,41	0,55	86,20	3,89	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	4,54	0,06	11,46	0,52	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,19	0,00	0,22	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	1,13	0,00	0,04	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,34	0,05	2,92	0,12	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,45	0,05	3,07	0,12	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	1,14	0,05	2,69	0,11	0,01
EC (t)	0,71	0,03	1,54	0,06	0,00
OM (t)	0,37	0,02	0,89	0,04	0,01
FC (t)	2531,54	28,46	2833,60	129,41	22,06
CO <sub>2</sub> (t)	7934,35	89,63	8929,59	407,81	69,60
SO <sub>2</sub> (t)	0,42	0,00	0,05	0,00	0,01
Pb (kg)	0,17	0,00	0,37	0,01	0,00
Cd (kg)	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
Cu (kg)	5,37	0,06	7,72	0,30	0,04
Cr (kg)	0,18	0,00	0,28	0,01	0,00
Ni (kg)	0,18	0,00	0,22	0,01	0,00
Se (kg)	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00
Zn (kg)	3,94	0,04	4,57	0,19	0,03

**Tabela 5.43.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Ražanj – Al. Rudnici

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	182,39	2,23	26,63	1,08	10,11
VOC (t)	89,66	0,40	5,67	0,27	1,14
NMVOC (t)	88,64	0,39	5,12	0,25	1,06
CH <sub>4</sub> (t)	1,02	0,00	0,55	0,02	0,08
NO <sub>x</sub> (t)	84,08	0,71	119,58	5,37	0,36
NO (t)	78,63	0,65	105,56	4,74	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	5,46	0,06	14,03	0,63	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,22	0,00	0,27	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	1,36	0,00	0,05	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	1,61	0,06	3,57	0,15	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	1,74	0,06	3,76	0,15	0,01
PM <sub>exhaust</sub> (t)	1,37	0,06	3,30	0,14	0,01
EC (t)	0,85	0,04	1,89	0,08	0,00
OM (t)	0,45	0,02	1,09	0,05	0,01
FC (t)	3043,19	33,41	3470,64	157,76	26,52
CO <sub>2</sub> (t)	9537,96	105,22	10937,10	497,14	83,68
SO <sub>2</sub> (t)	0,50	0,00	0,06	0,00	0,01
Pb (kg)	0,21	0,00	0,46	0,01	0,00
Cd (kg)	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00
Cu (kg)	6,46	0,07	9,46	0,37	0,05
Cr (kg)	0,22	0,00	0,34	0,01	0,00
Ni (kg)	0,22	0,00	0,27	0,01	0,00
Se (kg)	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00
Zn (kg)	4,74	0,05	5,60	0,23	0,04

**Tabela 5.44.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Al. Rudnici – Aleksinac

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	37,84	0,47	5,38	0,21	2,10
VOC (t)	76,74	0,35	1,14	0,05	0,75
NMVOG (t)	76,53	0,34	1,03	0,05	0,74
CH <sub>4</sub> (t)	0,21	0,00	0,11	0,00	0,02
NO <sub>x</sub> (t)	17,45	0,15	24,13	1,04	0,07
NO (t)	16,31	0,14	21,30	0,92	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	1,13	0,01	2,83	0,12	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	0,28	0,00	0,01	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	0,33	0,01	0,72	0,03	0,00
PM <sub>10</sub> (t)	0,36	0,01	0,76	0,03	0,00
PM <sub>exhaust</sub> (t)	0,29	0,01	0,67	0,03	0,00
EC (t)	0,18	0,01	0,38	0,01	0,00
OM (t)	0,09	0,00	0,22	0,01	0,00
FC (t)	631,45	7,05	700,66	30,52	5,50
CO <sub>2</sub> (t)	1979,08	22,21	2208,01	96,19	17,36
SO <sub>2</sub> (t)	0,10	0,00	0,01	0,00	0,00
Pb (kg)	0,04	0,00	0,09	0,00	0,00
Cd (kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Cu (kg)	1,34	0,02	1,91	0,07	0,01
Cr (kg)	0,04	0,00	0,07	0,00	0,00
Ni (kg)	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00
Se (kg)	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Zn (kg)	0,98	0,01	1,13	0,04	0,01

**Tabela 5.45.** Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Aleksinac – Niš

Zagađujuće materije	Vrsta vozila				
	Putnička vozila	Laka teretna vozila	Teška teretna vozila	Autobusi	Motocikli
CO (t)	271,30	3,11	35,82	1,52	15,03
VOC (t)	111,81	0,47	7,68	0,38	1,50
NMVOOC (t)	110,30	0,46	6,95	0,35	1,38
CH <sub>4</sub> (t)	1,51	0,01	0,73	0,03	0,12
NO <sub>x</sub> (t)	125,07	0,99	160,92	7,57	0,54
NO (t)	116,95	0,90	142,05	6,69	0,00
NO <sub>2</sub> (t)	8,12	0,09	18,87	0,89	0,00
N <sub>2</sub> O (t)	0,33	0,00	0,37	0,01	0,00
NH <sub>3</sub> (t)	2,02	0,00	0,07	0,00	0,00
PM <sub>2,5</sub> (t)	2,40	0,09	4,80	0,20	0,01
PM <sub>10</sub> (t)	2,59	0,09	5,06	0,21	0,02
PM <sub>exhaust</sub> (t)	2,04	0,08	4,43	0,19	0,01
EC (t)	1,27	0,05	2,54	0,11	0,00
OM (t)	0,67	0,03	1,47	0,07	0,01
FC (t)	4526,33	46,51	4667,54	222,40	39,44
CO <sub>2</sub> (t)	14186,44	146,47	14708,91	700,86	124,45
SO <sub>2</sub> (t)	0,74	0,00	0,07	0,00	0,01
Pb (kg)	0,31	0,00	0,62	0,02	0,00
Cd (kg)	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00
Cu (kg)	9,61	0,01	12,76	0,52	0,08
Cr (kg)	0,32	0,00	0,46	0,02	0,00
Ni (kg)	0,33	0,00	0,37	0,02	0,00
Se (kg)	0,05	0,00	0,05	0,00	0,00
Zn (kg)	7,05	0,07	7,53	0,32	0,05

Na osnovu podataka prikazanih u prethodnim tabelama može se uočiti da najveća emisija zagađujućih materija potiče iz putničkih vozila i teških teretnih vozila. U tom smislu, integracija kontrolnih sistema saobraćaja kao i podaci o uticaju motornih vozila na zagađenje životne sredine, bili bi od velikog je značaja za unapređenje baze podataka o emisiji zagađujućih materija (Reynolds i Broderick, 2000).

## **6. SIMULACIJA DISTRIBUCIJE EMITOVANIH ZAGAĐUJUĆIH MATERIJIA**

Transport motornih vozila je osnovni uzrok ispitivanja kvaliteta vazduha a značajnost upotrebe motornih vozila raste u mnogim urbanim područjima uprkos kontrolisanju emisije motornih vozila i stabilizaciji emisije zagađujućih materija koje potiču iz industrije. To je posebno značajno za zemlje u razvoju u kojima se očekuje da porast urbanizacije i broja vozila bude najveći u svetu (Lyons i drugi, 2003). Emisija motornih vozila utiče na vremenske i prostorne modele distribucije gasova, suspendovanih čestica, te toksičnih koncentracija zagađujućih materija u urbanim sredinama.

Mnoge studije monitoringa kvaliteta vazduha koje se sprovode blizu glavnih saobraćajnica beleže koncentracije zagađujućih materija koje potiču iz motornih vozila, a odnose se na CO, NO<sub>x</sub>, PM, itd. Rezultati kontrole kvaliteta vazduha, kao i studije kojima se ispituje uticaj kvaliteta vazduha na zdravlje ljudi, podstakli su istraživanje koje je sprovedla U.S. EPA da bi se definisao uticaj emisije koja potiče iz saobraćaja na vremensku i prostornu varijabilnost koncentracija zagađujućih materija u životnoj sredini blizu saobraćajnica. Jedan od ciljeva ove studije bila je procena postojećih emisija i modeli disperzije za područja blizu glavnih saobraćajnih puteva (Venkatram i drugi, 2007).

U cilju izrade doktorske disertacije u ovom poglavlju su prikazani rezultati simulacije distribucije zagađujućih materija na autoputu Beograd – Niš, korišćenjem softverskog alata AQRoads (trial verzija). Primenom ovog softverskog alata urađena je simulacija za CO, NO<sub>x</sub>, PM i SO<sub>2</sub>.

### **6.1. Definisane postupka simulacije distribucije zagađujućih materija**

Simulacija distribucije zagađujućih materija urađena je primenom softverskog alata AQRoads; verzija 2.1.6 (trial verzija). Prvo je u model uneta mapa, odnosno karta na kojoj je prikazan autoput Beograd – Niš i definisane su geografske koordinate:

- $X$  (m):  
min=456513,57  
max=572933,159
- $Y$  (m):  
min=4797230,56  
max=4962731,87

Zatim su definisani čvorovi i linkovi, kao što je opisano u II poglavlju. U ovom slučaju definisano je devet čvorova i osam linkova. Linkovi povezuju čvorove, a čvorovi imaju sledeće koordinate:

- prvi čvor:  $X=456513,57$ ;  $Y=4962731,83$
- drugi čvor:  $X=471738,06$ ;  $Y=4935995,48$
- treći čvor:  $X=498476,08$ ;  $Y=4936983,70$
- četvrti čvor:  $X=508868,24$ ;  $Y=4900536,81$
- peti čvor:  $X=507482,19$ ;  $Y=4888848,26$
- šesti čvor:  $X=531486,30$ ;  $Y=4866923,31$
- sedmi čvor:  $X=536220,73$ ;  $Y=4846362,37$
- osmi čvor:  $X=553186,91$ ;  $Y=4825340,65$
- deveti čvor:  $X=571933,16$ ;  $Y=4797230,56$

Nakon definisanja čvorova i linkova, uneti su podaci o vozilima, kao što su vrsta vozila, brzina kretanja i protok vozila po času. Zatim je trebalo definisati meteorološke uslove. Simulacija je rađena za procenu kvaliteta vazduha u odnosu na najlošije meteorološke uslove. Da bi se uradila simulacija, bilo je neophodno uneti podatke o receptorima, tako što su definisane koordinate donjeg levog i gornjeg desnog ugla, kao i broj tačaka u odnosu na pravac:

- Koordinate donjeg levog ugla:  $X=456513,566$ ;  $Y=4797230,56$ ,
- Koordinate gornjeg desnog ugla:  $X=572933,159$ ;  $Y=4962731,87$ ,
- Broj tačaka u odnosu na pravac je:  $X=20$ ,  $Y=20$ .

Posle unošenja svih podataka koji su neophodni za simulaciju disperzije zagađujućih materija urađena je simulacija.

## **6.2. Formiranje modela distribucije emitovanih zagađujućih materija**

Simulacije distribucije zagađujućih materija u cilju procene kvaliteta vazduha u odnosu na najlošije meteorološke uslove prikazane su u tabeli 6.2 i na slikama 6.1– 6.4. Najlošiji meteorološki uslovi podrazumevaju proračun disperzije u odnosu na brzinu vetra veću ili jednaku 1 m/s, veću klasu stabilnosti, odnosno klasu stabilnosti koja po Paskalu može biti u jedinicama od 1 do 6; u ovom slučaju je najmanje 4. Takođe, u obzir su uzeti svi pravci vetrova, od 0° do 360°.

Koncentracija zagađujućih materija koju emituju motorna vozila je prikazana u  $\text{mg/m}^3$ . Gornje granične vrednosti imisije (GVI) zagađujućih materija date su u tabeli 6.1, pri čemu se za upoređivanje sa rezultatima iz tabele 6.2 koriste dnevne GVI za nenastanjena područja jer autoput Beograd – Niš ne prolazi kroz naseljena mesta.

Upoređivanje sa dnevnim GVI vrši se samo kod simuliranja distribucije zagađujućih materija u slučaju najlošijih vremenskih uslova, dok se kod definisanja simulacije disperzije zagađujućih materija, za konkretne podatke o brzini vetra, temperaturi vazduha i pravcu vetra proračun radi po času, pa se dobijeni rezultati simulacije disperzije upoređuju sa GVI po času. Proračun disperzije je rađen pod uslovom da su receptori postavljeni na visini od 1,5 m. U ovom poglavlju je prikazana samo simulacija distribucije zagađujućih materija u slučaju najlošijih vremenskih uslova. Pored ove, urađene su i simulacije za sva četiri godišnja doba. Za prolećni period uzeta je u obzir prosečna temperatura vazduha od 14,53 °C, prosečna brzina vetra od 2,3 m/s, te zapadni i severozapadni pravac vetra. Za letnji period uzeta je u obzir prosečna temperatura vazduha od 23,07 °C, prosečna brzina vetra od 1,9 m/s, te zapadni i severozapadni pravac vetra. Za jesenji period uzeta je u obzir prosečna temperatura vazduha od 12,4 °C, prosečna brzina vetra od 2,45 m/s, te istočni i jugoistočni pravac vetra. Dok je za zimski period uzeta u obzir prosečna temperatura vazduha od 2,46 °C, prosečna brzina vetra od 2,63 m/s, te istočni i jugoistočni pravac vetra. Rezultati ove

distribucije prikazani su u narednom poglavlju, jer su rezultati uneti u bazu podataka u GIS-u.

**Tabela 6.1.** GVI zagađujućih materija u  $\text{mg}/\text{m}^3$  (Izvor: „Sl.glasnik” RS, br. 54/92, 30/99, 19/2006)

Zagađujuće materije ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Vreme uzorkovanja za nenastanjena područja			Vreme uzorkovanja za nastanjena područja		
	24h	1h	godišnje	24h	1h	godišnje
CO	3	5	3	5	10	3
NO <sub>x</sub>	0,07	0,085	0,05	0,085	0,15	0,06
PM	0,04	/	0,03	0,05	0,15	0,05
SO <sub>2</sub>	0,1	0,15	0,03	0,15	0,35	0,05

**Tabela 6.2.** Disperzija dnevno emitovanih zagađujućih materija u slučaju najboljih meteoroloških parametara

Koordinate		Koncentracija zagađujućih materija u $\text{mg}/\text{m}^3$			
x	y	CO	NO <sub>x</sub>	PM	SO <sub>2</sub>
456513,566	4797230,56	1,10728	0,029282	0,012654	0,02636
462640,913	4797230,56	1,72718	0,041282	0,016874	0,03507
468768,260	4797230,56	2,13969	0,051392	0,021065	0,04379
474895,607	4797230,56	1,76484	0,043269	0,017939	0,03731
481022,954	4797230,56	1,27054	0,034705	0,015348	0,03201
487150,301	4797230,56	1,04782	0,028943	0,012916	0,02696
493277,648	4797230,56	1,06922	0,028025	0,012039	0,02507
499404,995	4797230,56	1,35390	0,036079	0,015671	0,03265
505532,342	4797230,56	1,91567	0,051874	0,02277	0,04747
511659,689	4797230,56	2,57018	0,062656	0,027685	0,05774
517787,036	4797230,56	2,33191	0,057037	0,023616	0,04911
523914,383	4797230,56	1,46745	0,037125	0,015652	0,03257
530041,730	4797230,56	1,12767	0,029330	0,012545	0,02612
536169,077	4797230,56	1,57488	0,041857	0,018158	0,03784
542296,424	4797230,56	3,44059	0,093483	0,041166	0,08585
548423,771	4797230,56	3,22670	0,088542	0,039227	0,08183
554551,118	4797230,56	1,31904	0,036904	0,016539	0,03452
560678,465	4797230,56	2,42897	0,058725	0,026274	0,05491
566805,812	4797230,56	3,02666	0,074247	0,030811	0,06408
572933,159	4797230,56	3,13517	0,080759	0,034536	0,07193
456513,566	4805941,16	1,08237	0,028433	0,012232	0,02548



462640,913	4805941,16	1,78221	0,042589	0,017406	0,03618
468768,260	4805941,16	2,15512	0,051732	0,021197	0,04406
474895,607	4805941,16	1,74687	0,042839	0,017763	0,03694
481022,954	4805941,16	1,28761	0,035094	0,015479	0,03228
487150,301	4805941,16	1,27703	0,035049	0,015572	0,03249
493277,648	4805941,16	1,05972	0,027757	0,011918	0,02482
499404,995	4805941,16	1,34162	0,035734	0,015515	0,03233
505532,342	4805941,16	2,05232	0,052232	0,022929	0,04781
511659,689	4805941,16	2,73710	0,066134	0,028291	0,05901
517787,036	4805941,16	1,93321	0,047916	0,019984	0,04157
523914,383	4805941,16	1,21674	0,031297	0,013308	0,02770
530041,730	4805941,16	1,13625	0,029748	0,012772	0,02660
536169,077	4805941,16	2,18823	0,058775	0,025682	0,05354
542296,424	4805941,16	4,05862	0,110790	0,048934	0,10206
548423,771	4805941,16	2,21144	0,061024	0,027123	0,05659
554551,118	4805941,16	2,36842	0,057167	0,023497	0,04885
560678,465	4805941,16	3,10536	0,075853	0,031394	0,06529
566805,812	4805941,16	2,99412	0,076438	0,032505	0,06768
572933,159	4805941,16	5,48335	0,150750	0,067222	0,14031
456513,566	4814651,75	1,07974	0,028249	0,01212	0,02524
462640,913	4814651,75	1,81564	0,043381	0,017729	0,03685
468768,260	4814651,75	2,18025	0,052302	0,021423	0,04453
474895,607	4814651,75	1,74172	0,042715	0,017712	0,03684
481022,954	4814651,75	1,31187	0,035725	0,015738	0,03282
487150,301	4814651,75	1,34562	0,036769	0,016271	0,03394
493277,648	4814651,75	1,05147	0,027523	0,011813	0,02460
499404,995	4814651,75	1,32763	0,035341	0,015339	0,03196
505532,342	4814651,75	2,62195	0,062904	0,025767	0,05356
511659,689	4814651,75	2,55427	0,065382	0,028885	0,06025
517787,036	4814651,75	1,50683	0,041131	0,018353	0,03830
523914,383	4814651,75	1,09361	0,028433	0,012156	0,02531
530041,730	4814651,75	1,27437	0,033591	0,014488	0,03018
536169,077	4814651,75	3,22279	0,087325	0,038387	0,08004
542296,424	4814651,75	3,76776	0,103215	0,045682	0,09529
548423,771	4814651,75	2,27454	0,054820	0,022514	0,04681
554551,118	4814651,75	3,22255	0,078467	0,032414	0,06740
560678,465	4814651,75	2,91638	0,073836	0,031236	0,06502
566805,812	4814651,75	4,73047	0,129259	0,057366	0,11971
572933,159	4814651,75	7,06315	0,196271	0,088027	0,18378
456513,566	4823362,35	1,08288	0,028281	0,012119	0,02524

462640,913	4823362,35	1,85102	0,044222	0,018071	0,03756
468768,260	4823362,35	2,21576	0,053119	0,02175	0,04521
474895,607	4823362,35	1,74402	0,042769	0,017734	0,03688
481022,954	4823362,35	1,33112	0,036243	0,015962	0,03329
487150,301	4823362,35	1,29711	0,035351	0,015593	0,03252
493277,648	4823362,35	1,24534	0,034247	0,01525	0,03183
499404,995	4823362,35	1,85032	0,044249	0,018092	0,03761
505532,342	4823362,35	2,95243	0,071073	0,029169	0,06064
511659,689	4823362,35	2,43955	0,066586	0,029413	0,06135
517787,036	4823362,35	1,45097	0,040182	0,017938	0,03744
523914,383	4823362,35	1,06623	0,027841	0,01193	0,02484
530041,730	4823362,35	1,66929	0,044456	0,019311	0,04024
536169,077	4823362,35	4,40921	0,120211	0,053058	0,11066
542296,424	4823362,35	2,57122	0,070873	0,031479	0,06567
548423,771	4823362,35	3,36036	0,081619	0,033666	0,07000
554551,118	4823362,35	2,88442	0,076553	0,035095	0,07336
560678,465	4823362,35	3,91670	0,106053	0,046742	0,09750
566805,812	4823362,35	6,92568	0,192358	0,08615	0,17984
572933,159	4823362,35	3,18931	0,086369	0,037913	0,07905
456513,566	4832072,94	1,08048	0,028199	0,012079	0,02515
462640,913	4832072,94	1,85997	0,044432	0,018156	0,03774
468768,260	4832072,94	2,23659	0,053585	0,021932	0,04559
474895,607	4832072,94	1,74580	0,042810	0,01775	0,03692
481022,954	4832072,94	1,31401	0,035771	0,015752	0,03285
487150,301	4832072,94	1,26960	0,034574	0,01523	0,03176
493277,648	4832072,94	1,34237	0,036707	0,016265	0,03393
499404,995	4832072,94	2,59267	0,062065	0,025392	0,05278
505532,342	4832072,94	2,84196	0,068871	0,028371	0,05899
511659,689	4832072,94	2,47080	0,067417	0,029772	0,06210
517787,036	4832072,94	1,42356	0,039469	0,017633	0,03680
523914,383	4832072,94	1,10230	0,028862	0,01239	0,02580
530041,730	4832072,94	2,65282	0,071542	0,031349	0,06536
536169,077	4832072,94	4,58707	0,125531	0,055528	0,11582
542296,424	4832072,94	3,51199	0,085115	0,035064	0,07291
548423,771	4832072,94	2,88746	0,071921	0,030112	0,06265
554551,118	4832072,94	3,30862	0,088828	0,038908	0,08113
560678,465	4832072,94	6,01752	0,166197	0,073937	0,15427
566805,812	4832072,94	3,41911	0,092577	0,040633	0,08472
572933,159	4832072,94	1,32856	0,035740	0,01562	0,03256
456513,566	4840783,54	1,08297	0,028238	0,01209	0,02517

462640,913	4840783,54	1,85167	0,044232	0,018074	0,03757
468768,260	4840783,54	2,29886	0,055041	0,02252	0,04681
474895,607	4840783,54	1,80580	0,044241	0,018335	0,03813
481022,954	4840783,54	1,28728	0,035024	0,015418	0,03215
487150,301	4840783,54	1,23330	0,033582	0,014791	0,03084
493277,648	4840783,54	1,53416	0,036657	0,016044	0,03346
499404,995	4840783,54	3,14971	0,075571	0,030957	0,06435
505532,342	4840783,54	2,29506	0,056353	0,023808	0,04964
511659,689	4840783,54	2,49468	0,068050	0,030043	0,06266
517787,036	4840783,54	1,36388	0,037862	0,01693	0,03534
523914,383	4840783,54	1,25454	0,033049	0,014247	0,02968
530041,730	4840783,54	4,41818	0,120221	0,053003	0,11054
536169,077	4840783,54	3,65705	0,088458	0,037209	0,07762
542296,424	4840783,54	2,95147	0,073008	0,030433	0,06331
548423,771	4840783,54	4,14118	0,118991	0,054332	0,11353
554551,118	4840783,54	6,06427	0,167601	0,074573	0,15560
560678,465	4840783,54	3,65105	0,098845	0,04338	0,09044
566805,812	4840783,54	1,55727	0,043985	0,019851	0,04145
572933,159	4840783,54	3,32561	0,091532	0,040747	0,08503
456513,566	4849494,13	1,10130	0,028630	0,01224	0,02548
462640,913	4849494,13	1,91843	0,045825	0,018725	0,03892
468768,260	4849494,13	2,38111	0,056975	0,023303	0,04844
474895,607	4849494,13	1,77354	0,043468	0,018018	0,03747
481022,954	4849494,13	1,26274	0,034298	0,015082	0,03145
487150,301	4849494,13	1,24669	0,033945	0,01495	0,03118
493277,648	4849494,13	2,42602	0,057990	0,023705	0,04927
499404,995	4849494,13	3,19397	0,077030	0,031647	0,06580
505532,342	4849494,13	2,02561	0,054959	0,024151	0,05036
511659,689	4849494,13	2,48842	0,067849	0,02994	0,06244
517787,036	4849494,13	1,26282	0,035112	0,015716	0,03280
523914,383	4849494,13	1,79727	0,047963	0,020863	0,04348
530041,730	4849494,13	5,69086	0,155578	0,068784	0,14347
536169,077	4849494,13	3,08789	0,075993	0,031576	0,06568
542296,424	4849494,13	2,78038	0,074210	0,033221	0,06952
548423,771	4849494,13	6,02842	0,166738	0,074231	0,15489
554551,118	4849494,13	3,89227	0,105350	0,046226	0,09638
560678,465	4849494,13	3,29494	0,092757	0,041788	0,08725
566805,812	4849494,13	2,67698	0,070039	0,030302	0,06316
572933,159	4849494,13	4,08312	0,102774	0,043351	0,09024
456513,566	4858204,73	1,14829	0,029623	0,012615	0,02626

462640,913	4858204,73	2,01911	0,048230	0,019707	0,04096
468768,260	4858204,73	2,36121	0,056470	0,02309	0,04800
474895,607	4858204,73	1,75152	0,042938	0,017801	0,03702
481022,954	4858204,73	1,20993	0,032710	0,01434	0,02990
487150,301	4858204,73	1,31916	0,035915	0,015817	0,03298
493277,648	4858204,73	3,27638	0,078404	0,03207	0,06666
499404,995	4858204,73	2,58463	0,063094	0,026096	0,05427
505532,342	4858204,73	2,05661	0,055828	0,02454	0,05117
511659,689	4858204,73	2,45158	0,066813	0,029465	0,06145
517787,036	4858204,73	1,12076	0,031250	0,01411	0,02953
523914,383	4858204,73	3,87036	0,097774	0,042999	0,08967
530041,730	4858204,73	3,85550	0,105856	0,046898	0,09783
536169,077	4858204,73	2,52322	0,070678	0,032779	0,06859
542296,424	4858204,73	5,84837	0,167896	0,077448	0,16199
548423,771	4858204,73	4,11288	0,111255	0,048798	0,10174
554551,118	4858204,73	3,29328	0,090857	0,040507	0,08454
560678,465	4858204,73	3,21482	0,081011	0,03423	0,07126
566805,812	4858204,73	5,15674	0,129866	0,054753	0,11396
572933,159	4858204,73	5,01785	0,127616	0,054081	0,11258
456513,566	4866915,32	1,22996	0,031229	0,013191	0,02745
462640,913	4866915,32	2,05028	0,048974	0,020011	0,04160
468768,260	4866915,32	2,34184	0,055982	0,022885	0,04757
474895,607	4866915,32	1,75025	0,042903	0,017785	0,03699
481022,954	4866915,32	1,16487	0,031178	0,01358	0,02830
487150,301	4866915,32	2,09676	0,050089	0,020468	0,04254
493277,648	4866915,32	3,60727	0,086604	0,035489	0,07378
499404,995	4866915,32	1,68705	0,042261	0,017725	0,03688
505532,342	4866915,32	2,09147	0,056804	0,024978	0,05208
511659,689	4866915,32	2,38230	0,064891	0,028597	0,05963
517787,036	4866915,32	3,87113	0,093097	0,038186	0,07939
523914,383	4866915,32	6,82642	0,186443	0,082403	0,17188
530041,730	4866915,32	2,20197	0,058130	0,025193	0,05250
536169,077	4866915,32	4,98108	0,143015	0,066602	0,13810
542296,424	4866915,32	5,15035	0,146162	0,066119	0,13808
548423,771	4866915,32	2,03720	0,052822	0,023091	0,04813
554551,118	4866915,32	4,64537	0,116586	0,04908	0,10215
560678,465	4866915,32	5,61050	0,141907	0,059961	0,12481
566805,812	4866915,32	4,30522	0,110579	0,047113	0,09810
572933,159	4866915,32	3,22294	0,084678	0,036519	0,07608
456513,566	4875625,92	1,42058	0,035100	0,014614	0,03040

462640,913	4875625,92	2,03271	0,048554	0,01984	0,04124
468768,260	4875625,92	2,38789	0,057061	0,023321	0,04848
474895,607	4875625,92	1,83370	0,044891	0,018596	0,03868
481022,954	4875625,92	1,10501	0,029153	0,013057	0,02732
487150,301	4875625,92	3,24118	0,077447	0,031652	0,06579
493277,648	4875625,92	3,00919	0,072967	0,030068	0,06252
499404,995	4875625,92	1,32354	0,036039	0,015873	0,03310
505532,342	4875625,92	2,13248	0,057950	0,025491	0,05315
511659,689	4875625,92	3,73380	0,089633	0,036728	0,07635
517787,036	4875625,92	3,98030	0,097097	0,040145	0,08348
523914,383	4875625,92	5,44927	0,149232	0,066007	0,13768
530041,730	4875625,92	3,83021	0,109956	0,05077	0,10620
536169,077	4875625,92	4,26132	0,114805	0,050222	0,10469
542296,424	4875625,92	3,48720	0,087443	0,036836	0,07667
548423,771	4875625,92	5,88067	0,147853	0,062265	0,12959
554551,118	4875625,92	5,08128	0,129495	0,054939	0,11438
560678,465	4875625,92	3,62712	0,094676	0,040689	0,08475
566805,812	4875625,92	2,63916	0,070020	0,03035	0,06324
572933,159	4875625,92	1,35018	0,035988	0,015636	0,03258
456513,566	4884336,51	1,65591	0,039936	0,016407	0,03411
462640,913	4884336,51	2,09060	0,049937	0,020405	0,04241
468768,260	4884336,51	2,50277	0,059791	0,024433	0,05079
474895,607	4884336,51	1,76317	0,043200	0,017904	0,03724
481022,954	4884336,51	1,60135	0,038251	0,015629	0,03249
487150,301	4884336,51	3,99031	0,095464	0,039042	0,08116
493277,648	4884336,51	1,79666	0,044825	0,01876	0,03903
499404,995	4884336,51	1,36055	0,038956	0,018023	0,03771
505532,342	4884336,51	3,36811	0,080719	0,033045	0,06869
511659,689	4884336,51	4,50115	0,109529	0,045223	0,09404
517787,036	4884336,51	6,42456	0,175455	0,07759	0,16185
523914,383	4884336,51	5,64638	0,161331	0,073208	0,15290
530041,730	4884336,51	4,42550	0,119214	0,052146	0,10870
536169,077	4884336,51	5,64972	0,141772	0,059654	0,12415
542296,424	4884336,51	5,93081	0,149923	0,063323	0,13181
548423,771	4884336,51	4,00440	0,103441	0,044206	0,09206
554551,118	4884336,51	3,10951	0,082347	0,035662	0,07431
560678,465	4884336,51	1,94794	0,051899	0,022544	0,04698
566805,812	4884336,51	1,42260	0,037603	0,016296	0,03396
572933,159	4884336,51	2,34707	0,060623	0,025923	0,05399
456513,566	4893047,11	1,79988	0,043023	0,017587	0,03656

462640,913	4893047,11	2,22654	0,053184	0,021731	0,04517
468768,260	4893047,11	2,36134	0,056407	0,023049	0,04791
474895,607	4893047,11	1,82556	0,044682	0,018508	0,03849
481022,954	4893047,11	3,00418	0,071760	0,029322	0,06095
487150,301	4893047,11	3,64385	0,087717	0,035999	0,07484
493277,648	4893047,11	1,76350	0,050621	0,023448	0,04906
499404,995	4893047,11	2,69297	0,064443	0,026359	0,05479
505532,342	4893047,11	5,18323	0,125752	0,051835	0,10778
511659,689	4893047,11	2,32331	0,063262	0,027863	0,05810
517787,036	4893047,11	9,92196	0,270116	0,119042	0,24825
523914,383	4893047,11	4,47235	0,120500	0,052715	0,10989
530041,730	4893047,11	6,48444	0,162403	0,068235	0,14200
536169,077	4893047,11	4,68372	0,119586	0,050784	0,10573
542296,424	4893047,11	3,27161	0,086166	0,037209	0,07752
548423,771	4893047,11	2,60806	0,069530	0,030216	0,06297
554551,118	4893047,11	1,90350	0,049698	0,021385	0,04455
560678,465	4893047,11	3,28138	0,083834	0,035616	0,07415
566805,812	4893047,11	4,54999	0,115308	0,048747	0,10147
572933,159	4893047,11	5,11514	0,129531	0,05473	0,11392
456513,566	4901757,70	1,73280	0,041391	0,016913	0,03515
462640,913	4901757,70	2,19631	0,052462	0,021436	0,04456
468768,260	4901757,70	2,50754	0,059897	0,024474	0,05087
474895,607	4901757,70	1,79114	0,043849	0,018165	0,03778
481022,954	4901757,70	4,17070	0,099631	0,040712	0,08462
487150,301	4901757,70	1,98582	0,049591	0,022945	0,04801
493277,648	4901757,70	1,72926	0,042668	0,019348	0,04041
499404,995	4901757,70	6,14278	0,148547	0,061121	0,12708
505532,342	4901757,70	3,70034	0,105102	0,047593	0,09940
511659,689	4901757,70	4,23278	0,120251	0,054878	0,11470
517787,036	4901757,70	6,78742	0,169703	0,07124	0,14825
523914,383	4901757,70	5,87148	0,148360	0,062644	0,13039
530041,730	4901757,70	3,75502	0,098125	0,042199	0,08790
536169,077	4901757,70	2,99604	0,079784	0,034651	0,07221
542296,424	4901757,70	2,77498	0,071350	0,030428	0,06336
548423,771	4901757,70	4,30927	0,109383	0,046286	0,09635
554551,118	4901757,70	5,25482	0,132941	0,056143	0,11686
560678,465	4901757,70	5,26675	0,133101	0,056172	0,11691
566805,812	4901757,70	4,53713	0,115037	0,048637	0,10124
572933,159	4901757,70	2,98771	0,075649	0,03196	0,06652
456513,566	4910468,29	1,72484	0,041200	0,016835	0,03499

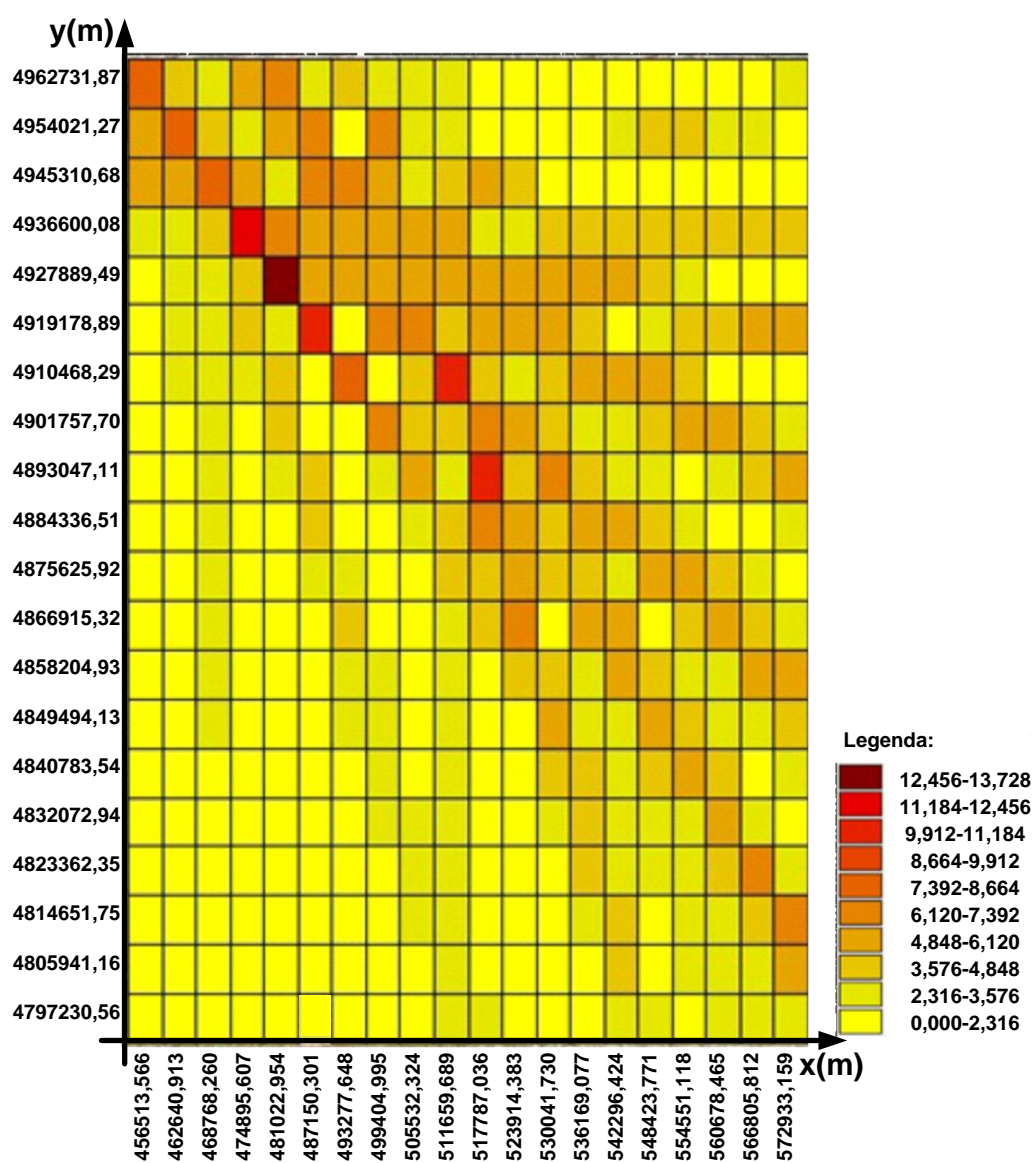
462640,913	4910468,29	2,34972	0,056127	0,022934	0,04767
468768,260	4910468,29	2,37342	0,056693	0,023165	0,04815
474895,607	4910468,29	2,56536	0,061277	0,025038	0,05204
481022,954	4910468,29	4,38739	0,104943	0,042914	0,08920
487150,301	4910468,29	1,08870	0,028422	0,012176	0,02535
493277,648	4910468,29	7,62938	0,183943	0,075557	0,15708
499404,995	4910468,29	1,32664	0,036123	0,01591	0,03318
505532,342	4910468,29	3,88270	0,109945	0,050145	0,10480
511659,689	4910468,29	10,68036	0,290535	0,127883	0,26666
517787,036	4910468,29	4,29722	0,111065	0,048576	0,10126
523914,383	4910468,29	2,93340	0,077869	0,03376	0,07034
530041,730	4910468,29	4,20197	0,106736	0,04519	0,09407
536169,077	4910468,29	5,25674	0,132919	0,056117	0,11680
542296,424	4910468,29	5,31168	0,134195	0,056624	0,11785
548423,771	4910468,29	5,13629	0,130034	0,054932	0,11434
554551,118	4910468,29	3,70867	0,093967	0,039713	0,08266
560678,465	4910468,29	1,57457	0,039596	0,016664	0,03468
566805,812	4910468,29	1,15016	0,030655	0,013341	0,02780
572933,159	4910468,29	1,52184	0,039960	0,017239	0,03591
456513,566	4919178,89	2,27134	0,059331	0,025428	0,05295
462640,913	4919178,89	2,31643	0,055331	0,022609	0,04699
468768,260	4919178,89	2,58672	0,061787	0,025247	0,05248
474895,607	4919178,89	4,21051	0,100574	0,041095	0,08542
481022,954	4919178,89	2,44022	0,059834	0,024808	0,05160
487150,301	4919178,89	9,98870	0,239987	0,098384	0,20453
493277,648	4919178,89	1,18360	0,030769	0,013154	0,02739
499404,995	4919178,89	6,44338	0,156858	0,06478	0,13471
505532,342	4919178,89	6,72946	0,188594	0,08502	0,17755
511659,689	4919178,89	4,46412	0,120286	0,052624	0,10970
517787,036	4919178,89	5,19840	0,131441	0,055489	0,11549
523914,383	4919178,89	5,51748	0,139226	0,058709	0,12219
530041,730	4919178,89	5,36395	0,135542	0,057197	0,11905
536169,077	4919178,89	4,51368	0,114744	0,048582	0,10113
542296,424	4919178,89	2,00797	0,050577	0,021304	0,04434
548423,771	4919178,89	2,60035	0,067275	0,028763	0,05990
554551,118	4919178,89	3,67435	0,094422	0,040204	0,08371
560678,465	4919178,89	4,52237	0,115947	0,049296	0,10263
566805,812	4919178,89	4,94791	0,126655	0,053793	0,11199
572933,159	4919178,89	4,96529	0,126721	0,053732	0,11185
456513,566	4927889,49	2,19263	0,057706	0,024857	0,05177

462640,913	4927889,49	2,50466	0,059828	0,024496	0,05101
468768,260	4927889,49	2,57515	0,061511	0,025134	0,05224
474895,607	4927889,49	4,58071	0,109417	0,044708	0,09293
481022,954	4927889,49	13,72526	0,328568	0,134422	0,27942
487150,301	4927889,49	5,87983	0,142952	0,058994	0,12267
493277,648	4927889,49	5,81556	0,141944	0,058705	0,12208
499404,995	4927889,49	6,02376	0,169234	0,076457	0,15969
505532,342	4927889,49	5,88526	0,159716	0,070195	0,14636
511659,689	4927889,49	5,36213	0,135546	0,057213	0,11908
517787,036	4927889,49	5,16648	0,130936	0,055348	0,11521
523914,383	4927889,49	4,96476	0,127114	0,053996	0,11241
530041,730	4927889,49	5,60974	0,143506	0,060925	0,12683
536169,077	4927889,49	5,69482	0,145684	0,061845	0,12875
542296,424	4927889,49	5,34859	0,136381	0,057796	0,12031
548423,771	4927889,49	4,23869	0,107016	0,045111	0,09388
554551,118	4927889,49	3,06041	0,076022	0,031762	0,06608
560678,465	4927889,49	2,29620	0,056076	0,023206	0,04826
566805,812	4927889,49	1,97272	0,047588	0,019556	0,04066
572933,159	4927889,49	1,80514	0,043289	0,017728	0,03685
456513,566	4936600,08	2,93419	0,077230	0,033279	0,06932
462640,913	4936600,08	2,52535	0,060322	0,025302	0,05285
468768,260	4936600,08	4,30618	0,102860	0,042029	0,08736
474895,607	4936600,08	11,64578	0,278177	0,113665	0,23626
481022,954	4936600,08	7,09699	0,173173	0,07161	0,14892
487150,301	4936600,08	5,07346	0,128463	0,054184	0,11276
493277,648	4936600,08	5,48030	0,154237	0,069787	0,14577
499404,995	4936600,08	5,04494	0,134480	0,060015	0,12525
505532,342	4936600,08	6,11688	0,156474	0,066431	0,13829
511659,689	4936600,08	5,21443	0,132977	0,056355	0,11731
517787,036	4936600,08	3,01865	0,078892	0,03388	0,07056
523914,383	4936600,08	3,36905	0,087973	0,037756	0,07863
530041,730	4936600,08	3,65028	0,095228	0,040845	0,08506
536169,077	4936600,08	3,86059	0,100605	0,043125	0,08981
542296,424	4936600,08	3,93576	0,102520	0,043933	0,09149
548423,771	4936600,08	3,96115	0,103126	0,044179	0,09200
554551,118	4936600,08	3,94922	0,102773	0,044018	0,09167
560678,465	4936600,08	3,90778	0,101652	0,043528	0,09065
566805,812	4936600,08	3,84713	0,100030	0,042824	0,08918
572933,159	4936600,08	3,77630	0,098144	0,042008	0,08748
456513,566	4945310,68	5,97233	0,152633	0,064762	0,13482

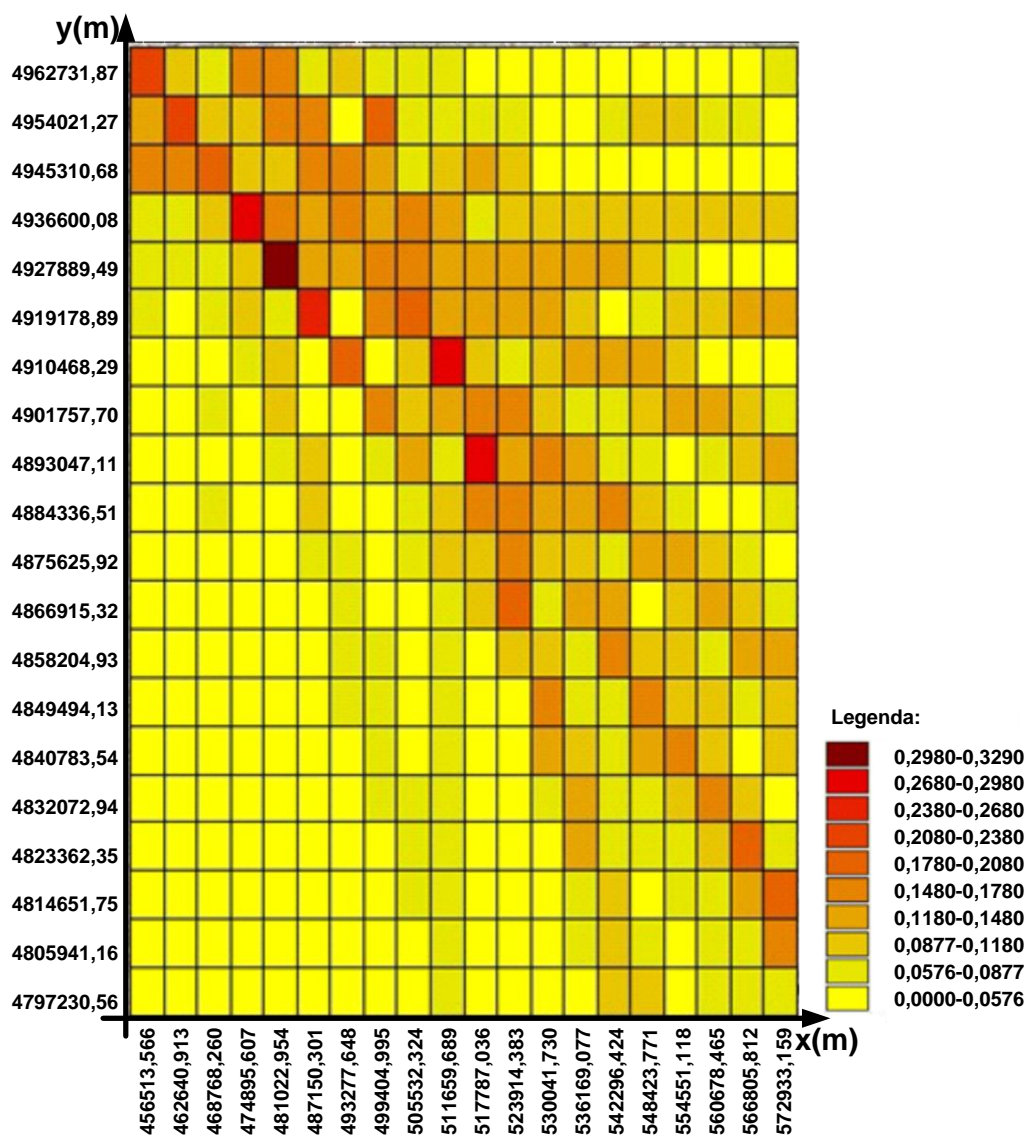


462640,913	4945310,68	5,80469	0,148499	0,063041	0,13124
468768,260	4945310,68	8,34835	0,207098	0,086563	0,18010
474895,607	4945310,68	4,91551	0,117414	0,047976	0,09972
481022,954	4945310,68	3,53450	0,097698	0,043713	0,09126
487150,301	4945310,68	6,23748	0,173298	0,07773	0,16229
493277,648	4945310,68	6,24012	0,171087	0,075906	0,15837
499404,995	4945310,68	5,26831	0,143012	0,062948	0,13127
505532,342	4945310,68	2,91744	0,074649	0,031657	0,06590
511659,689	4945310,68	4,35463	0,113149	0,048359	0,10069
517787,036	4945310,68	4,96793	0,129540	0,055462	0,11549
523914,383	4945310,68	4,28328	0,111979	0,048021	0,10000
530041,730	4945310,68	2,10053	0,055423	0,023915	0,04982
536169,077	4945310,68	1,49292	0,035673	0,014579	0,03030
542296,424	4945310,68	1,46609	0,035057	0,014333	0,02979
548423,771	4945310,68	1,50076	0,035935	0,014703	0,03056
554551,118	4945310,68	1,54805	0,037143	0,015215	0,03163
560678,465	4945310,68	1,59223	0,038306	0,015716	0,03267
566805,812	4945310,68	1,64646	0,039735	0,016331	0,03395
572933,159	4945310,68	1,70766	0,041347	0,017025	0,03540
456513,566	4954021,27	5,77106	0,145671	0,061438	0,12787
462640,913	4954021,27	8,47030	0,210446	0,088025	0,18315
468768,260	4954021,27	4,32761	0,103500	0,042321	0,08797
474895,607	4954021,27	3,23556	0,089326	0,039933	0,08336
481022,954	4954021,27	5,83234	0,162057	0,0727	0,15179
487150,301	4954021,27	6,30365	0,173141	0,076925	0,16051
493277,648	4954021,27	1,91274	0,052282	0,023148	0,04829
499404,995	4954021,27	7,17626	0,196365	0,086834	0,18112
505532,342	4954021,27	2,32215	0,063231	0,027849	0,05807
511659,689	4954021,27	2,53944	0,069322	0,030618	0,06386
517787,036	4954021,27	2,21212	0,057747	0,024738	0,05151
523914,383	4954021,27	2,24998	0,058742	0,025166	0,05240
530041,730	4954021,27	1,56329	0,040332	0,017399	0,03630
536169,077	4954021,27	2,17387	0,054709	0,023002	0,04786
542296,424	4954021,27	3,04342	0,078079	0,033157	0,06902
548423,771	4954021,27	3,76190	0,097432	0,041576	0,08656
554551,118	4954021,27	3,84809	0,100175	0,042865	0,08926
560678,465	4954021,27	3,21950	0,084176	0,036114	0,07521
566805,812	4954021,27	2,33324	0,061339	0,026409	0,05501
572933,159	4954021,27	1,60748	0,042574	0,01842	0,03838
456513,566	4962731,87	8,41238	0,208948	0,087375	0,18179

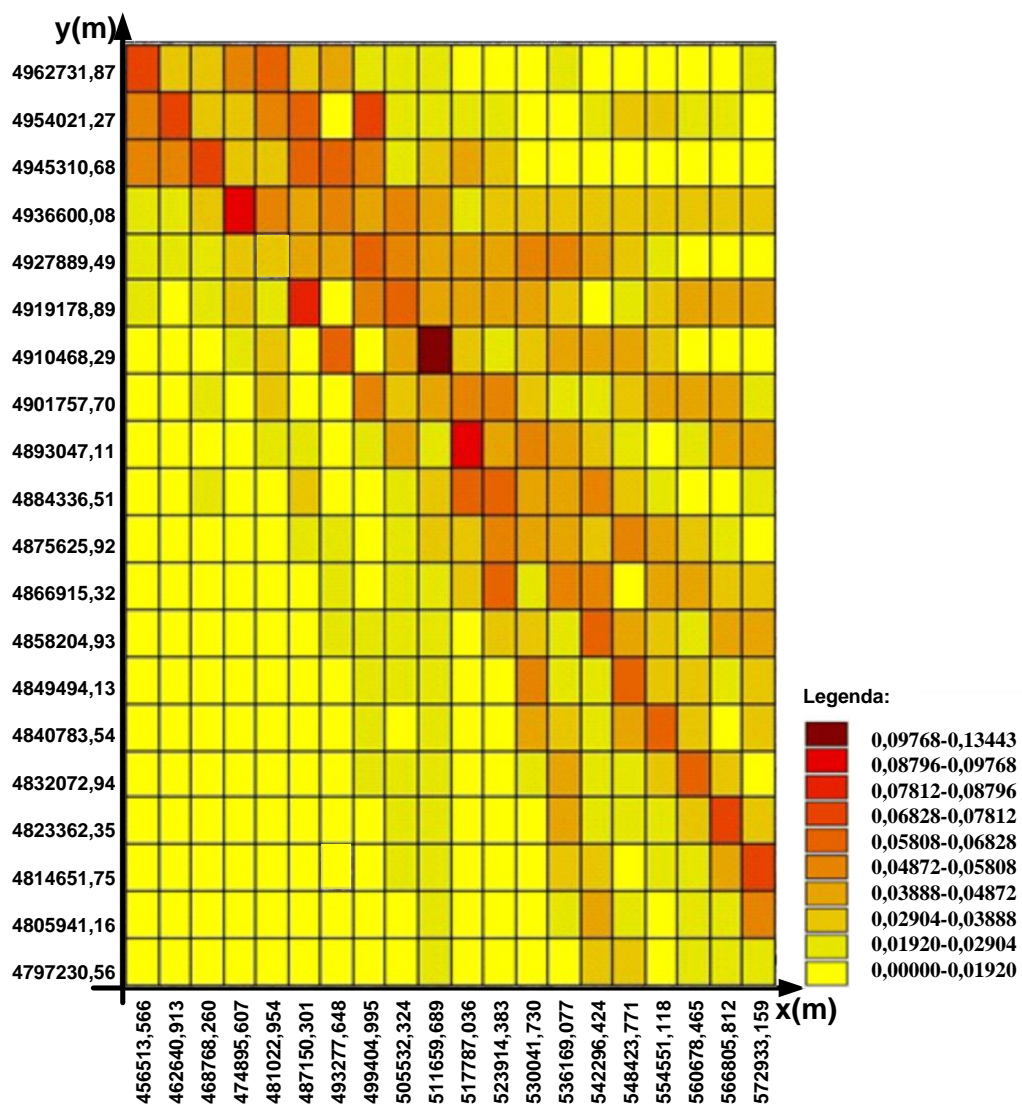
462640,913	4962731,87	4,59415	0,109738	0,04484	0,09320
468768,260	4962731,87	3,06209	0,084335	0,037636	0,07856
474895,607	4962731,87	5,51623	0,153164	0,06868	0,14339
481022,954	4962731,87	6,28807	0,172932	0,076912	0,16049
487150,301	4962731,87	3,04159	0,082965	0,036666	0,07648
493277,648	4962731,87	4,12094	0,111663	0,049086	0,10236
499404,995	4962731,87	2,67110	0,073715	0,032782	0,06840
505532,342	4962731,87	2,32136	0,063209	0,02784	0,05805
511659,689	4962731,87	2,50390	0,068373	0,030209	0,06301
517787,036	4962731,87	1,59868	0,041735	0,018498	0,03869
523914,383	4962731,87	1,81811	0,046401	0,019652	0,04090
530041,730	4962731,87	2,13594	0,055590	0,023778	0,04951
536169,077	4962731,87	2,17850	0,056861	0,024357	0,05072
542296,424	4962731,87	2,00822	0,052540	0,022541	0,04694
548423,771	4962731,87	1,33083	0,034395	0,014887	0,03102
554551,118	4962731,87	1,38939	0,033449	0,013728	0,02854
560678,465	4962731,87	1,57715	0,038558	0,015961	0,03319
566805,812	4962731,87	1,95342	0,048734	0,020396	0,04243
572933,159	4962731,87	2,46511	0,062554	0,026415	0,05498



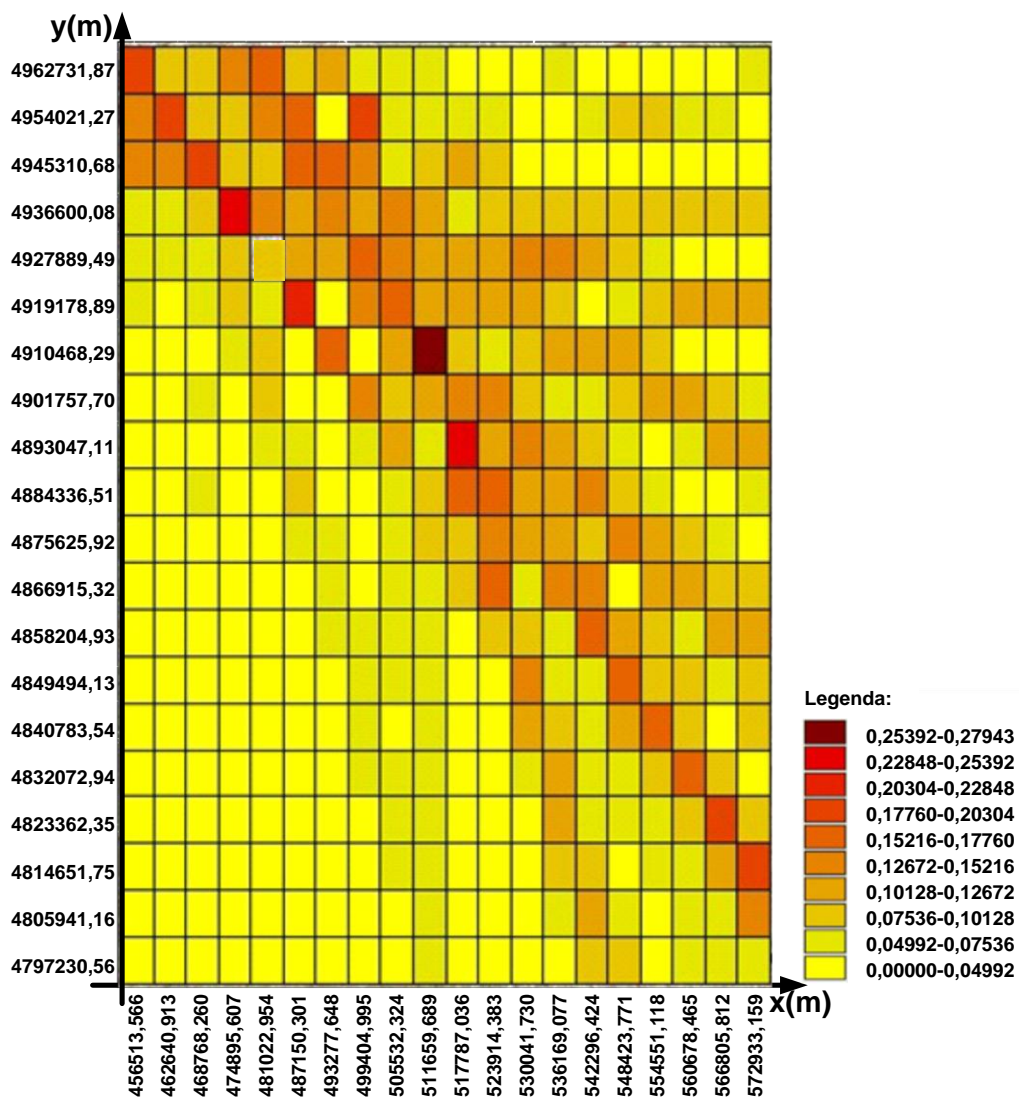
Slika 6.1. Dispersija emisije CO u slučaju najlošijih meteoroloških uslova



Slika 6.2. Disperzija emisije NO<sub>x</sub> u slučaju najlošijih meteoroloških uslova



Slika 6.3. Disperzija emisije PM u slučaju najlošijih meteoroloških uslova



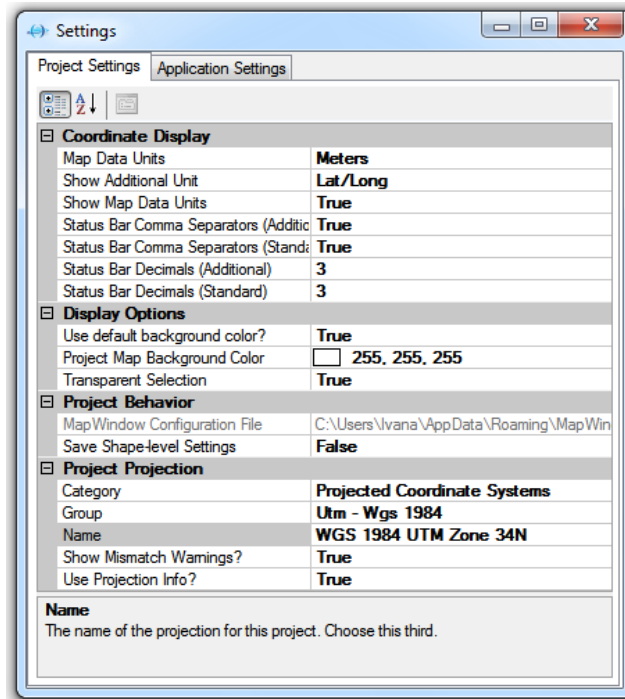
Slika 6.4. Disperzija emisije SO<sub>2</sub> u slučaju najlošijih meteoroloških uslova

## **7. PRIMENA GIS-a U KONTROLNOJ STRATEGIJI MONITORINGA UKUPNE EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJU U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU**

Zagađenje vazduha koje prouzrokuju motorna vozila jedno je od najozbiljnijih problema upravljanja određenim područjem (Gualtieri i Tartaglia, 1998). Cilj ove teze je razvoj sistema za podršku odlučivanju u cilju smanjenja uticaja zagađujućih materija koje emituju motorna vozila. Ovaj sistem sastoji se od više podsistema čijom su primenom dobijeni podaci o saobraćaju na autoputu Beograd – Niš, podaci o emisiji, te podaci o distribuciji zagađujućih materija na toj deonici autoputa E-75. Korišćeni podsistemi su integrisani u GIS koji, između ostalog, omogućava upotrebu koordinata kojima se opisuje struktura posmatranog područja i distribucija emitovanih zagađujućih materija. U ovom poglavlju su prikazane karakteristike GIS strukture i modelovanja.

### **7.1. Definisane GIS modela za potrebe monitoringa ukupne emisije zagađujućih materija**

Da bi se definisao GIS model za potrebe monitoringa ukupne emisije zagađujućih materija korišćen je softverski alat MapWindow GIS (verzija 4.8.1). Radi prikazivanja nekih osnovnih tematskih mogućnosti GIS-a, na narednim slikama prikazani su izlazni rezultati integrisanih modela saobraćaja, emisije i disperzije zagađujućih materija. GIS je korišćen za povezivanje prostornih podataka sa odgovarajućim atributnim alfanumeričkim podacima. Ovaj model, kao i svaki GIS model, podrazumeva nekoliko lejera koji sadrže prostorne podatke. Međutim, potrebno je najpre definisati projekciju projekta, odnosno odrediti kategoriju, grupu i ime. U ovom slučaju kao kategorija uzet je projektovani koordinatni sistem; grupa je UTM-WGS 1984, a ime je WGS 1984 UTM Zona 34N. Naime, za Srbiju se koristi ovaj koordinatni sistem, što je već objašnjeno u II poglavlju, a prikazano je na slici 7.1.



**Slika 7.1.** Definisiranje projektne projekcije u softverskom alatu MapWindow GIS

Za potrebe ove teze korišćeni su sledeći lejeri:

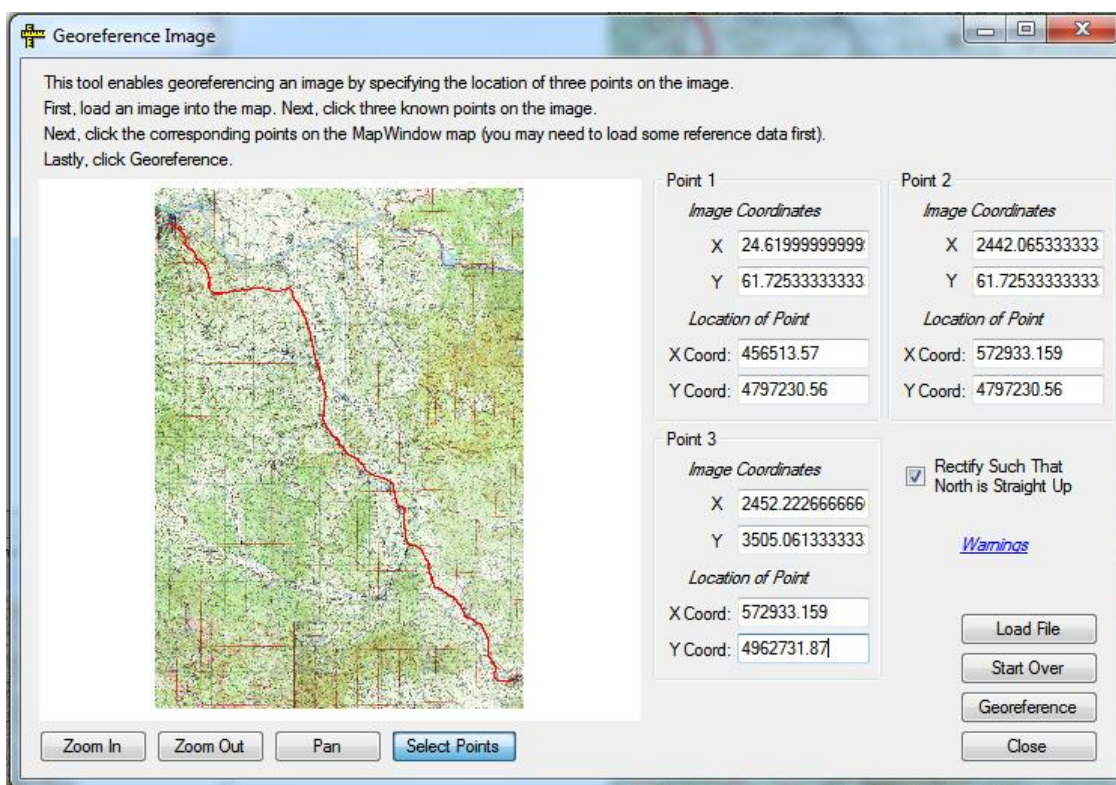
- Topografska mapa autoputa Beograd – Niš u razmeri 1:100000 koja je za ove potrebe sastavljena od topografskih mapa preuzetih sa sajta (Topografske karte Republike Srbije u razmeri 1:100000. URL: [http://mapy.mk.cvut.cz/data/Yugoslavia/Serbia/Serbia\\_topo\\_1.100000](http://mapy.mk.cvut.cz/data/Yugoslavia/Serbia/Serbia_topo_1.100000) (23.10.2010.)), a koje su spojene prema karti Srbije preuzete sa sajta (Republika Srbija, Državni putevi I i II reda. URL: [http://www.putevi-srbije.rs/pdf/Serbia\\_main\\_and\\_regional\\_road.pdf](http://www.putevi-srbije.rs/pdf/Serbia_main_and_regional_road.pdf) (15.01.2011)).
- Naredna četiri lejera čine po 400 gridova unetih na topografskoj mapi autoputa Beograd – Niš, koji grafički prikazuju emitovane zagađujuće materije. Na jednom lejeru je prikazana emisija CO, na drugom emisija NOx, na trećem emisija PM, a na četvrtom emisija SO<sub>2</sub>.
- Sledeći lejer sadrži podatke o lokacijama. Lokacije se unose na prethodno unetu topografsku mapu autoputa Beograd – Niš i predstavljaju naseljena mesta koja se nalaze u blizini ovog autoputa. Lokacije su prikazane tačkama, a njihove



koordinate određene su upotrebom softverskog alata Google Earth. Na autoputu Beograd – Niš uneta je dvadesetjedna lokacija.

- Poslednji lejer čine deonice. Deonice se takođe unose na topografsku mapu autoputa Beograd – Niš, a predstavljene su linijama koje povezuju lokacije. Na autoputu Beograd – Niš uneto je dvadeset deonica.

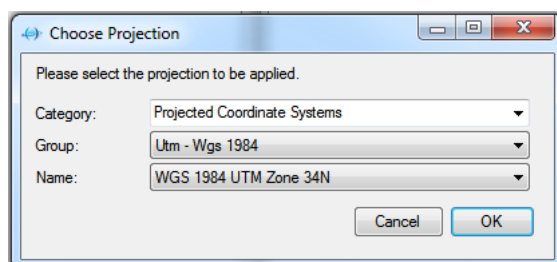
Posle unošenja prvog lejera, odnosno topografske mape autoputa Beograd – Niš urađeno je georeferenciranje mape (slika 7.2) da bi koordinate sa mape bile usklađene sa realnim koordinatama, odnosno primenjenim geografskim koordinatnim sistemom (UTM Zona 34N) koji se koristi u Srbiji.



**Slika 7.2.** Georeferenciranje topografske mape autoputa

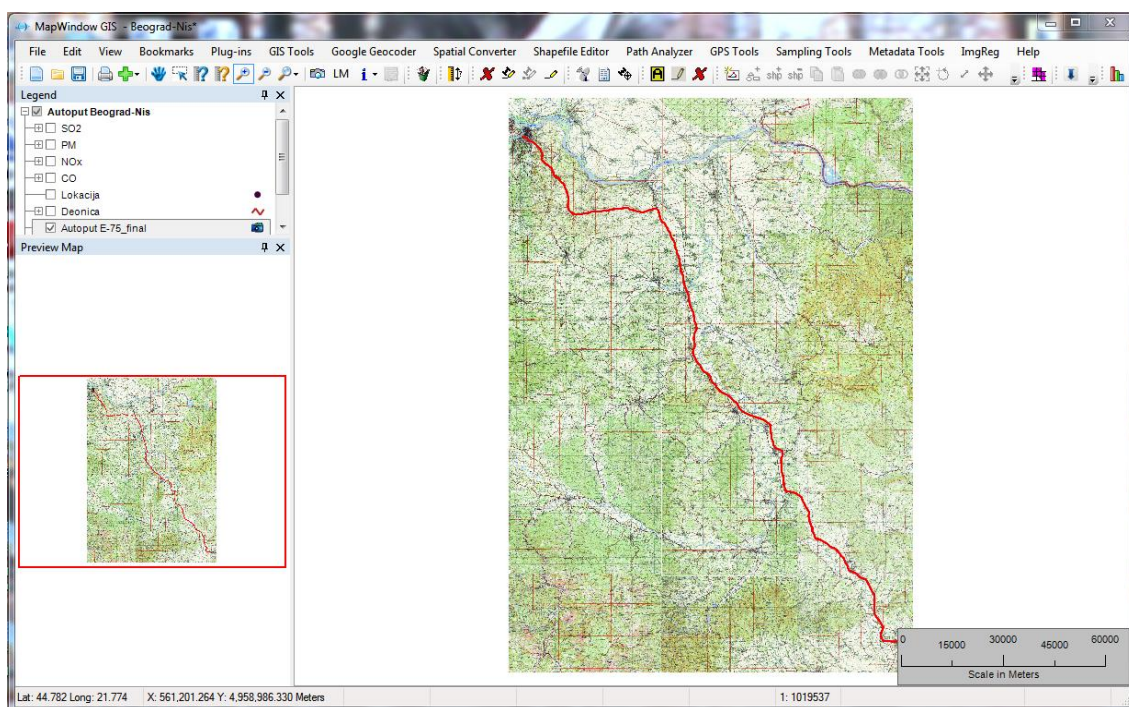
Tek kada se uradi georeferenciranje mape koja je osnova za kreiranje GIS modela, pristupa se unošenju drugih lejera. Takođe, bitno je za svaki lejer, koji se sastoji od određenih vektorskih oblika, da ima određen koordinatni sistem koji će se primenjivati.

On mora biti isti kao i koordinatni sistem koji je izabran za početni lejer, odnosno topografsku mapu autoputa Beograd – Niš. Izbor koordinatnog sistem za ostale lejere prikazan je na slici 7.3.



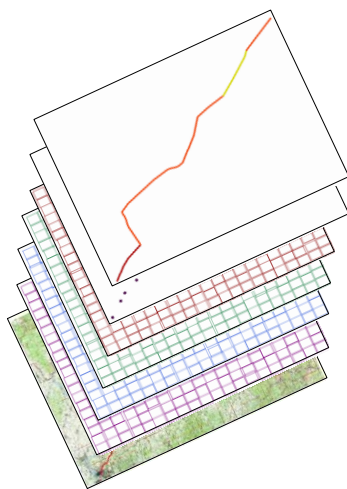
**Slika 7.3.** Izbor koordinatnog sistema

Na slici 7.4 prikazan je radni prostor softverskog alata MapWindow GIS na kome je prikazan prvi lejer – mapa autoputa Beograd – Niš. U donjem desnom uglu je prikazana skala izražena u metrima, pri čemu postoji mogućnost da se po potrebi promeni merna jedinica. U donjem levom uglu prikazane su koordinate  $x$  i  $y$ , koje su takođe izražene u metrima.



**Slika 7.4.** Prikaz radnog prostora i prvog lejera-autoputa Beograd – Niš

Potom se unose naredni lejeri koji su prikazani grafički različitim oblicima. U ovom slučaju za gridove su korišćeni poligoni, za lokacije tačke, a za deonice linije. Svi lejeri su prikazani na slici 7.5.



**Slika 7.5.** Lejeri korišćeni u GIS modelu autoputa Beograd – Niš

Bitno je napomenuti da su za emisiju svake zagađujuće materije kreirani različiti lejeri sa gridovima da bi se kasnije moglo izvesti mapiranje i prikazati kritične lokacije.

Pored unošenja grafičkih simbola, GIS zahteva i formiranje baze podataka kroz popunjavanje određenih tabela, pojedinačno za svaki lejer. Na ovaj način korisnicima je omogućen uvid u atributne alfanumeričke podatke vezane za sve objekte koji su grafički predstavljeni u vidu tačaka, linija ili poligona. Kreiranje baze podataka omogućava zadavanje upita čime se selektuju određeni objekti u tabeli, a istovremeno se vrši njihovo mapiranje na karti.

Na slikama 7.6–7.9 prikazane su tabele atributa za lejere sa gridovima. Obzirom da je za emisiju svake zagađujuće materije kreiran poseban lejer sa gridovima, atributni alfanumerički podaci su unošeni u posebne tabele jer svaki lejer ima svoju tabelu atributa. Može se primetiti da svaka od ovih tabela ima isti broj kolona, pri čemu su prve četiri kolone sa identičnim podacima. Prva kolona se odnosi na identifikacioni broj simbola koji ovaj softverski alat sam kreira tako da se ovi brojevi ne mogu menjati. U drugu kolonu se unosi identifikacioni broj simbola koji dodeljuje korisnik i on se može menjati. U trećoj koloni se unose  $x$  koordinate, a u četvrtoj koloni  $y$  koordinate. U preostalih devet kolona unose se vrednosti emisije koje su proračunate primenom

softverskog alata AQRoads, pri čemu su u petoj koloni prikazane vrednosti u slučaju najgorih vremenskih uslova.

U poslednjih osam kolona prikazana je emisija po godišnjim dobima, pri čemu su najčešći pravci vetrova u prolećnom i letnjem periodu zapadni i severozapadni, a u jesenjem i zimskom periodu istočni i jugoistočni pravac vetra (Klima Srbije, 2008. URL:<http://www.polj.uns.ac.rs/Meteorologija/Klima%20Srbije1.ppt>(15.01.2011)).

Podaci za prosečne temperature vazduha su preuzeti sa sajta Republičkog hidrometeorološkog zavoda (Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod, 2010, *Meteorološki godišnjak 1, Klimatološki podaci 2009*. URL:[http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo\\_godisnjaci/Meteoroloski\\_godisnjak\\_1\\_-\\_klimatoloski\\_podaci\\_-\\_2009.pdf](http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo_godisnjaci/Meteoroloski_godisnjak_1_-_klimatoloski_podaci_-_2009.pdf) (23.12.2010.)).

Tako je u šestoj i sedmoj koloni proračun urađen za prolećni period kada je registrovana prosečna temperatura od 14,53 °C, brzina vetra 2,3 m/s, dok je najučestaliji bio zapadni i severozapadni pravac vetra. U osmoj i devetoj koloni proračun je urađen za letnji period kada je prosečna temperatura vazduha iznosila 23,07 °C, brzina vetra 1,9 m/s, a najčešći pravac vetra zapadni i severozapadni. U desetoj i jedanestoj koloni proračun je urađen za jesenji period kada je prosečna temperatura vazduha bila 12,4 °C, brzina vetra 2,45 m/s, a najčešći pravac vetra istočni i jugoistočni. U dvanestoj i trinestoj koloni proračun je urađen za zimski period kada je prosečna temperatura vazduha bila 2,46 °C, brzina vetra 2,63 m/s, a najčešći pravac vetra istočni i jugoistočni. Ove tabele imaju 400 redova što znači da se svaki od ovih lejera sastoji od 400 gridova.

SHAPE_ID	MWShapelID	X	Y	CO	COsp_wd_W	COsp_wd_N	COsu_wd_W	COsu_wd_N	COou_wd_E	COou_wd_S	COwi_wd_E	COwi_wd_SE
132	132	530041.73	4849494.13	5.69086	(null)	(null)	(null)	(null)	0.4456512	0.12293	0.4145985	0.113989
133	133	536169.08	4849494.13	3.08798	(null)	(null)	(null)	(null)	0.700704	0.400193	0.6528154	0.3714782
134	134	542296.42	4849494.13	2.78038	(null)	(null)	(null)	(null)	1.4157504	1.499731	1.3226112	1.3949904
135	135	548423.77	4849494.13	6.02842	2.6019648	2.1511296	3.0966566	2.5648656	(null)	0.023366	(null)	0.0217253
136	136	554551.12	4849494.13	3.89227	0.8812166	0.7575216	1.0620691	0.9144384	(null)	9E-06	(null)	8E-06
137	137	560678.46	4849494.13	3.29494	0.5743308	0.49284	0.6957562	0.5978488	(null)	(null)	(null)	(null)
138	138	566805.81	4849494.13	2.67698	0.4291154	0.3532474	0.5215392	0.429948	(null)	(null)	(null)	(null)
139	139	572933.16	4849494.13	4.08312	0.349272	0.2963549	0.4255027	0.3615048	(null)	(null)	(null)	(null)
140	140	456513.57	4858204.73	1.14829	(null)	(null)	(null)	(null)	0.0999936	(null)	0.0925269	(null)
141	141	462640.91	4858204.73	2.01911	(null)	(null)	(null)	(null)	0.1046016	(null)	0.0968988	1E-07
142	142	468768.26	4858204.73	2.36121	(null)	(null)	(null)	(null)	0.1103616	1E-06	0.1022302	7E-07
143	143	474895.61	4858204.73	1.75152	(null)	(null)	(null)	(null)	0.1172736	4E-06	0.1086376	4.1E-06
144	144	481022.95	4858204.73	1.20993	(null)	(null)	(null)	(null)	0.1253952	2.4E-05	0.1162374	2.21E-05
145	145	487150.3	4858204.73	1.31916	(null)	(null)	(null)	(null)	0.13536	0.000124	0.1254701	0.0001151
146	146	493277.65	4858204.73	3.27638	(null)	(null)	(null)	(null)	0.1478592	0.000585	0.1371082	0.0005412
147	147	499405	4858204.73	2.58463	(null)	(null)	(null)	(null)	0.1629504	0.002439	0.1511781	0.0022577

Slika 7.6. Tabela atributa sa podacima o proračunatoj emisiji CO po gridovima

Attribute Table Editor

0 of 400 Selected

D:\MapWindow GISNOx.shp

SHAPE_ID	Mv/ShapelID	X	Y	NOx	NOxsp_wd_	NOxsp_wdN	NOxsu_wd_	NOxsu_wdN	NOxou_wd_E	NOxou_wdSE	NOxwi_wd_E	NOxwi_wdSE
109	109	511659.69	4840783.54	0.06805	(null)	(null)	(null)	(null)	0.007	(null)	0.006	(null)
110	110	517787.04	4840783.54	0.037862	(null)	(null)	(null)	(null)	0.007	(null)	0.007	(null)
111	111	523914.38	4840783.54	0.033049	(null)	(null)	(null)	(null)	0.009	(null)	0.009	(null)
112	112	530041.73	4840783.54	0.120221	(null)	(null)	(null)	(null)	0.011	0.001	0.011	0.001
113	113	536169.08	4840783.54	0.088458	(null)	(null)	(null)	(null)	0.013	0.002	0.012	0.002
114	114	542296.42	4840783.54	0.073008	(null)	(null)	(null)	(null)	0.02	0.007	0.019	0.007
115	115	548423.77	4840783.54	0.118991	(null)	(null)	(null)	(null)	0.037	0.036	0.034	0.033
116	116	554551.12	4840783.54	0.167601	0.099	0.105	0.117	0.125	(null)	0.002	(null)	0.001
117	117	560678.46	4840783.54	0.098845	0.027	0.028	0.032	0.033	(null)	(null)	(null)	(null)
118	118	566805.81	4840783.54	0.043985	0.017	0.018	0.021	0.022	(null)	(null)	(null)	(null)
119	119	572933.16	4840783.54	0.091532	0.013	0.013	0.015	0.015	(null)	(null)	(null)	(null)
120	120	456513.57	4849494.13	0.02863	(null)	(null)	(null)	(null)	0.003	(null)	0.003	(null)
121	121	462640.91	4849494.13	0.045825	(null)	(null)	(null)	(null)	0.003	(null)	0.003	(null)
122	122	468768.26	4849494.13	0.056975	(null)	(null)	(null)	(null)	0.004	(null)	0.003	(null)
123	123	474895.61	4849494.13	0.043468	(null)	(null)	(null)	(null)	0.004	(null)	0.004	(null)
124	124	481022.95	4849494.13	0.034298	(null)	(null)	(null)	(null)	0.004	(null)	0.004	(null)

Slika 7.7. Tabela atributa sa podacima o proračunatoj emisiji NOx po gridovima

Attribute Table Editor

0 of 400 Selected

D:\MapWindow GISPM.shp

SHAPE_ID	Mv/ShapelID	X	Y	PM	PMsp_wd_w	PMsp_wdN	PMsu_wd_w	PMsu_wdN	PMou_wd_E	PMou_wd_S	PMwi_wd_E	PMwi_wd_SE
27	27	499405	4805941.16	0.024824	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)
28	28	505632.34	4805941.16	0.036686	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)
29	29	511659.69	4805941.16	0.045266	(null)	(null)	(null)	(null)	0.001	(null)	(null)	(null)
30	30	517787.04	4805941.16	0.031974	(null)	(null)	(null)	(null)	0.001	(null)	0.001	(null)
31	31	523914.38	4805941.16	0.021293	(null)	(null)	(null)	(null)	0.001	(null)	0.001	(null)
32	32	530041.73	4805941.16	0.020435	(null)	(null)	(null)	(null)	0.001	(null)	0.001	(null)
33	33	536169.08	4805941.16	0.041092	(null)	(null)	(null)	(null)	0.001	(null)	0.001	(null)
34	34	542296.42	4805941.16	0.078294	(null)	(null)	(null)	(null)	0.001	(null)	0.001	(null)
35	35	548423.77	4805941.16	0.043398	(null)	(null)	(null)	(null)	0.001	(null)	0.001	(null)
36	36	554551.12	4805941.16	0.037595	(null)	(null)	(null)	(null)	0.001	(null)	0.001	(null)
37	37	560678.46	4805941.16	0.050231	(null)	(null)	(null)	(null)	0.002	(null)	0.002	(null)
38	38	566805.81	4805941.16	0.052008	(null)	(null)	(null)	(null)	0.002	(null)	0.002	(null)
39	39	572933.16	4805941.16	0.107556	(null)	(null)	(null)	(null)	0.005	(null)	0.004	(null)
40	40	456513.57	4814651.75	0.019391	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)
41	41	462640.91	4814651.75	0.028366	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)
42	42	468768.26	4814651.75	0.034277	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)

Slika 7.8. Tabela atributa sa podacima o proračunatoj emisiji PM po gridovima

Attribute Table Editor

0 of 400 Selected

D:\MapWindow GISSO2.shp

SHAPE_ID	Mv/ShapelID	X	Y	SO2	SO2sp_wd_	SO2sp_wdN	SO2su_wd_	SO2su_wdN	SO2ou_wd_E	SO2ou_wdSE	SO2wi_wd_E	SO2wi_wdSE
168	168	505632.34	4866915.32	0.02604	(null)	(null)	(null)	(null)	0.003	0.001	0.003	0.001
169	169	511659.69	4866915.32	0.02982	(null)	(null)	(null)	(null)	(null)	0.003	0.004	0.003
170	170	517787.04	4866915.32	0.03969	(null)	(null)	(null)	(null)	0.004	0.007	0.004	0.006
171	171	523914.38	4866915.32	0.08594	(null)	(null)	(null)	(null)	0.006	0.014	0.005	0.013
172	172	530041.73	4866915.32	0.02625	(null)	(null)	(null)	(null)	0.008	0.016	0.008	0.015
173	173	536169.08	4866915.32	0.06905	(null)	(null)	(null)	(null)	0.016	0.019	0.015	0.018
174	174	542296.42	4866915.32	0.06904	0.036	0.035	0.042	0.042	(null)	(null)	(null)	(null)
175	175	548423.77	4866915.32	0.02407	0.011	0.011	0.013	0.013	(null)	(null)	(null)	(null)
176	176	554551.12	4866915.32	0.05108	0.007	0.007	0.009	0.008	(null)	(null)	(null)	(null)
177	177	560678.46	4866915.32	0.0624	0.006	0.005	0.007	0.007	(null)	(null)	(null)	(null)
178	178	566805.81	4866915.32	0.04905	0.005	0.004	0.006	0.005	(null)	(null)	(null)	(null)
179	179	572933.16	4866915.32	0.03804	0.004	0.004	0.005	0.005	(null)	(null)	(null)	(null)
180	180	456513.57	4875625.92	0.0152	(null)	(null)	(null)	(null)	0.002	(null)	0.002	(null)
181	181	462640.91	4875625.92	0.02062	(null)	(null)	(null)	(null)	0.003	(null)	0.002	(null)
182	182	468768.26	4875625.92	0.02424	(null)	(null)	(null)	(null)	0.003	(null)	0.003	(null)
183	183	474895.61	4875625.92	0.01934	(null)	(null)	(null)	(null)	0.003	(null)	0.003	(null)

Slika 7.9. Tabela atributa sa podacima o proračunatoj emisiji SO<sub>2</sub> po gridovima

Na slici 7.10 prikazani su podaci uneti u tabelu atributa koji opisuju objekte koji grafički predstavljaju lokacije. Tabela se sastoji od 4 kolone i 21 reda što znači da su uneti podaci za 21 lokaciju. U prvoj koloni prikazan je identifikacioni broj objekta, u drugoj koloni su  $x$  koordinate, u trećoj  $y$  koordinate, a u četvrtoj je naziv lokacije.

SHAPE_ID	X	Y	Lokacija
0	456513.57	4962731.83	Beograd
1	463717717	4956094.71	Transped
2	469370.91	4945813.61	Vrcin
3	471738.06	4935995.48	M.Pozarevac
4	478775.58	4936009.36	Umcari
5	486754.71	4934154.42	Vodanj
6	493318.21	4936038.16	Kolari
7	498476.08	4936983.7	Smederevo
8	500363.54	4931375.74	Pozarevac
9	504556.92	4914086.16	V.Plana
10	508868.24	4900536.81	Markovac
11	508879.19	4894927.55	Lapovo
12	507482.19	4888848.26	Batocina
13	522550.02	4870181.09	Jagodina
14	531486.3	4866923.31	Cuprija
15	531973.29	4857107.03	Paracin
16	536220.73	4846362.37	Pojate
17	542337.13	4843097.61	Razanj
18	553186.91	4825340.65	Al.Rudnici
19	563608.95	4814086.15	Aleksinac
20	571933.16	479230.56	Nis

**Slika 7.10.** Tabela atributa sa podacima o lokacijama

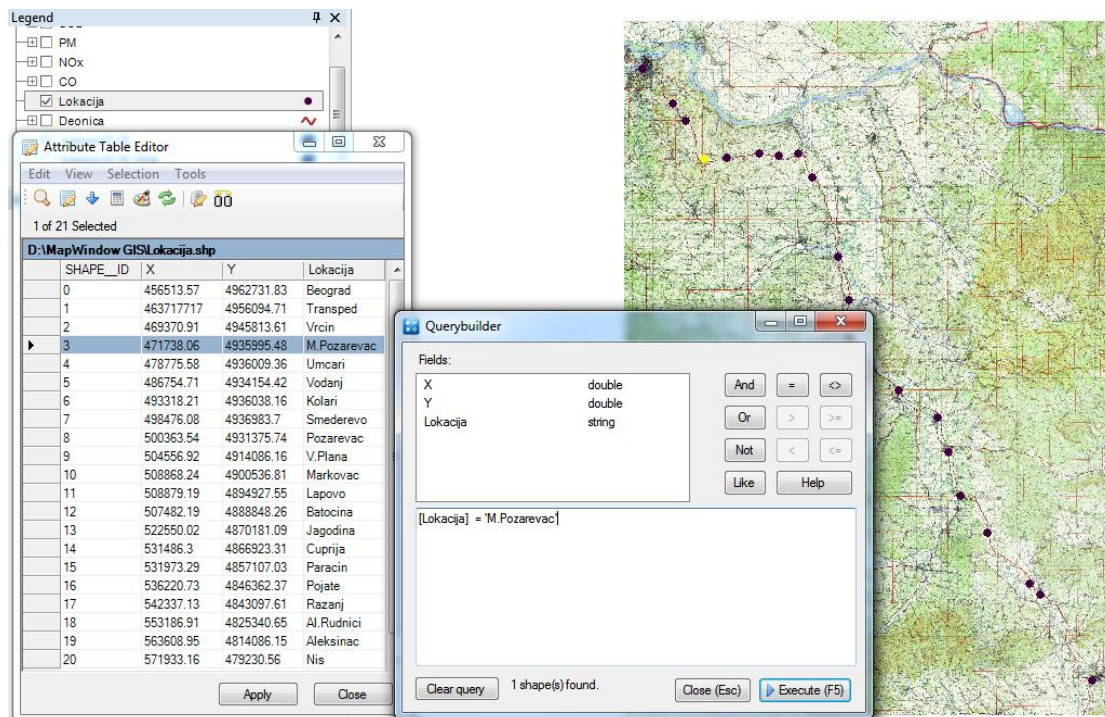
Na slici 7.11 prikazani su podaci o deonicama. Tabela se sastoji od 9 kolona i 20 redova što znači da su uneti podaci za 20 deonica. U prve dve kolone upisani su identifikacioni brojevi objekata, pri čemu se identifikacioni brojevi u prvoj koloni ne mogu menjati. U trećoj koloni su upisani nazivi deonica, u četvrtoj je upisana dužina svake deonice izražena u kilometrima, u petoj je upisan protok vozila po času na svakoj deonici, u naredne tri kolone upisan je procenat vozila sa pogonom na benzin, dizel i gas (plin), a u poslednjoj koloni upisana je potrošnja goriva po vozilu izražena u litrima. Ovi podaci su dobijeni primenom COPERT 4 metodologije.

SHAPE_ID	MWShapeID	Deonica	Duzina(km)	Protok_v/h	%V(benzin)	%V(dizel)	%V(LPG)	P.gor/v(l)
0	0	Beograd-Transped	14.5	1275	45.2	52.66	2.14	1.141
1	1	Transped-Vrcin	4.4	1258	45.18	52.74	2.08	0.346
2	2	Vrcin-M.Pozarevac	14.3	1141	43.86	54.07	2.07	1.146
3	3	M.Pozarevac-Umcari	6.5	829	41	57.06	1.94	0.543
4	4	Umcari-Vodanj	2.8	814	40.84	57.24	1.92	0.234
5	5	Vodanj-Kolari	3.1	775	40.18	57.93	1.89	0.262
6	6	Kolari-Smederevo	11.9	761	39.93	58.18	1.89	1.009
7	7	Smederevo-Pozarevac	6	820	38.69	59.49	1.82	0.518
8	8	Pozarevac-V.Plana	28.4	687	37.51	60.73	1.76	2.499
9	9	V.Plana-Markovac	12	700	36.61	61.67	1.72	1.071
10	10	Markovac-Lapovo	6.4	723	37.04	61.21	1.75	0.567
11	11	Lapovo-Batocina	3.8	708	36.86	61.4	1.74	0.338
12	12	Batocina-Jagodina	21.9	618	35.94	62.37	1.69	1.973
13	13	Jagodina-Cuprija	12.8	573	35.61	62.71	1.68	1.161
14	14	Cuprija-Paracin	10.7	572	35.66	62.66	1.68	0.969
15	15	Paracin-Pojate	12.1	540	35.67	62.65	1.68	1.096
16	16	Pojate-Razanjanj	14.7	460	33.66	64.76	1.58	1.376
17	17	Razanjanj-Al.Rudnici	18	453	33.32	65.11	1.57	1.695
18	18	Al.Rudnici-Aleksinac	3.7	453	33.85	64.56	1.59	0.346
19	19	Aleksinac-Nis	22.8	520	35.11	63.24	1.65	2.086

Slika 7.11. Tabela atributa sa podacima deoncama

## 7.2. Rezultati primene GIS modela

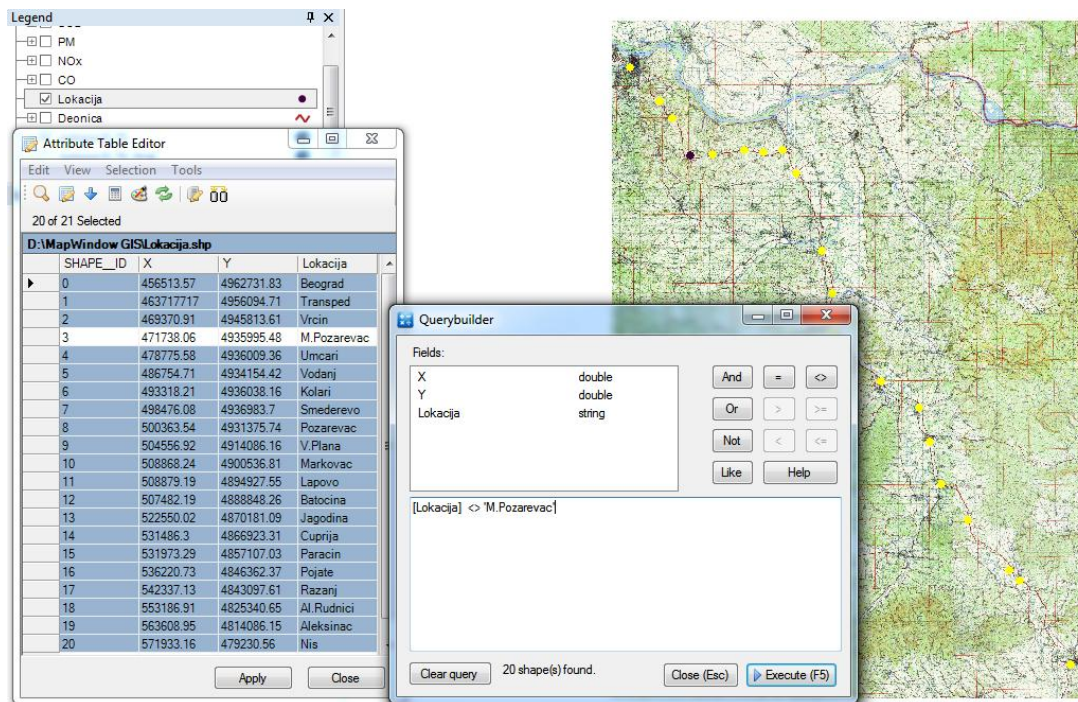
Sušтина primene definisanog modela ogleda se u kreiranju upita. Ako se čekira lejer koji prikazuje mapu autoputa Beograd – Niš i lejer koji prikazuje lokacije, može se kreirati upit za prikaz lokacije čiji se položaj traži na mapi. Izvršenje tog upita obeležiće lokaciju na mapi, a u tabeli atributa će selektovati sve podatke koji se odnose na traženu lokaciju. Na slici 7.12 prikazano je izvršenje upita kojim se traži selektovanje lokacije M. Požarevac. Kao što se može primetiti, selektovana lokacija je markirana žutom bojom, dok su ostale obeležene crnom bojom.



Slika 7.12. Selektovanje jedne lokacije izvršenjem upita

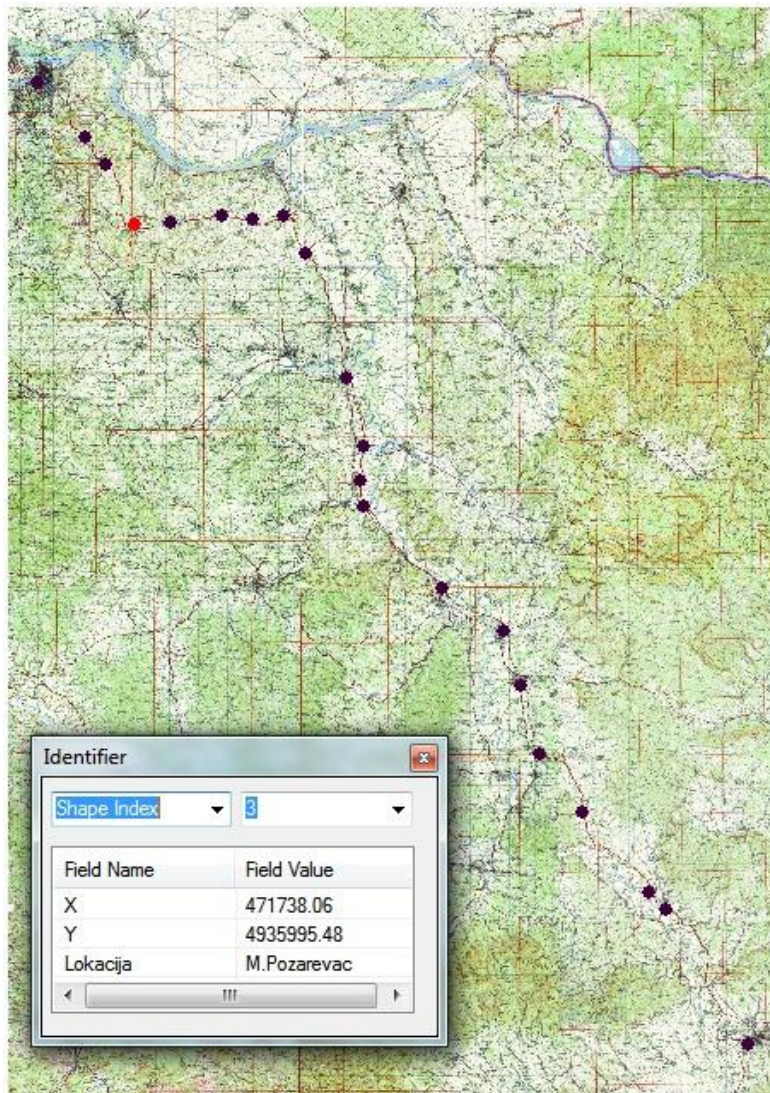
Pored mogućnosti selektovanja tražene lokacije postoji mogućnost kreiranja upita za prikaz, odnosno selektovanje svih lokacija osim jedne koja se ne želi selektovati. Ova mogućnost je prikazana na slici 7.13 gde su selektovane sve lokacije osim lokacije M. Požarevac. Sada su sve lokacije osim lokacije M. Požarevac selektovane i na mapi autoputa Beograd – Niš markirane žutom bojom.





**Slika 7.13.** Selektovanje lokacija isključivanjem jedne lokacije

Određena lokacija može se selektovati i primenom alata za identifikaciju (slika 7.14). Tako, recimo, klikom na objekat, koji predstavlja lokaciju čija se identifikacija želi, potrebne informacije se dobijaju u vidu male tabele koja se sastoji iz dve kolone. U prvoj koloni je prikazan naziv polja, odnosno tu su ispisani nazivi kolona iz tabele atributa, a u drugoj koloni je vrednost polja, odnosno podaci koji se odnose na konkretnu lokaciju. Tako se dolazi do informacije da je markirana lokacija M. Požarevac, da je njen identifikacioni broj 3 i da su njene koordinate:  $X=471738,06$ ,  $Y=4935995,48$ . Primenom alata za identifikaciju lokacija je markirana crvenom bojom.

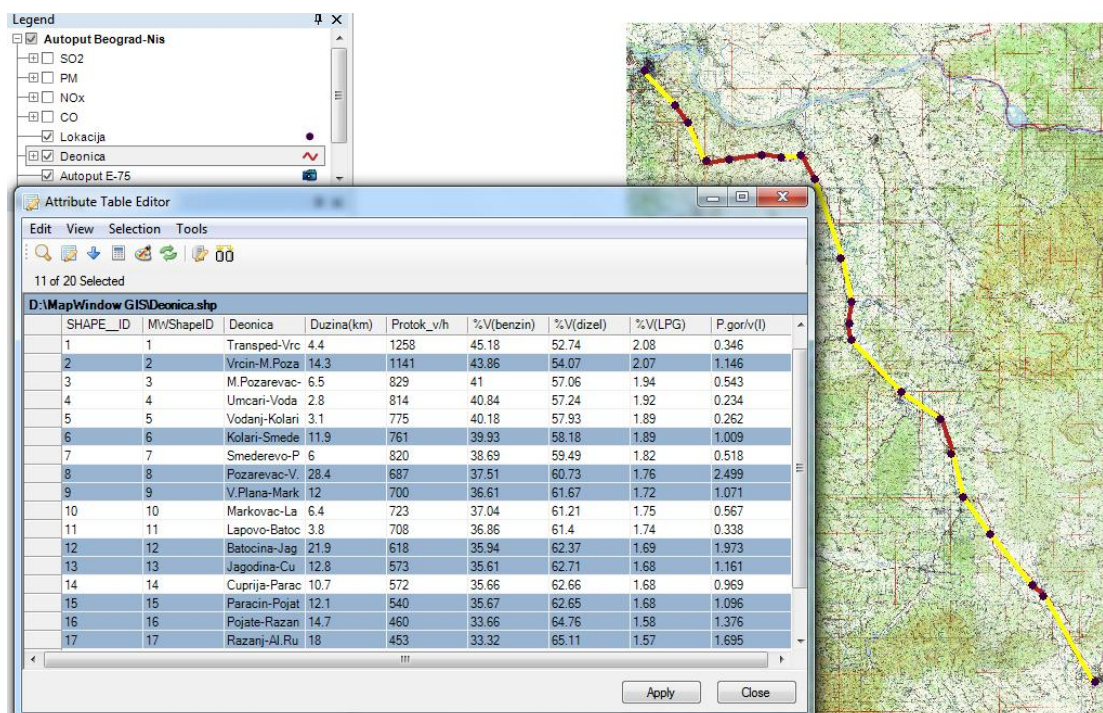


**Slika 7.14.** Primena alata za identifikaciju lokacije

Ako se pored lejera koji prikazuje mapu i lejera sa lokacijama čekira i lejer sa deonicama, dobija se grafički prikaz mape na kojoj su obeležene lokacije i deonice koje povezuju te lokacije. Deonice su obeležene različitim bojom jer je prilikom kreiranja lejera korišćena opcija za obeležavanje deonica u odnosu na protok vozila po času. Tako su deonice na kojima je protok vozila po času od 0 do 500 vozila obeležene žutom bojom, deonice na kojima je protok vozila po času od 500 do 1000 vozila obeležene su narandžastom bojom, a deonice na kojima je protok vozila po času od 1000 do 1500 vozila obeležene su tamno crvenom bojom. Upiti se mogu kreirati za dobijanje različitih informacija u zavisnosti od interesovanja korisnika. Može se tražiti selektovanje deonica koje imaju određeni protok vozila po času, mogu se odabrati deonice u odnosu

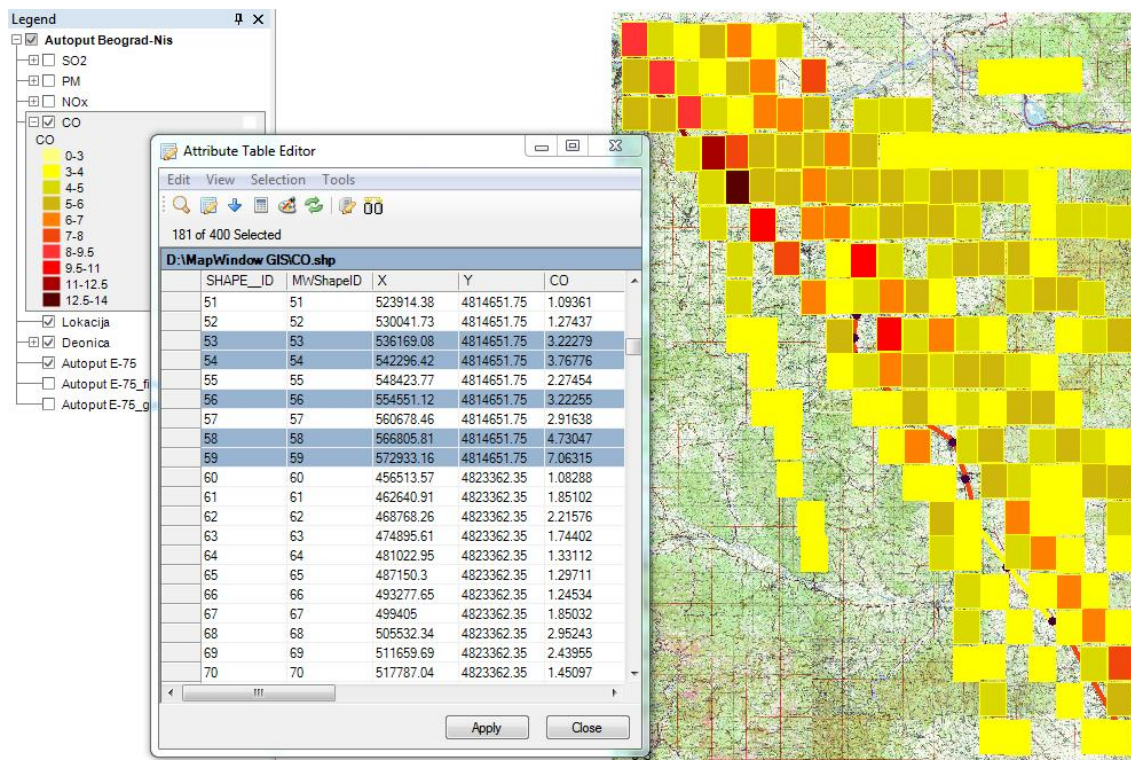
na dužinu izraženu u kilometrima, u odnosu na procenat vozila koja koriste određenu vrstu goriva ili u odnosu na potrošnju goriva po vozilu koja je izražena u litrima.

Na slici 7.15 prikazana je selekcija deonica na kojima je potrošnja goriva po vozilu veća od jednog litra. Da bi biranje deonica bilo uočljivije izvršena je korekcija kod obeležavanja deonica tako što je uklonjena opcija za obeležavanje deonica u odnosu na protok vozila po času, pa su sada sve deonice obeležene crvenom bojom. Odaabrane deonice markirane su žutom bojom.



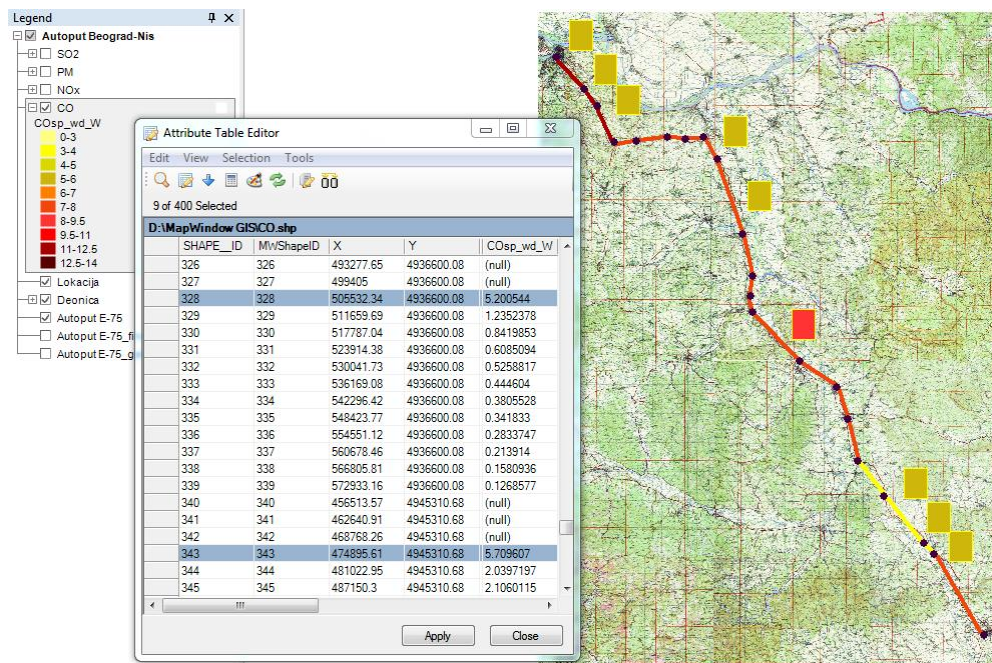
**Slika 7.15.** Izbor deonica na kojima je potrošnja goriva po vozilu veća od jednog litra

Naredni korak predstavlja čekiranje lejera sa gridovima. Prvo će se kreirati upiti za određivanje najzagađenijih, odnosno kritičnih gridova na kojima je emisija CO iznad dozvoljene granice koja za 24 časa iznosi  $3 \text{ mg/m}^3$ , dok za 1 čas iznosi  $5 \text{ mg/m}^3$ . Na slici 7.16 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija CO iznad GVI, odnosno iznad  $3 \text{ mg/m}^3$  u slučaju najlošijih meteoroloških uslova, pri čemu je proračun rađen za brzinu vetra veću ili jednaku  $1 \text{ m/s}$ , klasu stabilnosti 4, kao i za sve pravce vetrova od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ .

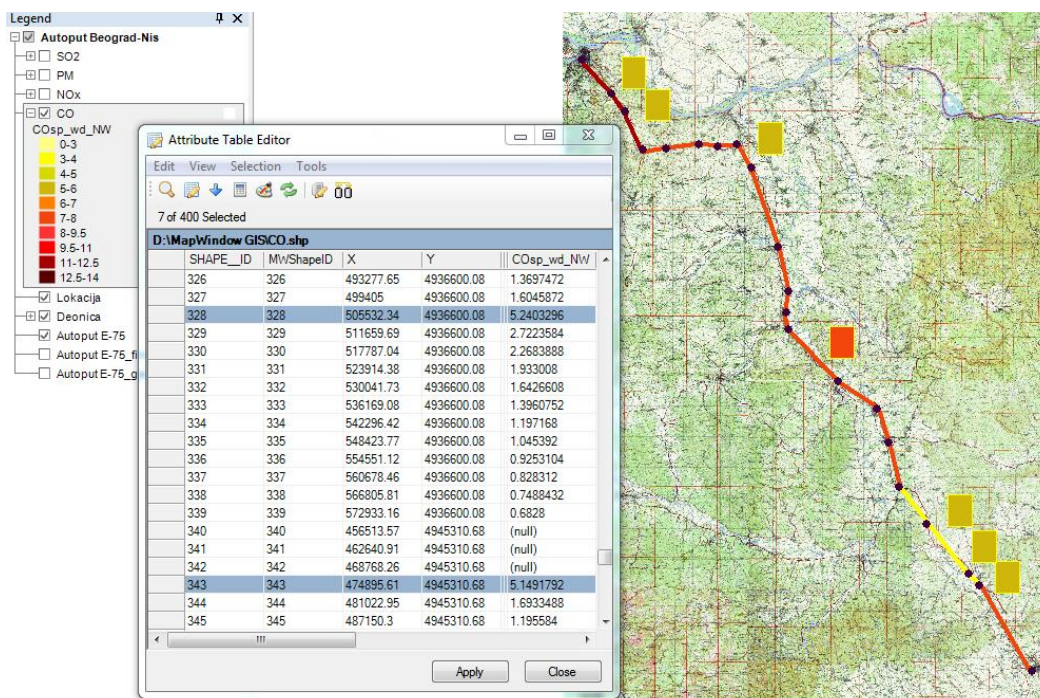


**Slika 7.16.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u slučaju najlošijih vremenskih parametara

Na slikama 7.17 i 7.18 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija CO iznad  $5 \text{ mg/m}^3$ . Simulacija je rađena po času za prolećni period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $14,53 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $2,3 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.17 prikazano je mapiranje u slučaju zapadnog vetra, a na slici 7.18 u slučaju severozapadnog vetra.

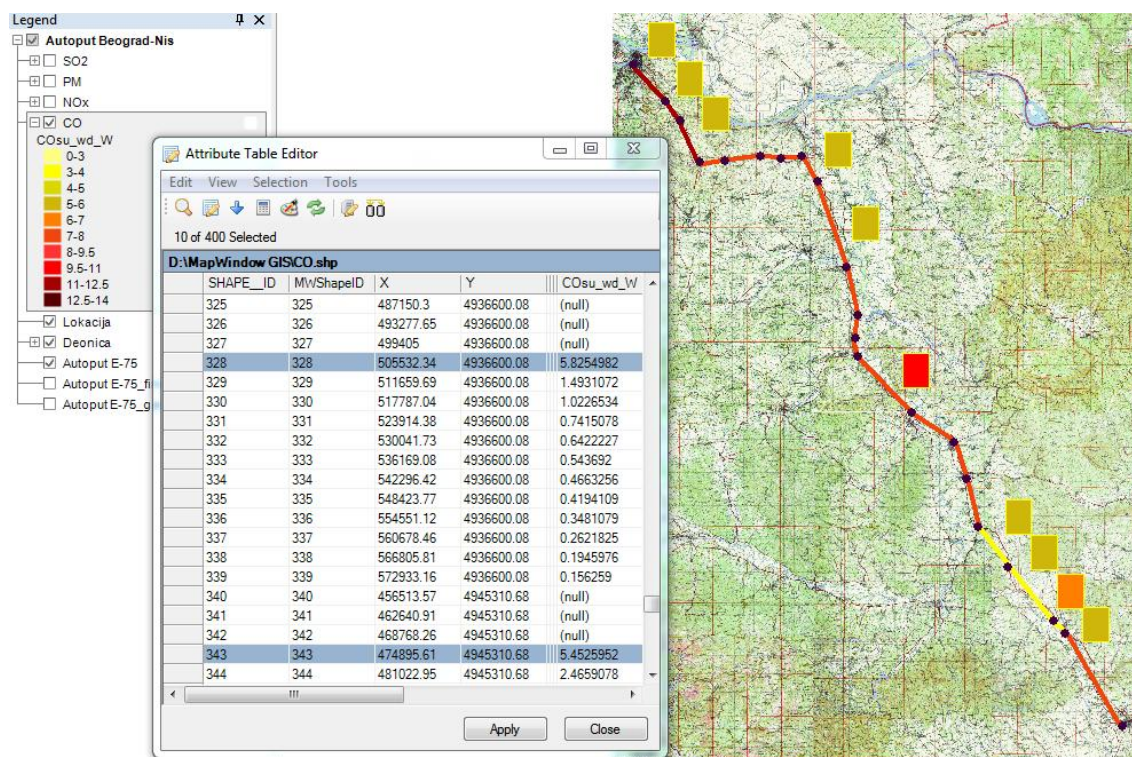


Slika 7.17. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u prolećnom periodu uz prisutnost zapadnog vetra

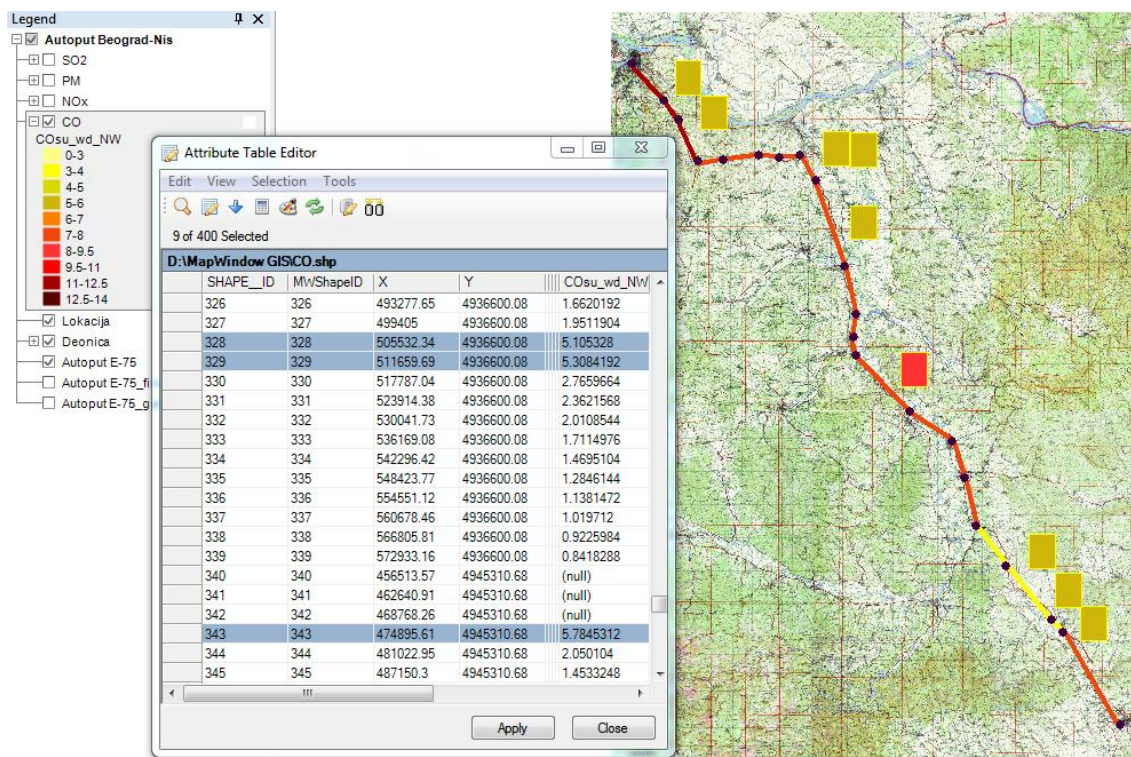


Slika 7.18. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u prolećnom periodu uz prisutnost severozapadnog vetra

Na slikama 7.19 i 7.20 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija CO iznad  $5 \text{ mg/m}^3$ . Simulacija je rađena po času za letnji period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $23,07 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $1,9 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.19 prikazano je mapiranje u slučaju zapadnog vetra, a na slici 7.20 u slučaju severozapadnog vetra.

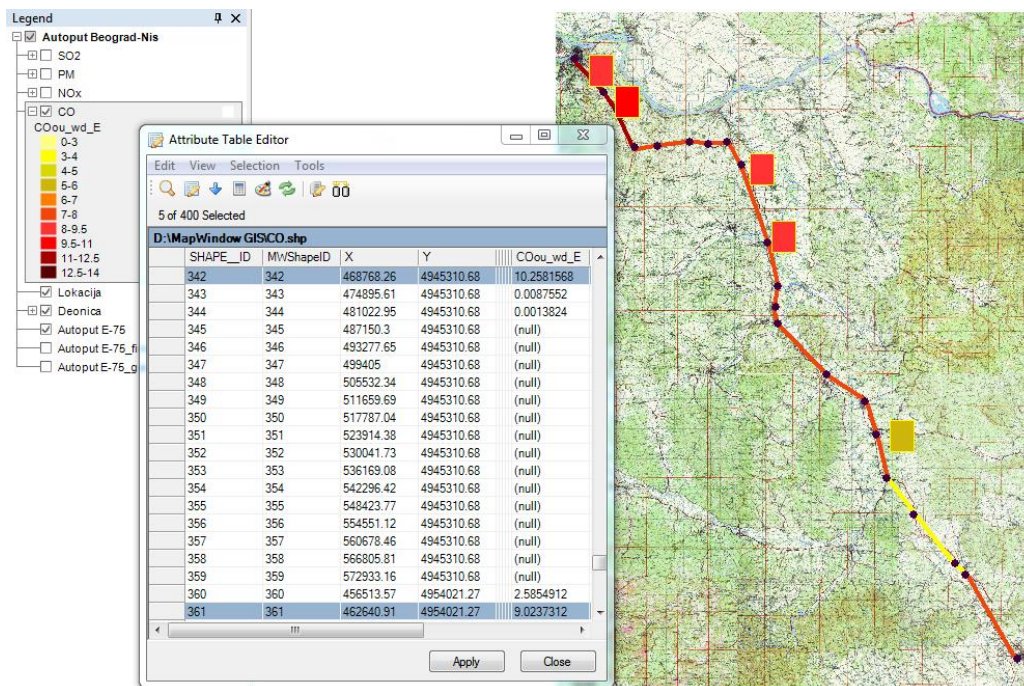


**Slika 7.19.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u letnjem periodu uz prisutnost zapadnog vetra

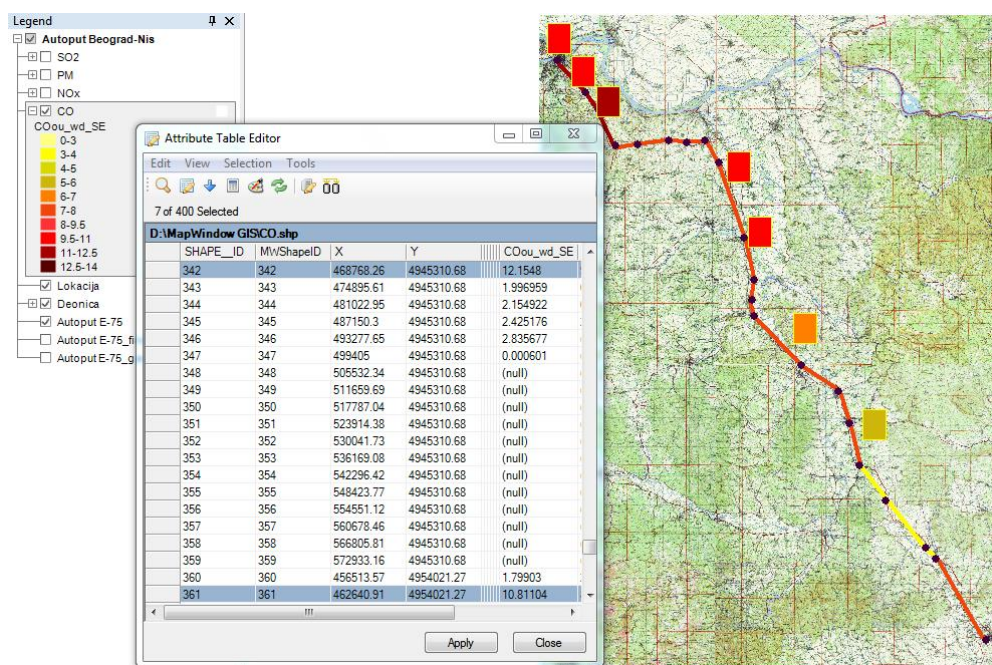


**Slika 7.20.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u letnjem periodu uz prisutnost severozapadnog vetra

Na slikama 7.21 i 7.22 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija CO iznad  $5 \text{ mg/m}^3$ . Simulacija je rađena po času, za jesenji period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $12,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $2,45 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.21 prikazano je mapiranje u slučaju istočnog vetra, a na slici 7.22 u slučaju jugoistočnog vetra.



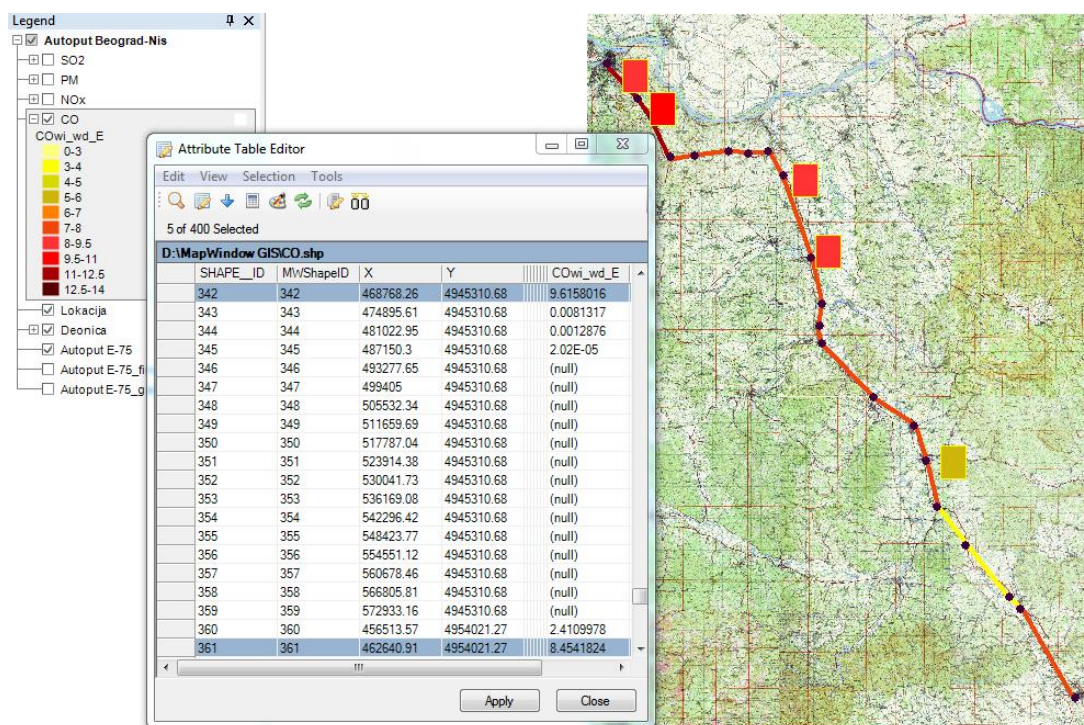
Slika 7.21. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u jesenjem periodu uz prisutnost istočnog vetra



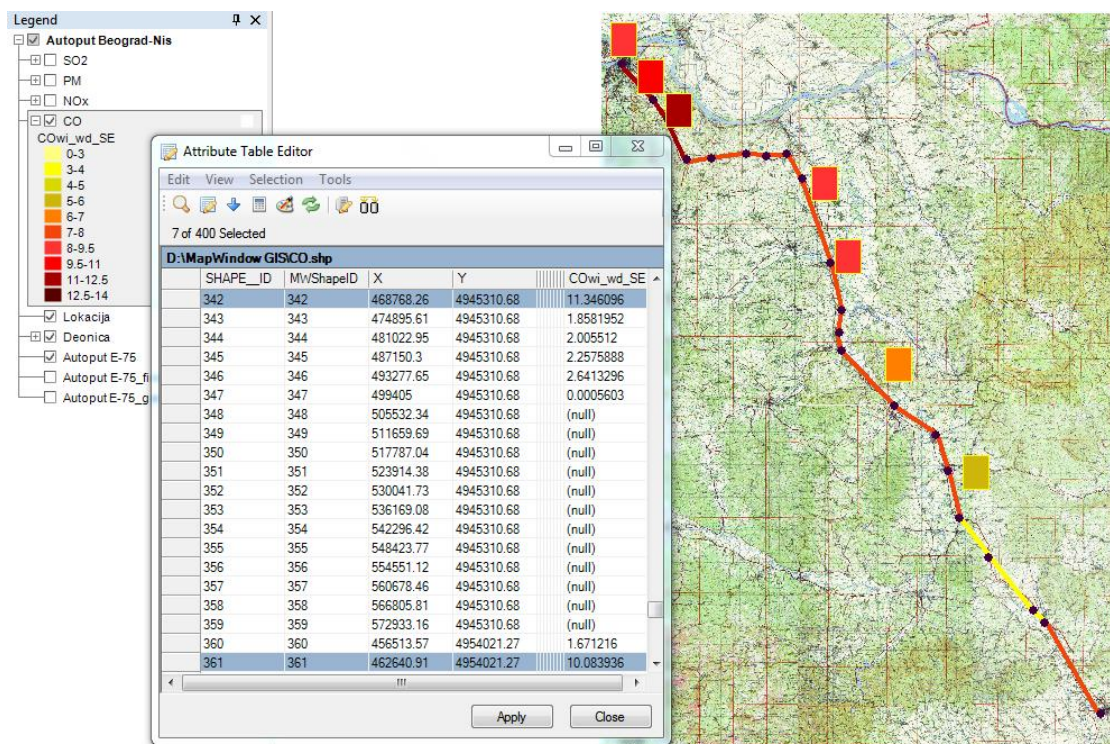
Slika 7.22. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u jesenjem periodu uz prisutnost jugoistočnog vetra



Na slikama 7.23 i 7.24 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija CO iznad  $5 \text{ mg/m}^3$ . Simulacija je rađena po času, za zimski period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $2,46 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $2,63 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.23 prikazano je mapiranje u slučaju istočnog vetra, a na slici 7.24 u slučaju jugoistočnog vetra.



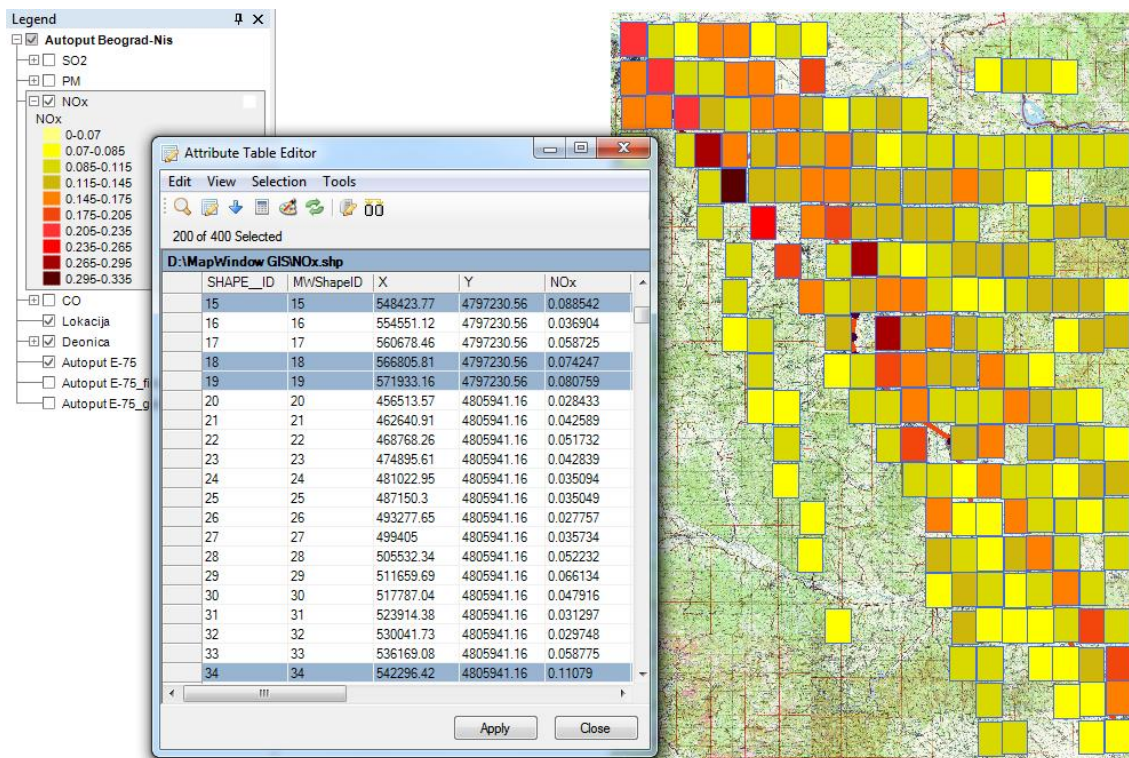
**Slika 7.23.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u zimskom periodu uz prisutnost istočnog vetra



**Slika 7.24.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u zimskom periodu uz prisutnost jugoistočnog vetra

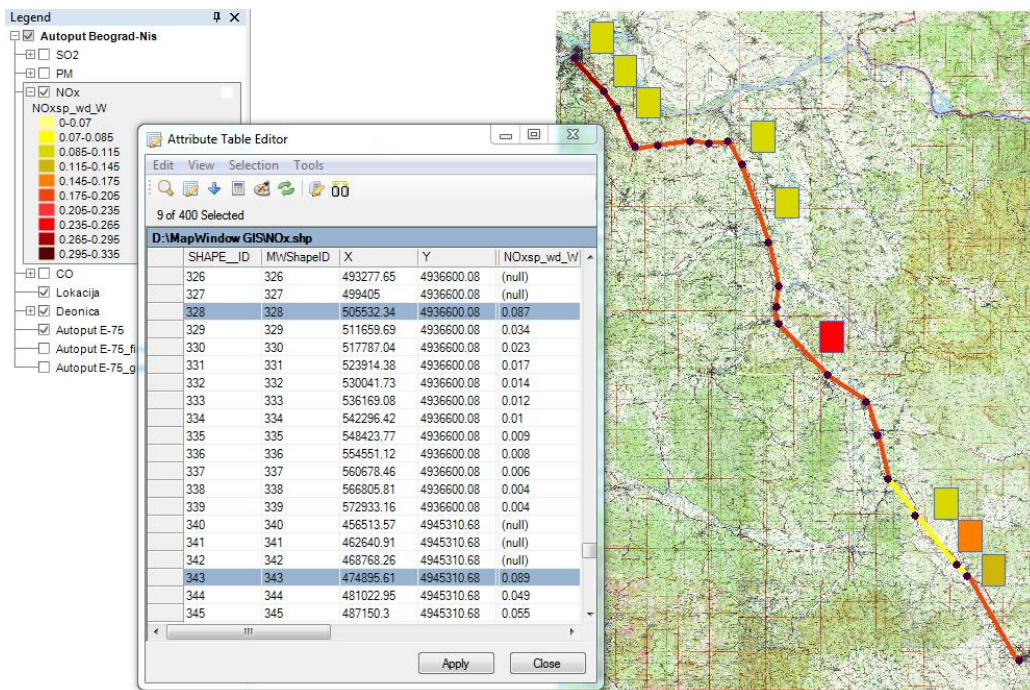
Koncentracije CO prikazane na prethodnim slikama najveće su u neposrednoj okolini deonice Batočina – Jagodina, u prolećnom i letnjem periodu, ali su u jesenjem i zimskom najveće u neposrednoj okolini deonica Beograd – Tranšped, Tranšped – Vrčin i Požarevac - V. Plana.

Naredni korak je kreiranje upita za određivanje kritičnih gridova na kojima je emisija NOx iznad dozvoljene granice koja za 24 časa iznosi  $0,07 \text{ mg/m}^3$ , a za 1 čas iznosi  $0,085 \text{ mg/m}^3$ . Na slici 7.25 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija NOx iznad GVI, odnosno iznad  $0,07 \text{ mg/m}^3$ , u slučaju najlošijih meteoroloških uslova, pri čemu je proračun rađen za brzinu vetra veću ili jednaku  $1 \text{ m/s}$ , klasu stabilnosti 4, kao i za sve pravce vetrova od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ .

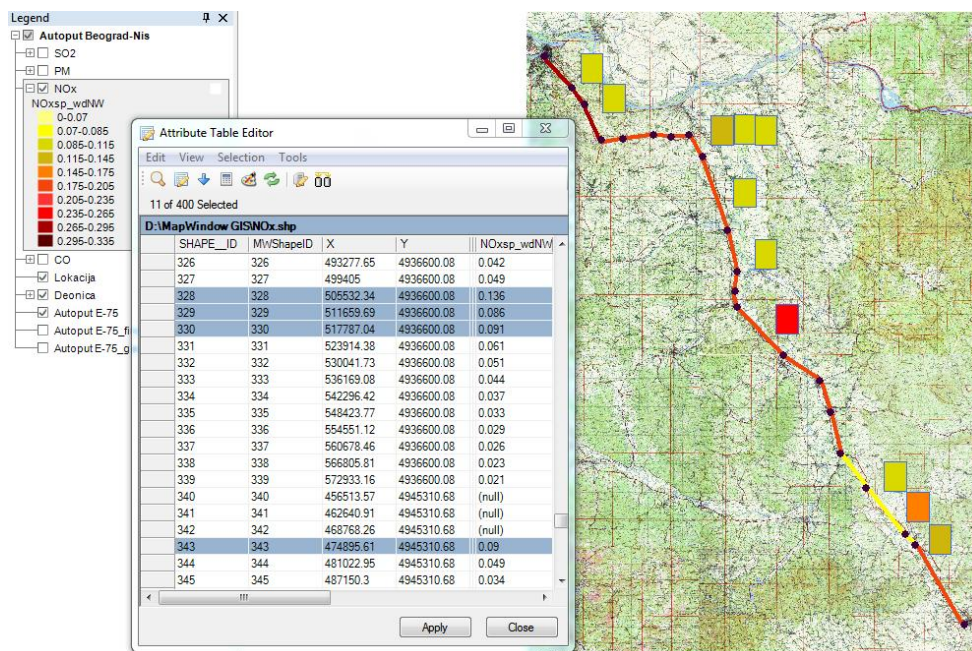


**Slika 7.25.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom NOx većom od GVI u slučaju najboljih vremenskih parametara

Na slikama 7.26 i 7.27 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija NOx iznad  $0,085 \text{ mg/m}^3$  jer je simulacija rađena po času za prolećni period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $14,53 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $2,3 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.26 prikazano je mapiranje u slučaju zapadnog vetra, a na slici 7.27 u slučaju severozapadnog vetra.

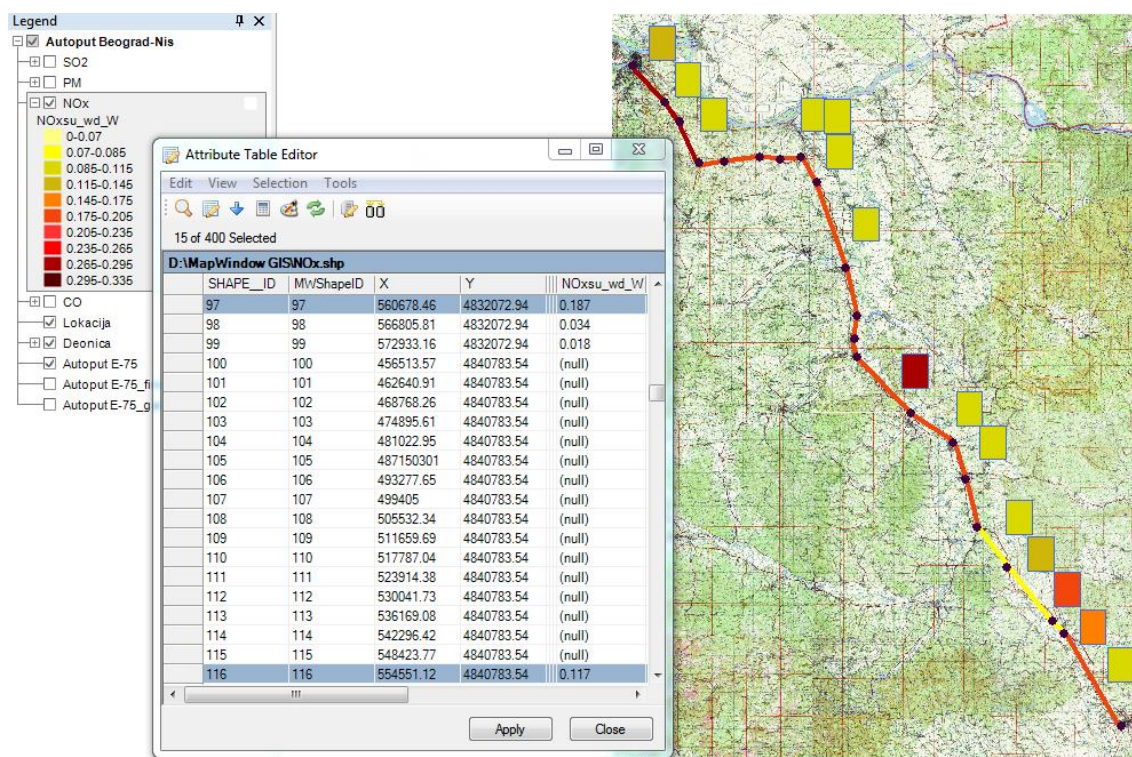


Slika 7.26. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom NOx većom od GVI u prolećnom periodu uz prisutnost zapadnog vetra

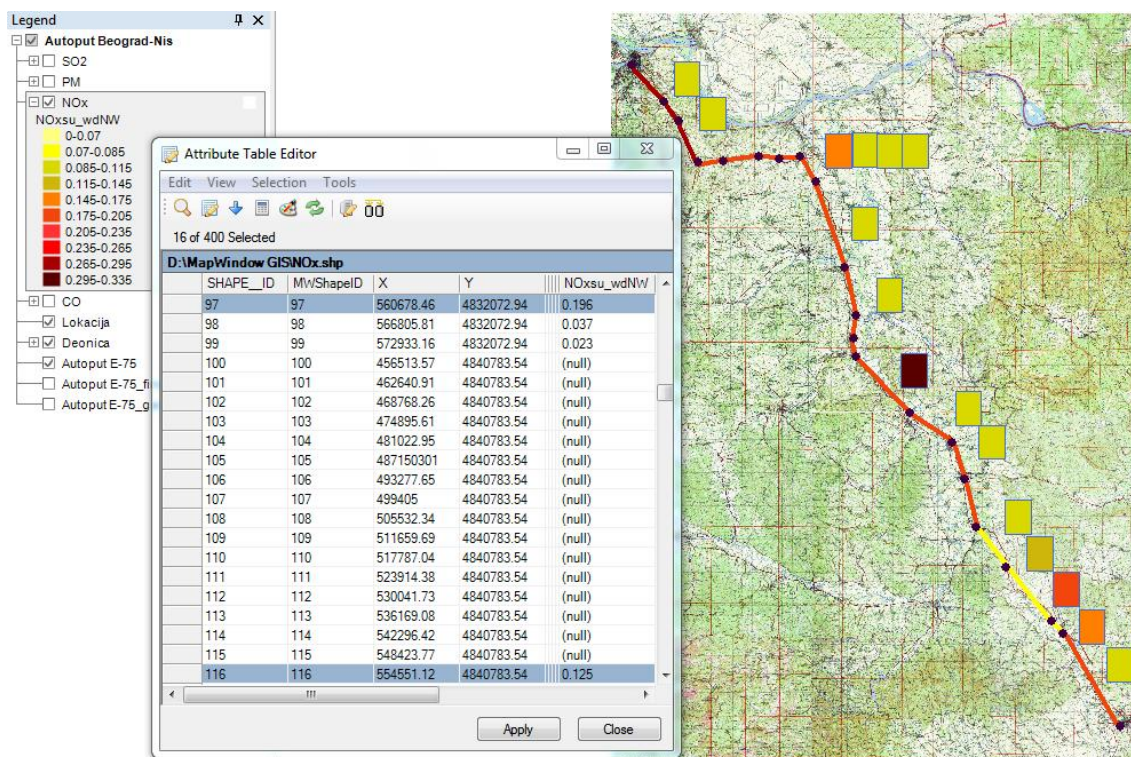


Slika 7.27. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom NOx većom od GVI u prolećnom periodu uz prisutnost severozapadnog vetra

Na slikama 7.28 i 7.29 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija NO<sub>x</sub> iznad 0,085 mg/m<sup>3</sup> jer je simulacija rađena po času za letnji period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha 23,07 °C, prosečna brzina vetra 1,9 m/s, klasa stabilnosti 4, a receptori su na 1,5 m od površine zemlje. Na slici 7.28 prikazano je mapiranje u slučaju zapadnog vetra, a na slici 7.29 u slučaju severozapadnog vetra.

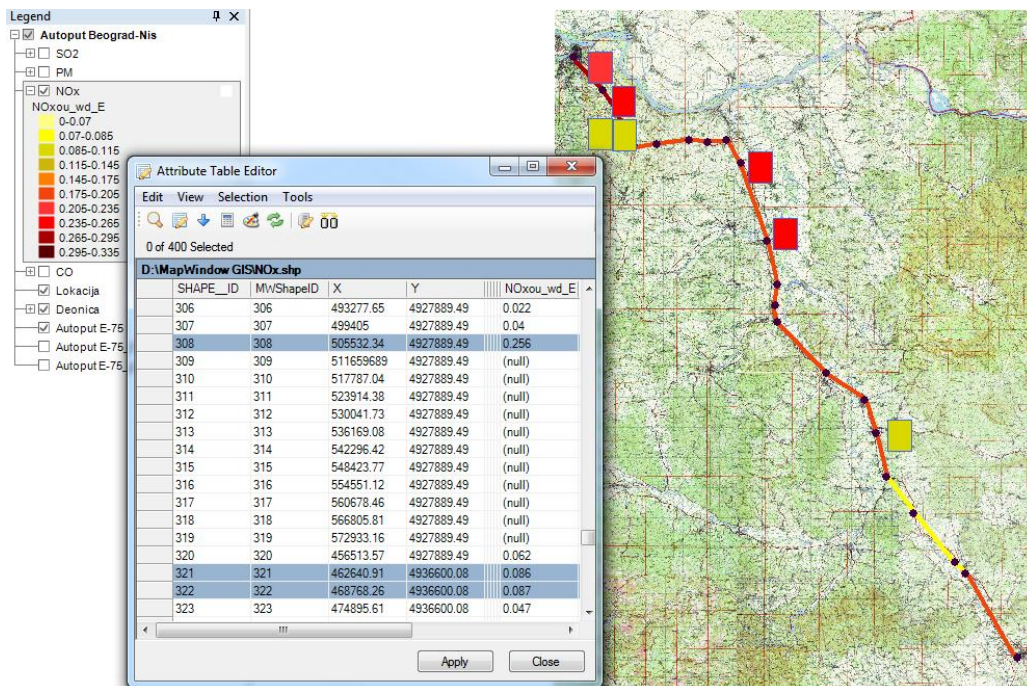


**Slika 7.28.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom NO<sub>x</sub> većom od GVI u letnjem periodu uz prisutnost zapadnog vetra

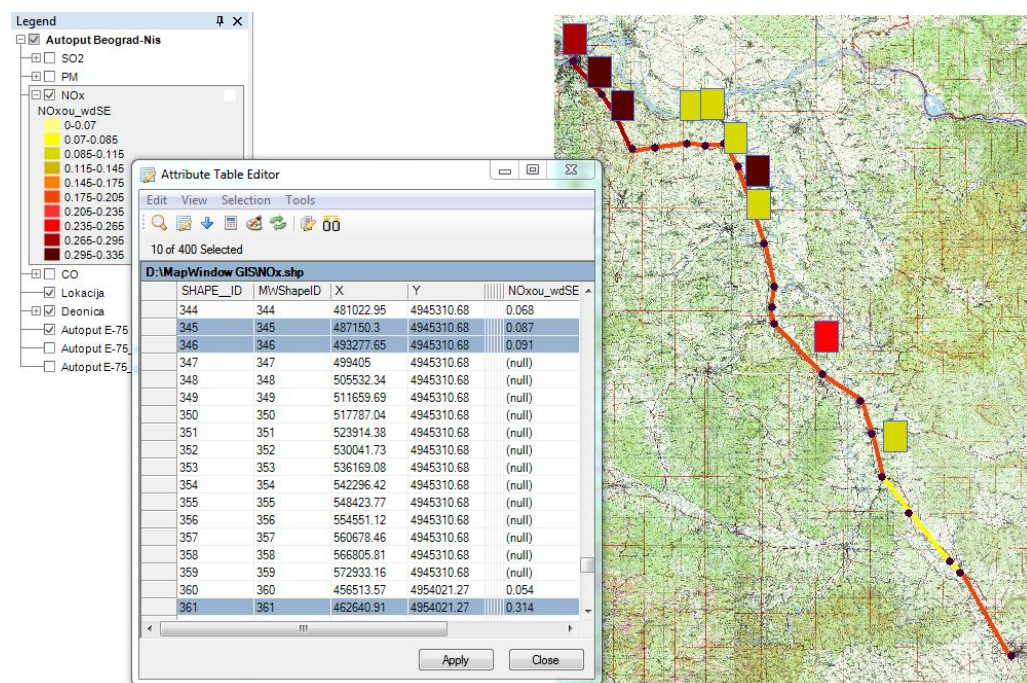


**Slika 7.29.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom NOx većom od GVI u letnjem periodu uz prisutnost severozapadnog vetra

Na slikama 7.30 i 7.31 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija NOx iznad  $0,085 \text{ mg/m}^3$  jer je simulacija rađena za jesenji period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $12,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $2,45 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.30 prikazano je mapiranje u slučaju istočnog vetra, a na slici 7.31 u slučaju jugoistočnog vetra.

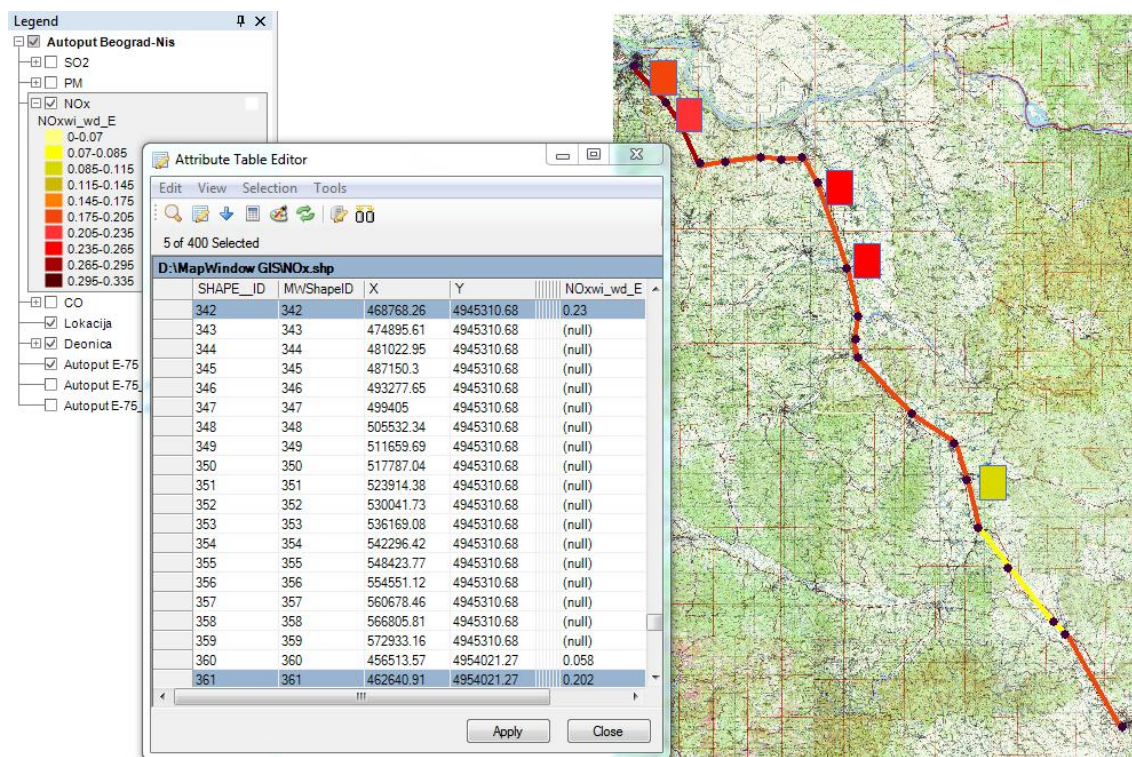


Slika 7.30. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom NOx većom od GVI u jesenjem periodu uz prisutnost istočnog vetra



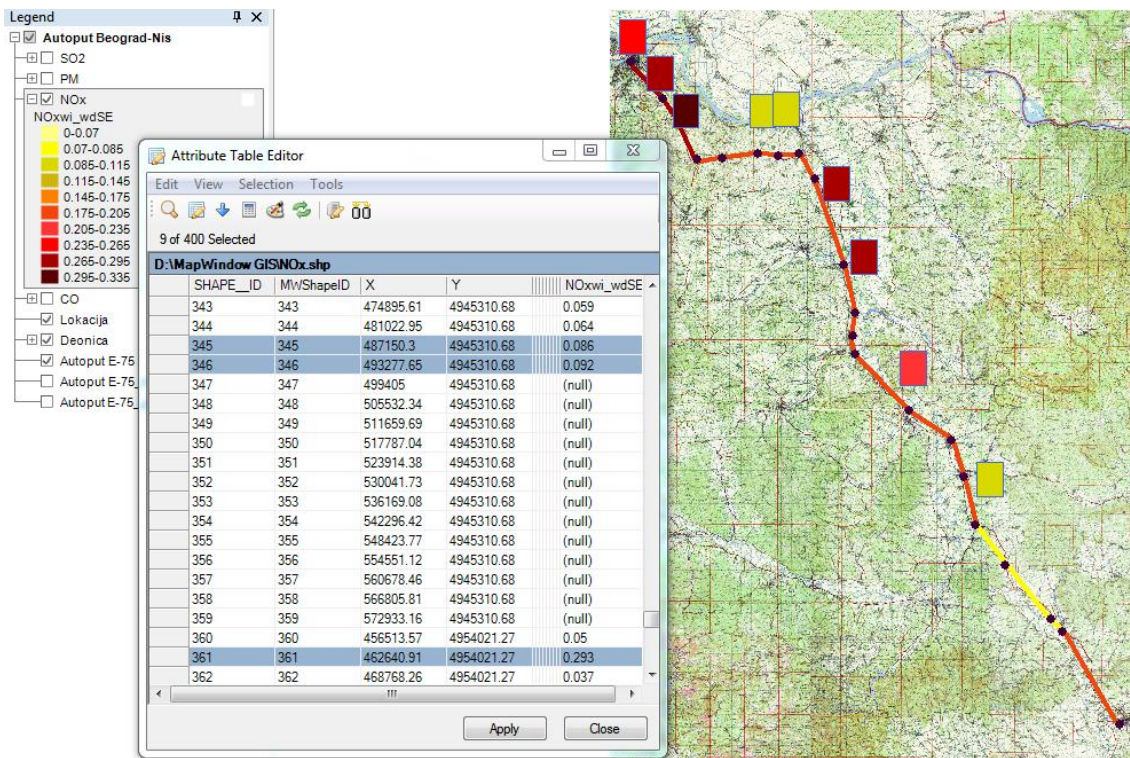
Slika 7.31. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom NOx većom od GVI u jesenjem periodu uz prisutnost jugoistočnog vetra

Na slikama 7.32 i 7.33 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija NO<sub>x</sub> iznad 0,085 mg/m<sup>3</sup> jer je simulacija rađena za zimski period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha 2,46 °C, prosečna brzina vetra 2,63 m/s, klasa stabilnosti 4, a receptori su na 1,5 m od površine zemlje. Na slici 7.32 prikazano je mapiranje u slučaju istočnog vetra, a na slici 7.33 u slučaju jugoistočnog vetra.



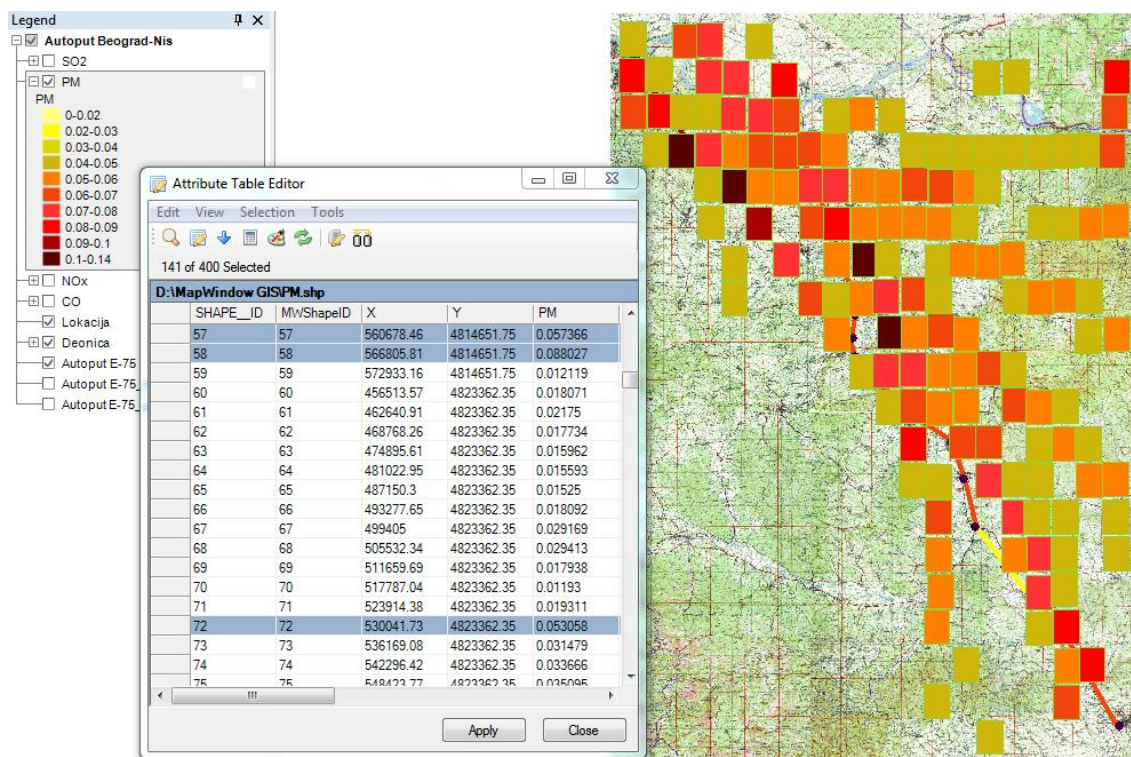
**Slika 7.32.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom NO<sub>x</sub> većom od GVI u zimskom periodu uz prisutnost istočnog vetra





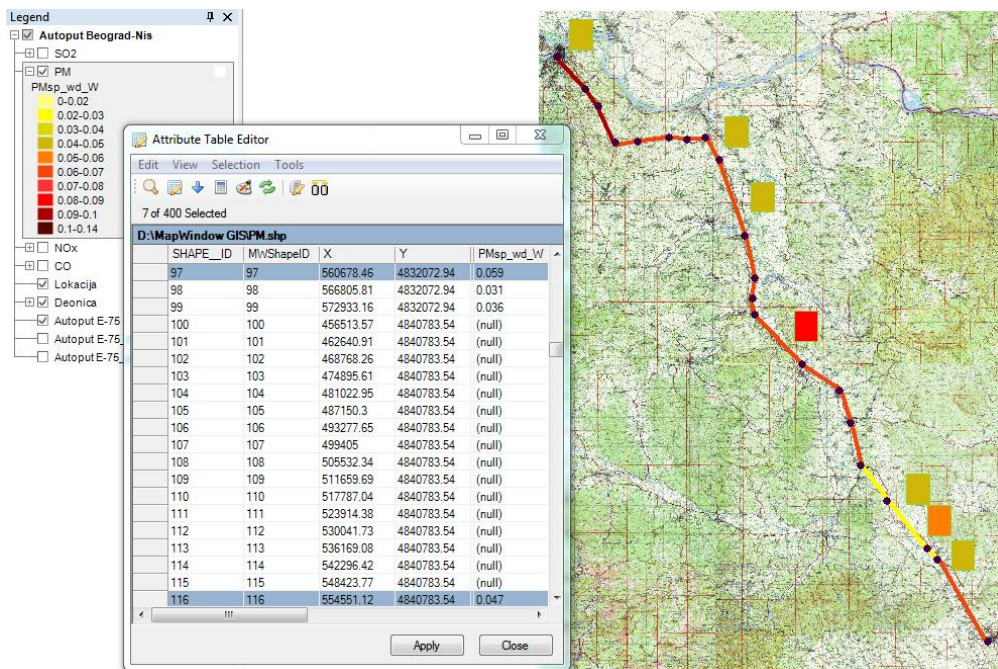
**Slika 7.33.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom NOx većom od GVI u zimskom periodu uz prisutnost jugoistočnog vetra

Sledeći korak je kreiranje upita za određivanje kritičnih gridova na kojima je emisija PM iznad dozvoljene granice koja za 24 časa iznosi  $0,04 \text{ mg/m}^3$ , dok na časovnom nivou nije definisana, te će se koristiti prethodno korišćena vrednost ( $0,04 \text{ mg/m}^3$ ). Na slici 7.34. prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija PM iznad GVI, odnosno iznad  $0,04 \text{ mg/m}^3$  u slučaju najlošijih meteoroloških uslova, pri čemu je proračun rađen za brzinu vetra veću ili jednaku  $1 \text{ m/s}$ , klasu stabilnosti 4, kao i za sve pravce vetrova od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ .

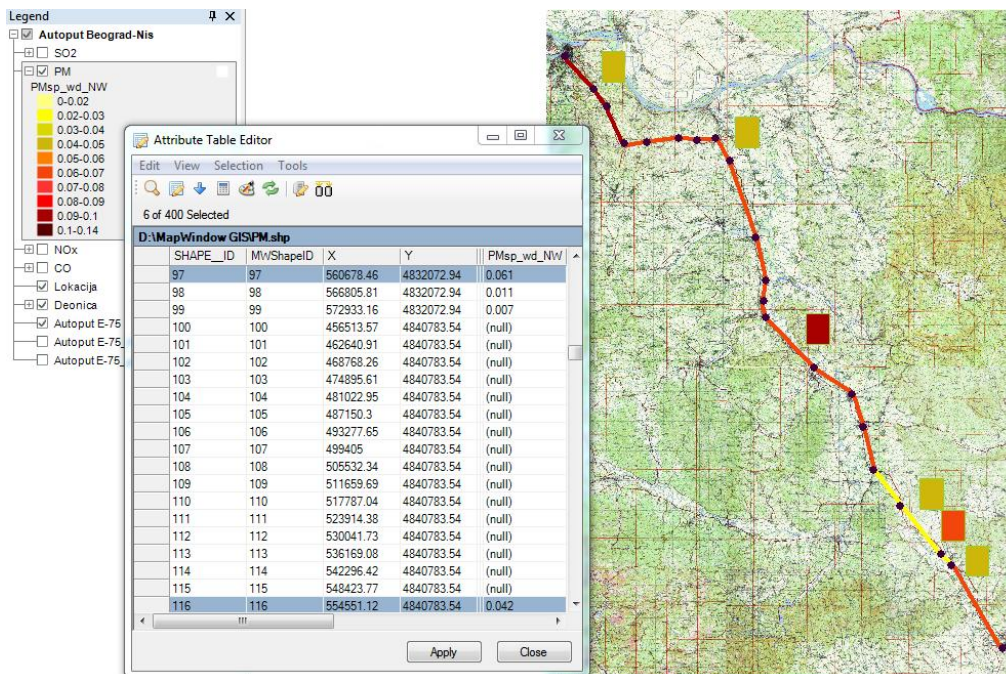


**Slika 7.34.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom PM većom od GVI u slučaju najlošijih vremenskih parametara

Na slikama 7.35 i 7.36 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija PM iznad  $0,04 \text{ mg/m}^3$ . Simulacija je rađena po času (kao GVI uzeta je najveća dnevna dozvoljena vrednost od  $0,04 \text{ mg/m}^3$  jer prema tabeli 6.1 nije precizirana GVI po času), za prolećni period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $14,53 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $2,3 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.35 prikazano je mapiranje u slučaju zapadnog vetra, a na slici 7.36 u slučaju severozapadnog vetra.

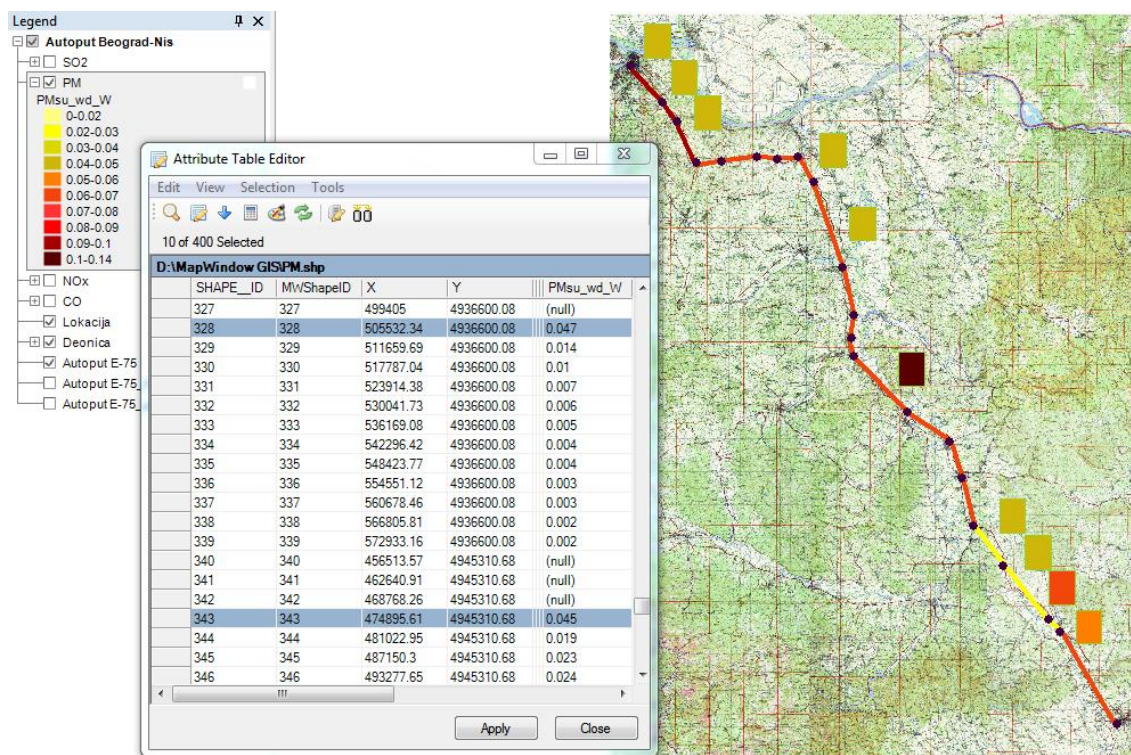


Slika 7.35. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom PM većom od GVI u prolećnom periodu uz prisutnost zapadnog vetra

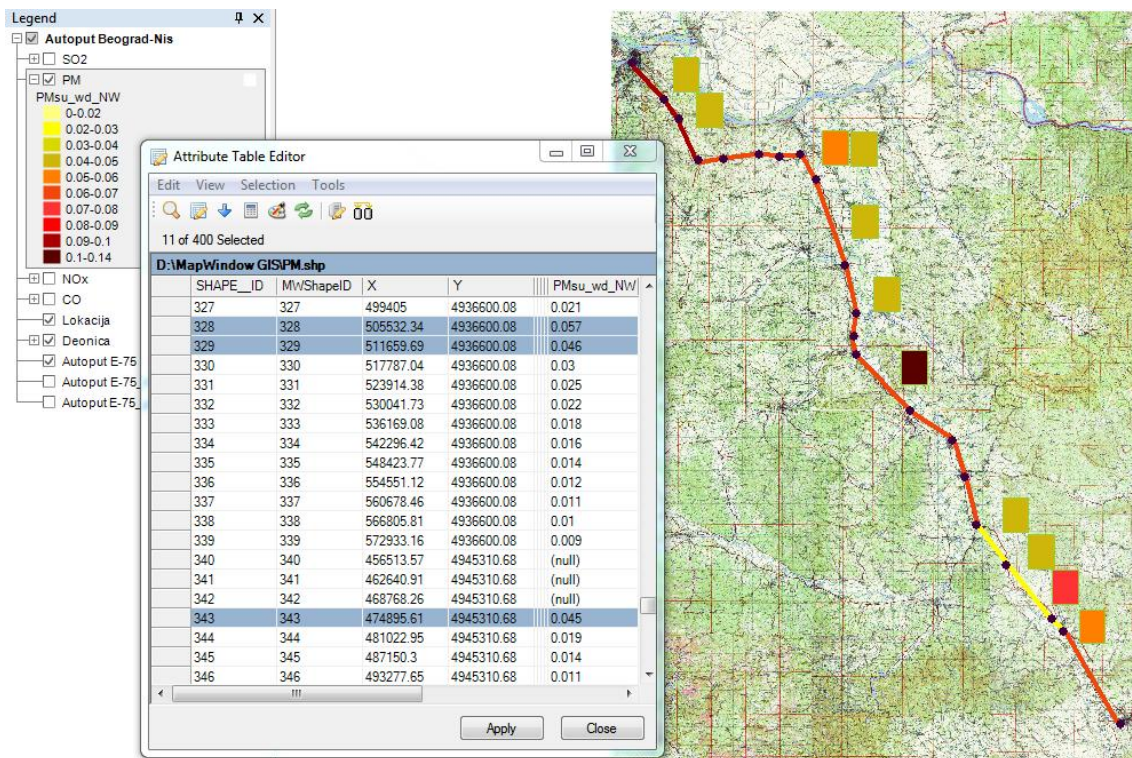


Slika 7.36. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom PM većom od GVI u prolećnom periodu uz prisutnost severozapadnog vetra

Na slikama 7.37 i 7.38 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija PM iznad  $0,04 \text{ mg/m}^3$  jer je simulacija rađena po času za letnji period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $23,07 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $1,9 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.37 prikazano je mapiranje u slučaju zapadnog vetra, a na slici 7.38 u slučaju severozapadnog vetra.

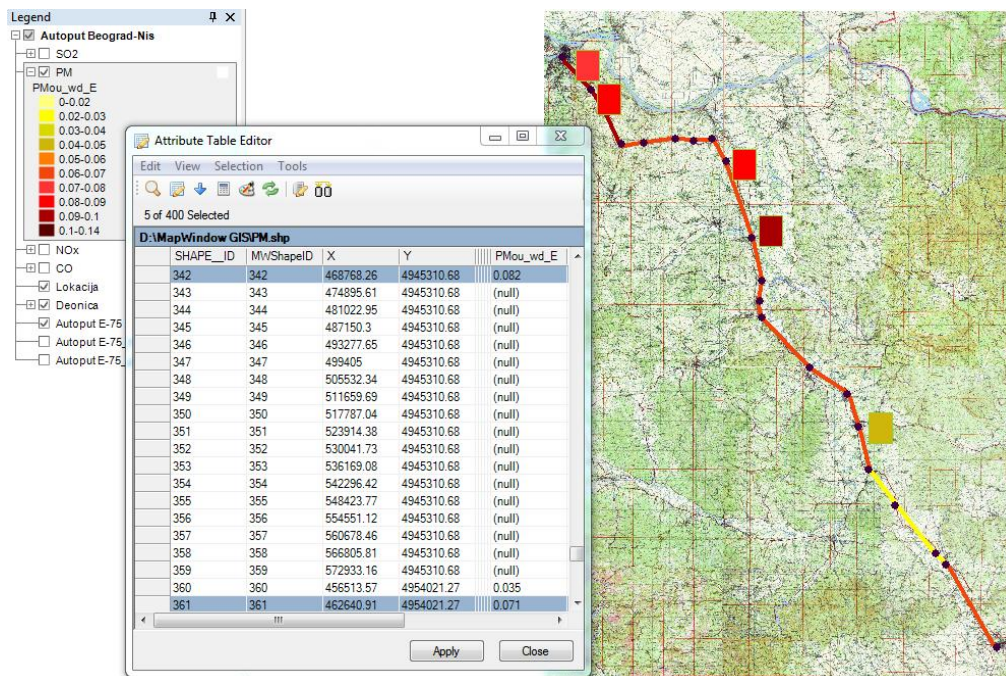


**Slika 7.37.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom PM većom od GVI u letnjem periodu uz prisutnost zapadnog vetra

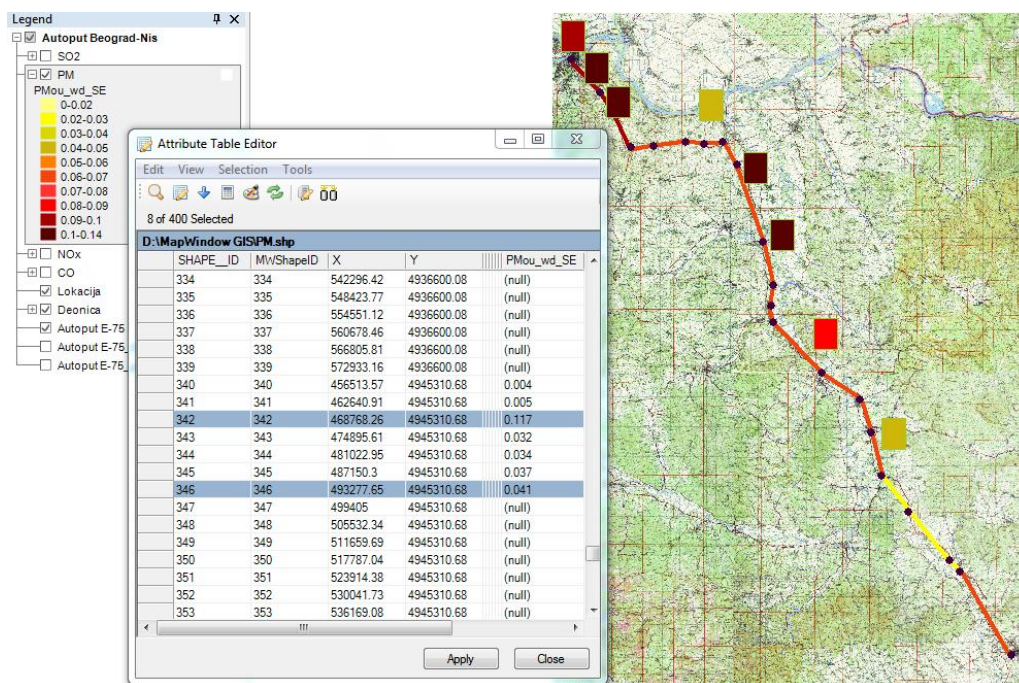


**Slika 7.38.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom PM većom od GVI u letnjem periodu uz prisutnost severozapadnog vetra

Na slikama 7.39 i 7.40 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija PM iznad  $0,04 \text{ mg/m}^3$  jer je simulacija rađena po času za jesenji period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $12,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $2,45 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.39 prikazano je mapiranje u slučaju istočnog vetra, a na slici 7.40 u slučaju jugoistočnog vetra.

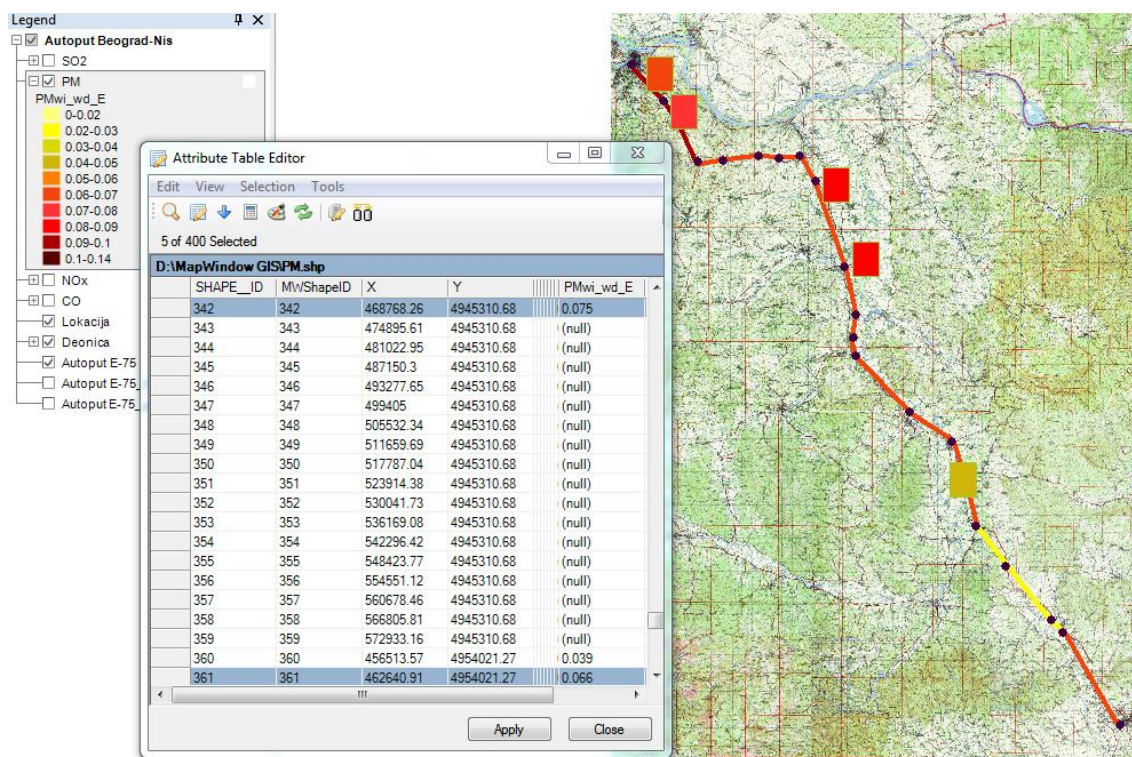


Slika 7.39. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom PM većom od GVI u jesenjem periodu uz prisutnost istočnog vetra

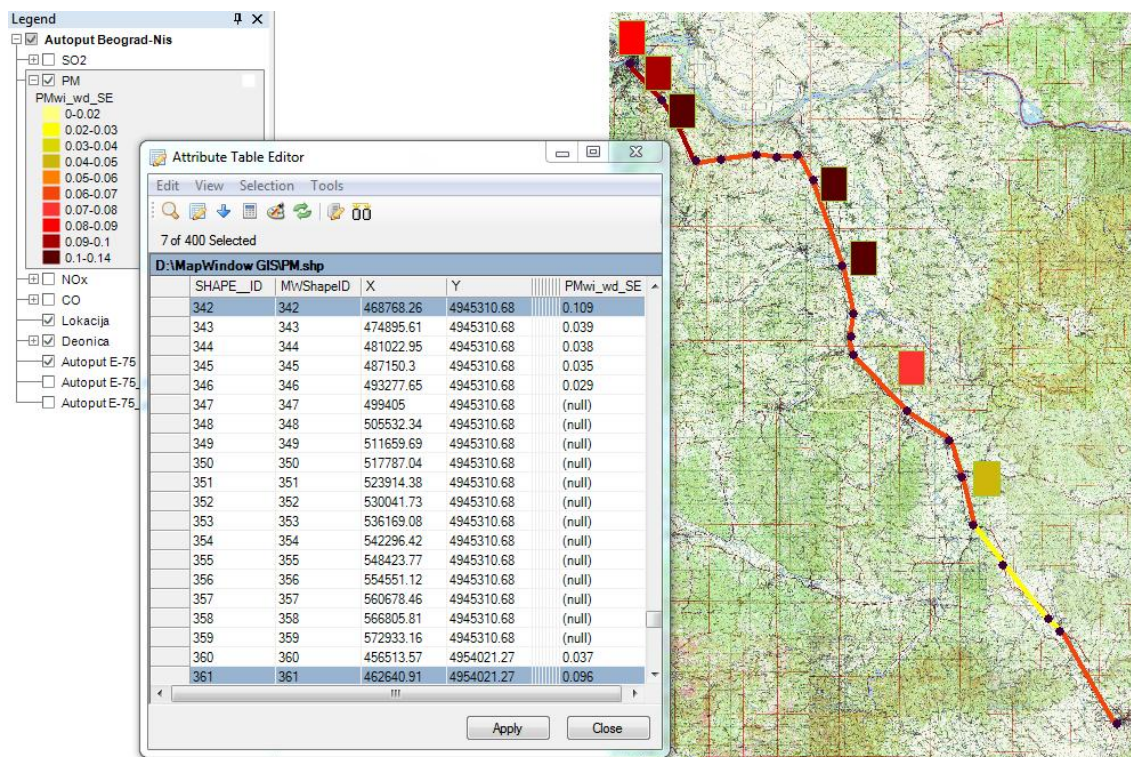


Slika 7.40. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom PM većom od GVI u jesenjem periodu uz prisutnost jugoistočnog vetra

Na slikama 7.41 i 7.42 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija PM iznad  $0,04 \text{ mg/m}^3$  jer je simulacija rađena po času za zimski period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $2,46 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $2,63 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.41 prikazano je mapiranje u slučaju istočnog vetra, a na slici 7.42 u slučaju jugoistočnog vetra.



**Slika 7.41.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom PM većom od GVI u zimskom periodu uz prisutnost istočnog vetra

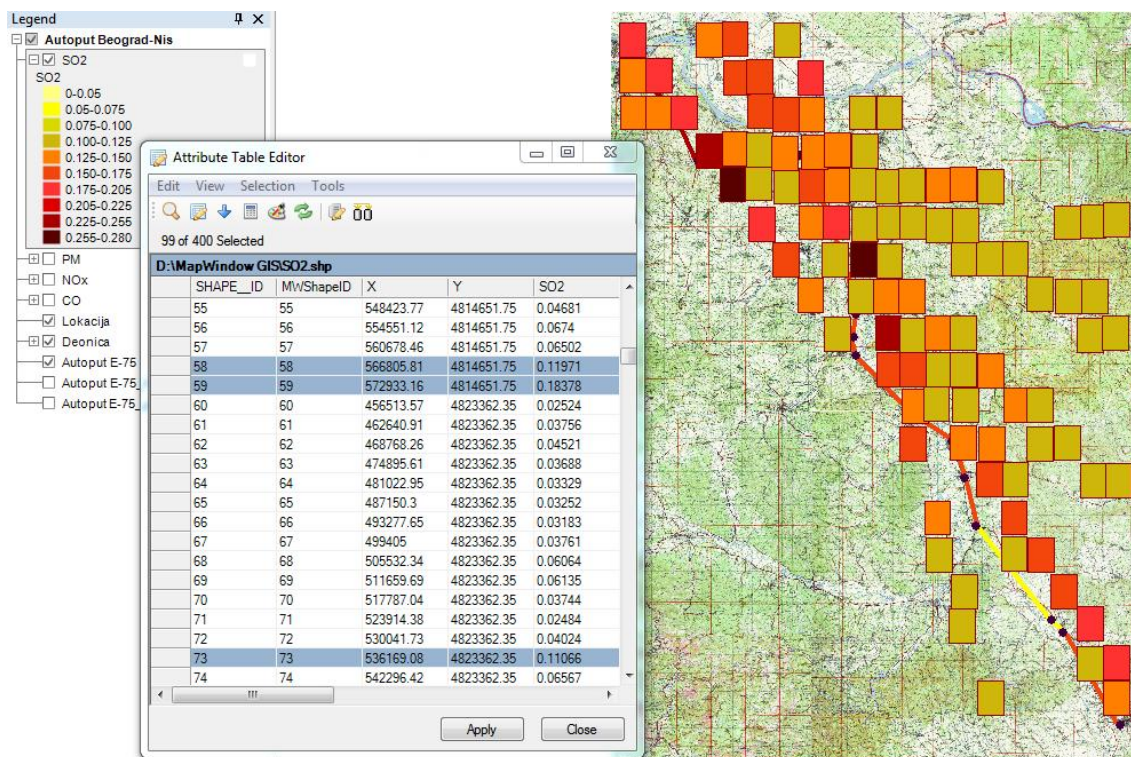


**Slika 7.42.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom PM većom od GVI u zimskom periodu uz prisutnost jugoistočnog vetra

Koncentracije NOx i PM, predstavljene na prethodnim slikama, najveće su u neposrednoj okolini deonice Batočina - Jagodina, u prolećnom i letnjem periodu, dok su u jesenjem i zimskom periodu najveće u neposrednoj okolini deonica Beograd – Transped, Tranšped – Vrčin, Požarevac – V. Plana i Batočina – Jagodina.

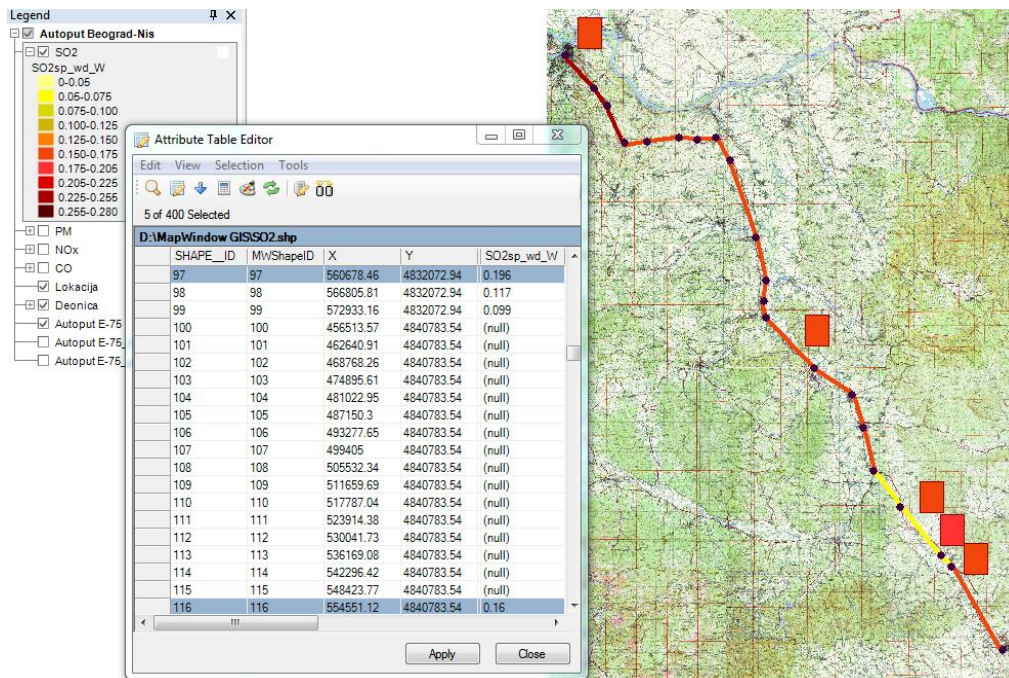
Sledeći korak je kreiranje upita za određivanje kritičnih gridova na kojima je emisija SO<sub>2</sub> iznad dozvoljene granice koja za 24 časa iznosi 0,1 mg/m<sup>3</sup>, a za 1 čas iznosi 0,15 mg/m<sup>3</sup>. Na slici 7.43 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija SO<sub>2</sub> iznad GVI, odnosno iznad 0,1 mg/m<sup>3</sup> u slučaju najlošijih meteoroloških uslova, pri čemu je proračun rađen za brzinu vetra veću ili jednaku 1 m/s, klasu stabilnosti 4, kao i za sve pravce vetrova od 0° do 360°.



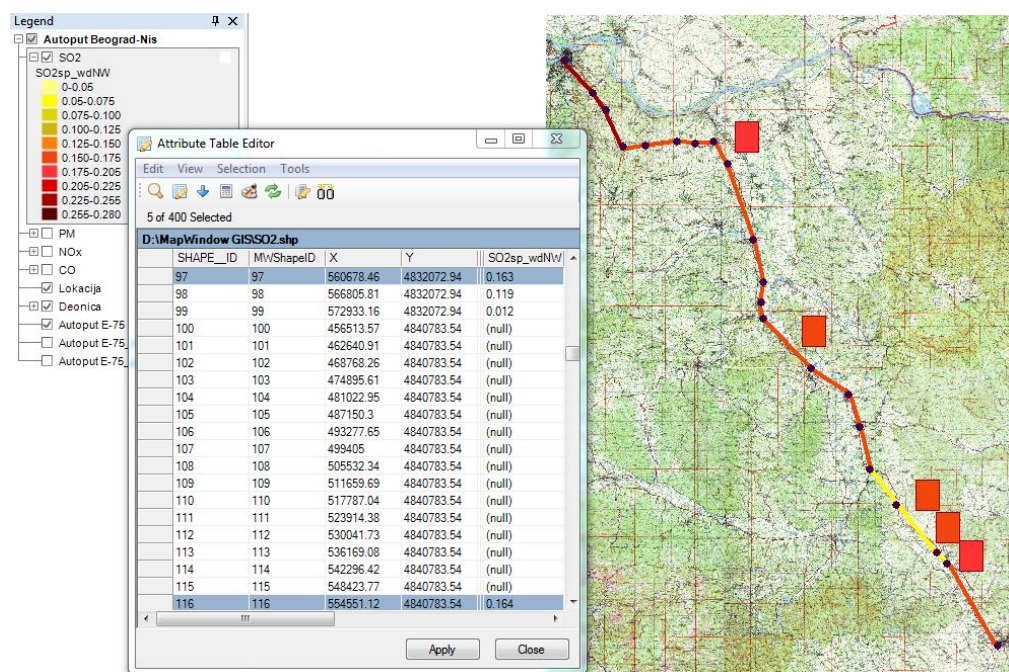


**Slika 7.43.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom SO<sub>2</sub> većom od GVI u slučaju najlošijih vremenskih parametara

Na slikama 7.44 i 7.45 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija SO<sub>2</sub> iznad 0,15 mg/m<sup>3</sup> jer je simulacija rađena po času za prolećni period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha 14,53 °C, prosečna brzina vetra 2,3 m/s, klasa stabilnosti 4, a receptori su na 1,5 m od površine zemlje. Na slici 7.44 prikazano je mapiranje u slučaju zapadnog vetra, a na slici 7.45 u slučaju severozapadnog vetra.

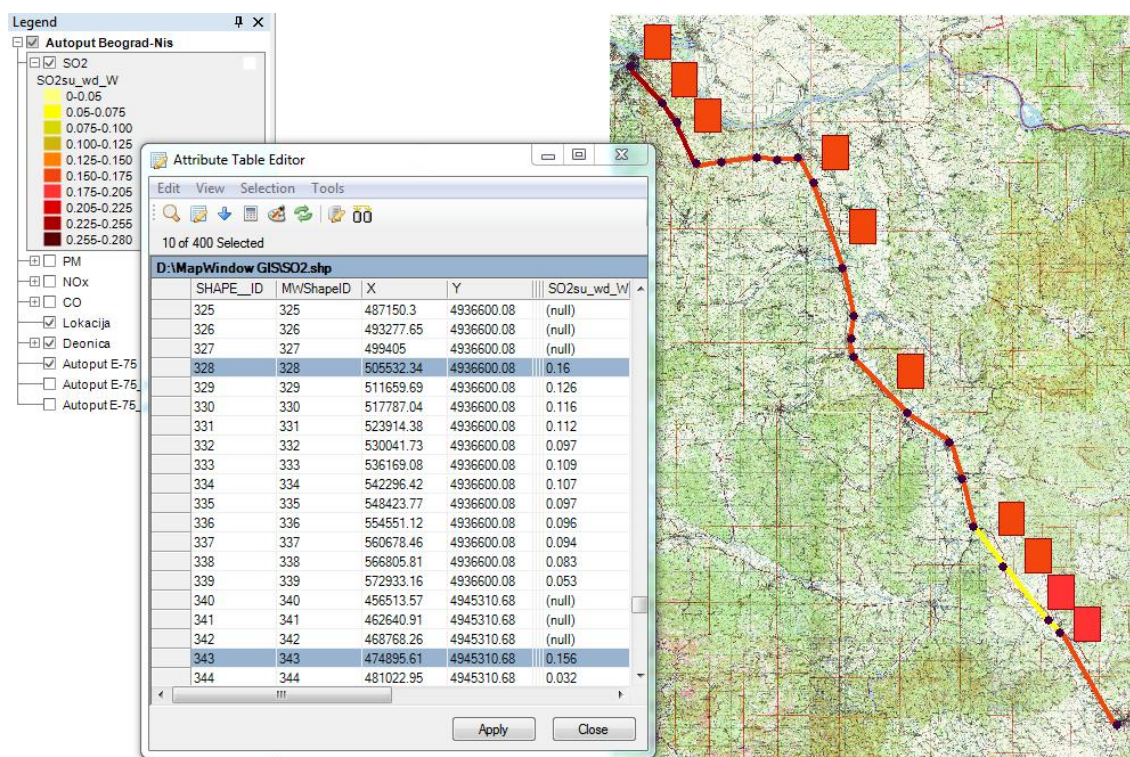


Slika 7.44. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom SO<sub>2</sub> većom od GVI u prolećnom periodu uz prisutnost zapadnog vetra

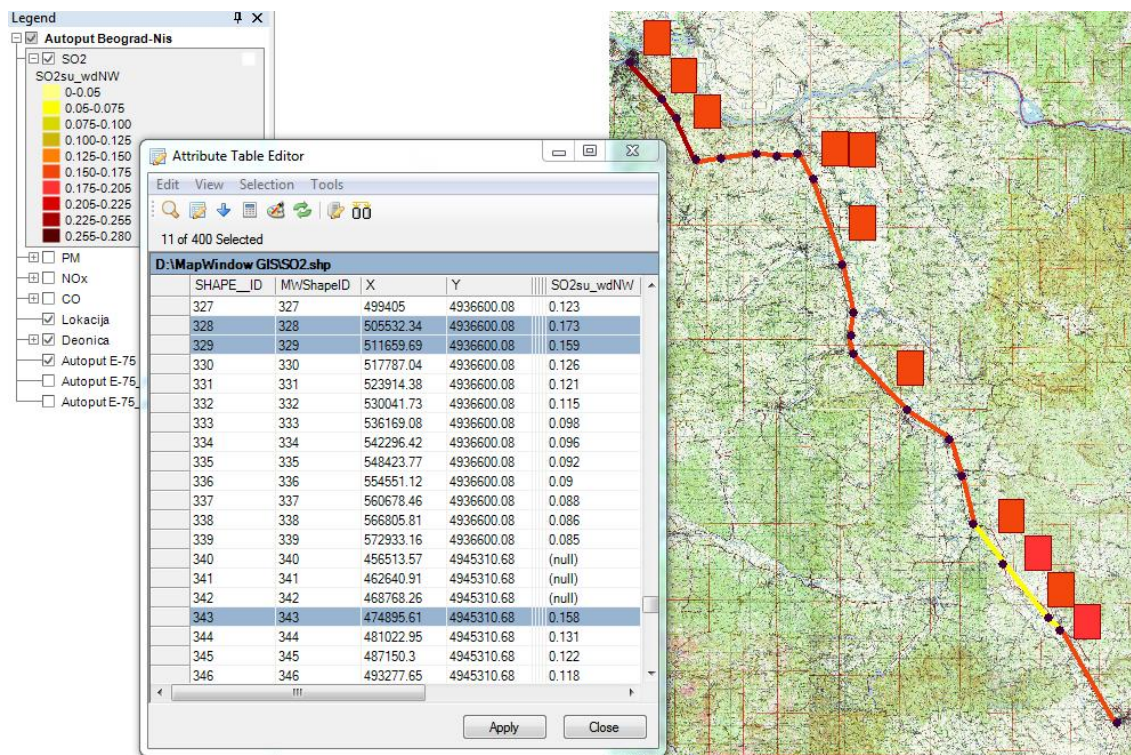


Slika 7.45. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom SO<sub>2</sub> većom od GVI u prolećnom periodu uz prisutnost severozapadnog vetra

Na slikama 7.46 i 7.47 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija SO<sub>2</sub> iznad 0,15 mg/m<sup>3</sup> jer je simulacija rađena po času za letnji period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha 23,07 °C, prosečna brzina vetra 1,9 m/s, klasa stabilnosti 4, a receptori su na 1,5 m od površine zemlje. Na slici 7.46 prikazano je mapiranje u slučaju zapadnog vetra, a na slici 7.47 u slučaju severozapadnog vetra.

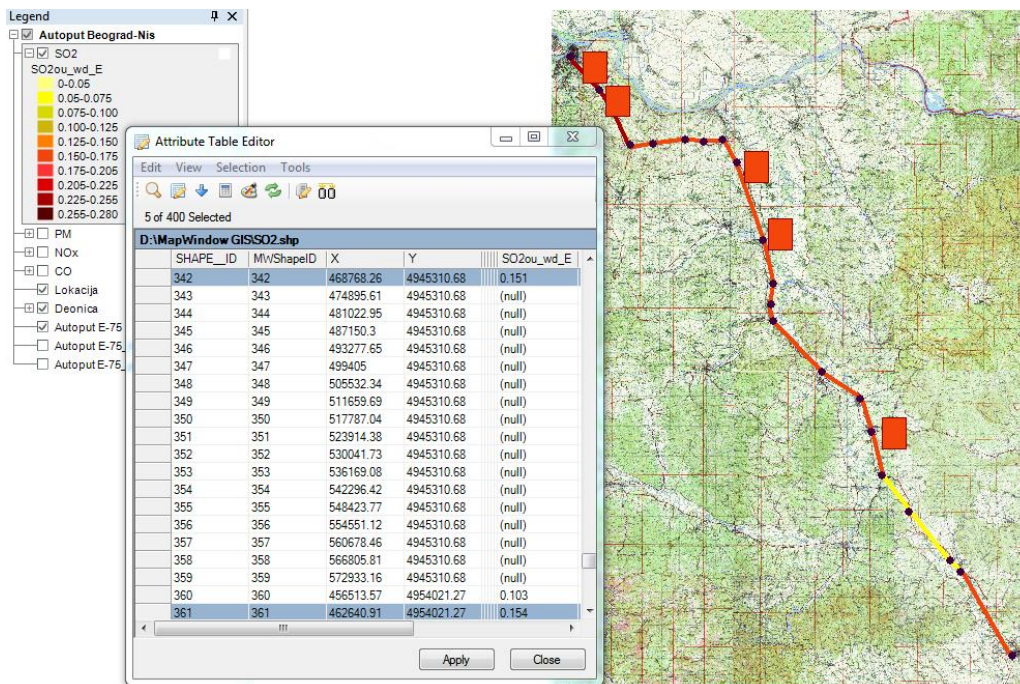


**Slika 7.46.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom SO<sub>2</sub> većom od GVI u letnjem periodu uz prisutnost zapadnog vetra

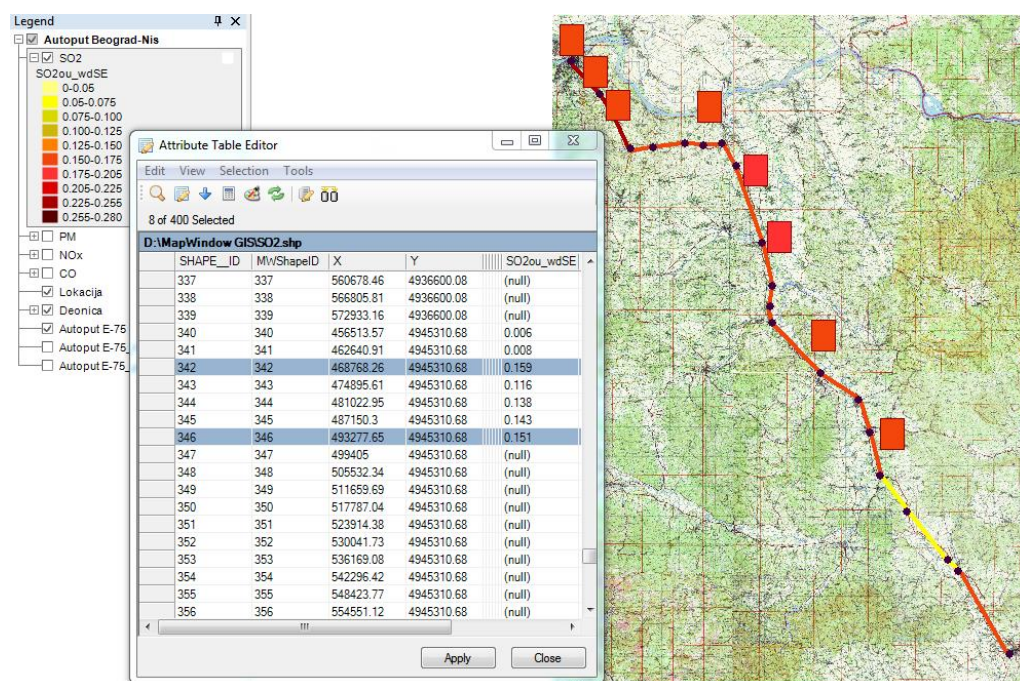


**Slika 7.47.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom  $\text{SO}_2$  većom od GVI u letnjem periodu uz prisutnost severozapadnog vetra

Na slikama 7.48 i 7.49 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija  $\text{SO}_2$  iznad  $0,15 \text{ mg/m}^3$  jer je simulacija rađena po času za jesenji period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha  $12,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , prosečna brzina vetra  $2,45 \text{ m/s}$ , klasa stabilnosti 4, a receptori su na  $1,5 \text{ m}$  od površine zemlje. Na slici 7.48 prikazano je mapiranje u slučaju istočnog vetra, a na slici 7.49 u slučaju jugoistočnog vetra.

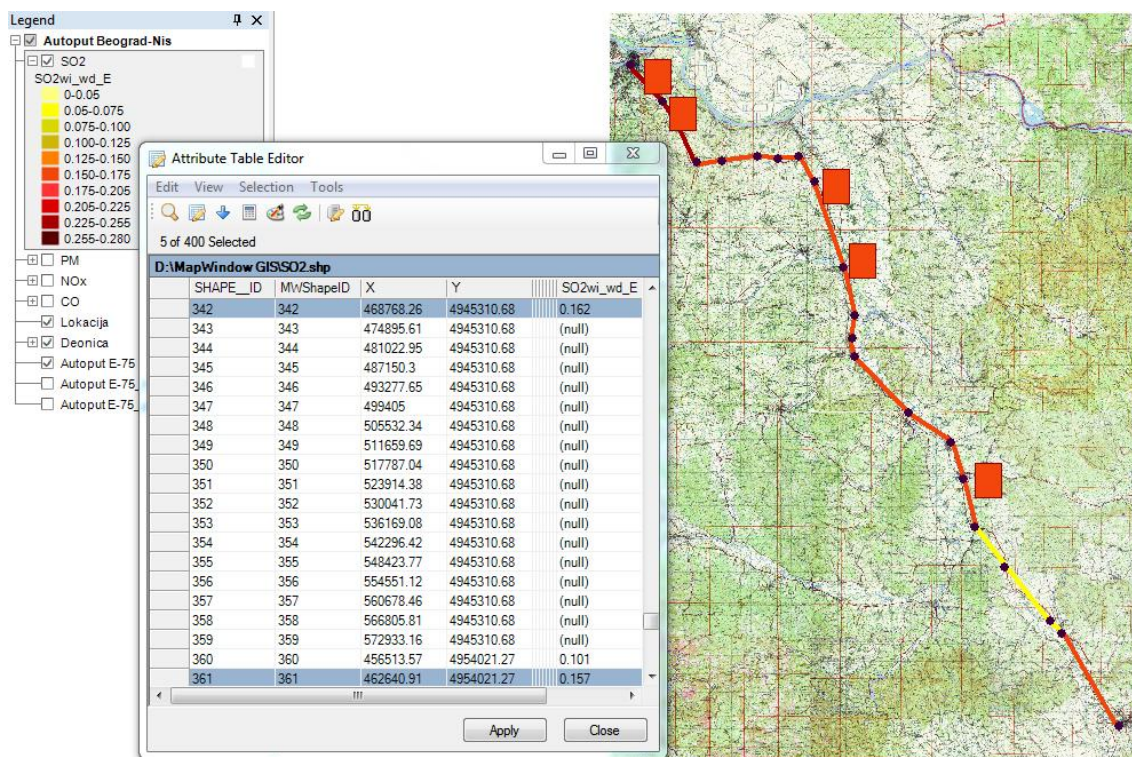


Slika 7.48. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom SO<sub>2</sub> većom od GVI u jesenjem periodu uz prisutnost istočnog vetra

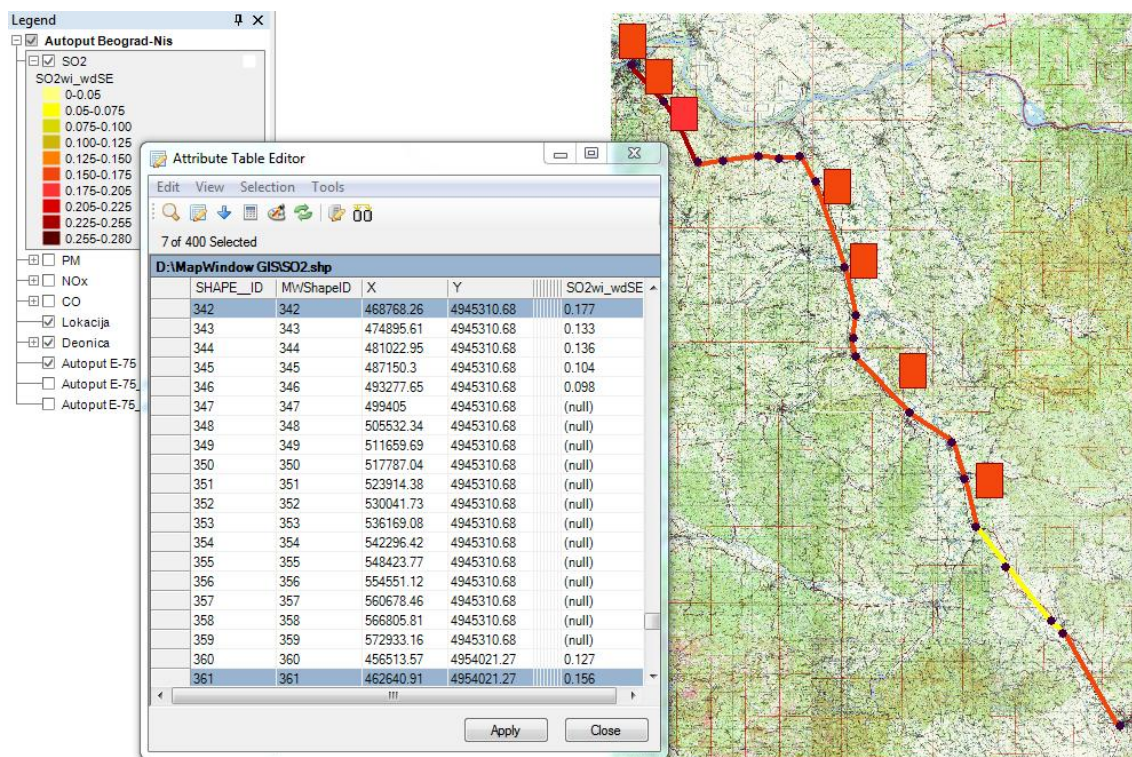


Slika 7.49. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom SO<sub>2</sub> većom od GVI u jesenjem periodu uz prisutnost jugoistočnog vetra

Na slikama 7.50 i 7.51 prikazano je mapiranje gridova na kojima je emisija SO<sub>2</sub> iznad 0,15 mg/m<sup>3</sup> jer je simulacija rađena po času za zimski period, pri čemu je prosečna temperatura vazduha 2,46 °C, prosečna brzina vetra 2,63 m/s, klasa stabilnosti 4, a receptori su na 1,5 m od površine zemlje. Na slici 7.50 prikazano je mapiranje u slučaju istočnog vetra, a na slici 7.51 u slučaju jugoistočnog vetra.



**Slika 7.50.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom SO<sub>2</sub> većom od GVI u zimskom periodu uz prisutnost istočnog vetra



**Slika 7.51.** Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom SO<sub>2</sub> većom od GVI u zimskom periodu uz prisutnost jugoistočnog vetra

Koncentracije SO<sub>2</sub> prikazane na slikama 7.44 i 7.45 najveće su u neposrednoj okolini deonice Smederevo – Požarevac i Aleksinac – Niš u prolećnoj sezoni. U letnjem periodu koncentracija SO<sub>2</sub> je najveća u neposrednoj okolini deonice Ražanj – Al. Rudnici i Aleksinac – Niš sekcijama (slike 7.46 i 7.47). U jesen koncentracija SO<sub>2</sub> (slike 7.48 i 7.49) je najveća u neposrednoj okolini deonice Požarevac – V. Plana, a zimi (slike 7.50 i 7.51) u neposrednoj okolini deonice Vrčin – M. Požarevac.

Rezultati prvog scenarija (najgori meteoroloških uslova), nakon primene svih potrebnih parametara za obračun, pokazali su da su koncentracije SO<sub>2</sub> i PM sa najvećim vrednostima na većem broju gridova, u odnosu na koncentracije druga dva polutanta, ali su koncentracije CO i NOx više rasprostranjene. Evidentno je i da je koncentracija svih ispitivanih polutanata najveća u oblasti oko deonice Požarevac - V. Plana.

Rezultati prikazani na prethodnim slikama, koji se odnose na drugi scenario, predstavljaju koncentracije CO, NOx, PM i SO<sub>2</sub>, koje su veće u letnjoj nego u prolećnoj sezoni, uzimajući u obzir severozapadni pravac vetra. Međutim, očigledno je da su

koncentracije tih polutanata veće u jesenjoj nego u zimskoj sezoni, uzimajući u obzir jugoistočni pravac vetra.

Na osnovu prethodno prikazanih slika na kojima su mapirani gridovi gde je registrovana emisija zagađujućih materija veća od dozvoljenih vrednosti može se zaključiti da je uticaj zadatih meteoroloških parametara na distribuciju emisije zagađujućih materija značajan.

### **7.3. Predlog mera za smanjenje zagađenosti vazduha na kritičnim gridovima**

Transport je veoma značajan i neophodan u savremenom društvu ali njegov sve veći intenzitet stvara i određene neželjene efekte. Saobraćajni zastoji u gradovima i u okolini glavnih saobraćajnica ugrožavaju životnu sredinu, a povećanje potrošnje goriva smanjuje efikasnost transportnog sistema jer utiče na smanjenje ekonomičnosti.

Negativan uticaj transporta sa aspekta životne sredine predstavlja, u prvom redu, zagađivanje vazduha. Svaki utrošeni litar fosilnog goriva sagorevanjem proizvede približno 100 g ugljen-monoksida; 20 g isparljivih organskih jedinjenja; 30 g azotnih oksida; 2,5 g ugljen-dioksida i mnogih drugih štetnih i otrovnih materija kao što su jedinjenja olova, sumpora i čvrste čestice. Sva ova jedinjenja u određenoj meri dovode do zagađenja vazduha, bilo direktnim uticajem na zdravlje ili globalno; na primer, pojačavanja efekta staklene bašte.

Da bi se smanjio negativan uticaj na životnu sredinu, uz istovremeni ekonomski i privredni rast, Evropska unija (EU) se obavezala da smanji emisiju zagađujućih materija i potrošnju energije koja potiče iz transporta. Da bi se to ostvarilo neophodno je sprovesti adekvatne mere, kao što su:

- bolje informisanje potrošača o kvalitetnijim gorivima u pogledu zaštite životne sredine;
- uticaj države na finansijske institucije u cilju obezbeđenja boljih kreditnih uslova za kupovinu savremenih vozila;
- usklađivanje naših standarda sa standardima svih država članica EU;
- uvođenje strožijih propisa u pogledu kvaliteta vazduha;



- uvođenje rigoroznije kontrole tehničke ispravnosti vozila;
- sprovođenje istraživanja o emisionim faktorima vozila;
- formiranje jedinstvene baze podataka o karakteristikama vozila i emisionim faktorima, kao i o protoku vozila na svim magistralnim i regionalnim putevima.

## 8. ZAKLJUČAK

Put Beograd – Niš je deo autoputa E-75. Ovaj put nema oštarih krivina, odnosno pogodan je za brzine od najmanje 80 km/h, ima četiri vozne trake, dve zaustavne trake, dve ivične trake, jednu razdelnu traku i dve zemljane bankine, čime ispunjava tehničke karakteristike autoputa. Kapacitet saobraćaja na ovom putu je veliki i zbog toga su izbegnute saobraćajne gužve, odnosno ne prolazi se kroz naseljena mesta, već u njihovoj blizini, što je još jedna od karakteristika koja ukazuje na činjenicu da je taj model saobraćaja karakterističan za autoputeve. Takođe, može se konstatovati da se radi o makroskopskom modelu saobraćaja koji je karakterističan za veća područja, odnosno države ili regije. Ispitivanjem hipoteze  $H_1$  došlo se do zaključka da navedene karakteristike saobraćaja odgovaraju makroskopskom modelu saobraćaja, odnosno modelu koji je karakterističan za autoputeve, kao što je i analizirani autoput Beograd – Niš; time je postavljena hipoteza  $H_1$  i dokazana.

Podaci koji su prikazani u petom poglavlju pokazuju koliko je učešće pojedinih kategorija vozila u protoku saobraćaja na autoputu Beograd – Niš, odnosno na deonicama ovog autoputa (tabele 5.1–5.20). U zavisnosti od učešća određenih kategorija vozila zavisi i potrošnja goriva. Naime, na deonicama na kojima je veće učešće putničkih vozila sa pogonom na benzin veća je potrošnja benzina, a na deonicama na kojima je veće učešće teških teretnih vozila, kao i drugih kategorija vozila sa pogonom na dizel–gorivo veća je potrošnja dizel–goriva, što se može videti u tabeli 5.21 i na slici 5.1, gde je najveća potrošnja benzina i LPG na deonici Beograd – Tranšped, a dizel–goriva na deonici Požarevac – V. Plana.

Na osnovu rezultata o ukupnoj emisiji zagađujućih materija, može se zaključiti da je ukupna emisija zagađujućih materija najveća na deonici Požarevac – V. Plana, dok se na osnovu podataka o ukupnoj emisiji zagađujućih materija prema izvorima zagađenja može zapaziti da najveća ukupna emisija zagađujućih materija potiče iz putničkih vozila i teških teretnih vozila. Tako se na kraju može zaključiti da tokovi saobraćaja i kompozicija vozila utiču na model emisije zagađujućih materija; time je i hipoteza  $H_2$  dokazana.

U šestom poglavlju prikazana je simulacija distribucije emitovanih zagađujućih materija u slučaju najlošijih meteoroloških uslova. Najlošiji meteorološki uslovi

podrazumevaju proračun disperzije u odnosu na brzinu vetra veću ili jednaku 1 m/s, veću klasu stabilnosti (odnosno, klasu stabilnosti koja po Paskalu može biti u jedinicama od 1 do 6), koja u ovom istraživanju iznosi najmanje 4. Takođe, u obzir su uzeti svi pravci vetrova, od 0° do 360°. Pored ispitivanja modela disperzije pri najboljim meteorološkim uslovima, proračun je rađen i za sva četiri godišnja doba, kada je uzimana prosečna temperatura vazduha za svaki period, zatim prosečna brzina vetra, kao i četiri pravca vetra karakteristična za te vremenske periode. Naime, za prolećni i letnji period ispitivan je uticaj zapadnog i severozapadnog vetra, a za jesenji i zimski, uticaj istočnog i jugoistočnog vetra. Upoređivanjem dobijenih rezultata može se zaključiti da rezultati emisije i meteorološki parametri utiču na model disperzije zagađujućih materija; time je i hipoteza  $H_3$  dokazana.

U sedmom poglavlju prikazana je primena GIS modela u kontrolnoj strategiji monitoringa zagađujućih materija u drumskom saobraćaju. Kreiranjem upita dobijeni su precizni podaci koji su prikazani na dva načina: tabelarno i grafički. Naime, u dobijenim tabelama markirani su redovi, a na mapi su markirana kritična područja, odnosno gridovi na kojima su emisije zagađujućih materija bile iznad granica dozvoljenih vrednosti. Takođe, klikom na bilo koji kritičan, odnosno markiran grid, dobija se kompletna informacija o tom području. Prema tome, korisnik ovog modela dobija jasniji uvid u dobijeno rešenje zadatog upita što je još jedan dokaz da je GIS najpogodniji za određivanje kontrolnih gridova na kojima treba smanjiti zagađenje; time je i hipoteza  $H_4$  dokazana.

Cilj upotrebe GIS modela je predobrada i postobrada podataka koji se unose u GIS bazu podataka koja se uvek može dopunjavati i menjati, kao i grafičko prikazivanje (na lejerima) entiteta, odnosno objekata koji su predmet istraživanja i analize. Takođe, osnovna funkcija GIS modela je prezentovanje rezultata koji se dobijaju na osnovu postavljenih upita. Za razliku od drugih modela, GIS podatke prikazuje na mapi markirajući kritične oblasti što nadležnim organima pruža mogućnost da brže reaguju u preduzimanju adekvatnih mera zaštite životne sredine. Tako je primenom GIS-a moguće izvršiti unapređenje procesa kontrole ukupne emisije zagađujućih materija u drumskom saobraćaju; time je dokazana i osnovna hipoteza  $H_0$ .

Primena geografskog informacionog sistema u ovom radu ukazala je na mnoge koristi koje ovaj sistem pruža korisniku; pre svega, omogućava grafičku prezentaciju

prostornih objekata na osnovu njihovih atributa, odnosno upravljanje setom atributnih podataka koji se mogu preklasifikovati i integrisati. Među najznačajnijim dostignućima GIS-a je njegova sposobnost da obezbedi modele predviđanja i funkcije koje se bave skladištenim podacima. GIS analiza omogućava lociranje mesta na kome i zbog čega se pojave dešavaju. Naime, pojavljivanje slučaja se može analizirati na osnovu njihovih međusobnih veza. To omogućava topološka struktura GIS-a što je ponekad prednost za dobijanje nedostupnih informacija koje su izvedene iz postojećih.

Na teritoriji Republike Srbije nije realizovano istraživanje u cilju određivanja kontrolne strategije ukupne emisije zagađujućih materija koje potiču iz drumskog saobraćaja. Sprovedena su samo parcijalna, ograničena istraživanja u toj oblasti, koja daju samo podatke o emisiji. Rezultati istraživanja predloženi u ovoj disertaciji pokazuju da je primena ovog GIS modela u kontrolnoj strategiji monitoringa ukupne emisije polutanata u drumskom saobraćaju veoma značajna. Kontrolisanje ukupne emisije štetnih supstanci iz izvora zagađenja uz primenu GIS-a znatno je efikasnije. Naime, upotrebom GIS-a dobijaju se vidljivi rezultati (prikazani grafički na mapi) tako da se može brže reagovati u rešavanju evidentiranih problema.

Imajući u vidu navedene činjenice, buduća istraživanja biće vezana za primenu ovog modela u kontrolisanju emisije zagađujućih materija u naseljenim mestima koja imaju probleme sa zagušenjem saobraćaja. Takođe, u planu je primena ovog modela, uz određene modifikacije, u kontrolisanju emisije zagađujućih materija na svim magistralnim i regionalnim putevima Republike Srbije.

## LITERATURA

- Aleksić D. (2008). Elementi održavanja autoputeva i smanjenja emisije ugljendioksida u oceni ekonomske opravdanosti uvođenja multimodalne Tehnologije A (magistarska teza). Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- Aleksić D., Vesković S., Marković M., Tanackov I., Milinković S., Pavlović N., Mijailović R. (2009). Mogućnosti primene RoLa tehnologije na delu Koridora X kroz Srbiju u cilju smanjenja emisije CO<sub>2</sub>. *Ecologica*, 16(54), 241-248.
- AQRoads – User's Guide, Version December 2004, Environware, Environmental Consulting.
- Benson P. E. (1979). CALINE3 – A Versatile Dispersion Model for Predicting Air Pollutant Levels Near Highways and Arterial Streets, Office of Transportation Laboratory, California Department of Transportation, Abridgement of: Report No. FHWA/CA/TL-79/23, Interim Report.
- Bhanarkar A.D., Rao P.S., Gajghate D.G., Nema P. (2005). Inventory of SO<sub>2</sub>, PM and toxic metals emissions from industrial sources in Greater Mumbai, India. *Atmospheric Environment*, 39, 3851-3864.
- Brundtlandova komisija, Naša zajednička budućnost (Our Common Future), Završni izveštaj Brundtlandove komisije, WCED, 1987.
- Chak K. C, Xiaohong Y. (2008). Air pollution in mega cities in China. *Atmospheric environment*, 42, 1-42.
- Coelho M.C., Frey H.C., Roupail N.M., Zhai H., Pelkmans L. (2009). Assessing methods for comparing emissions from gasoline and diesel light-duty vehicles based on microscale measurements. *Transportation Research Part D*, 14, 91-99.
- Čekerevac Z., Anđelić S., Glumac S., Dragović N. (2010). Savremene tendencije primene GIS tehnologija. Međunarodna naučna konferencija MENADŽMENT; 531-538.
- Dalvi M., Beig G., Patil U., Kaginalkar A., Sharma C., Mitra A.P. (2006). A GIS based methodology for gridding of large-scale emission inventories: Application to carbon-monoxide emissions over Indian region. *Atmospheric Environment*; 40, 2995-3007.

- De Kluizenaar Y., Aherne J., Farrell E.P. (2001). Modeling the spatial distribution of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions in Ireland. *Environmental Pollution*, 112, 171-182.
- Dijkema M.B.A., van der Zee S.C., Brunekreef B., van Strien R.T. (2008). Air quality effects of an urban highway speed limit reduction. *Atmospheric Environment*; 45, 9098-9105.
- Ekonomski aspekt saobraćaja i transporta-osnovni pojmovi.  
URL:[http://uvodutransport.info/ust\\_materijali/2.%20Saobracajna%20geografija%20-%20prostorni%20aspekt%20saobracaja%20i%20transporta.pdf](http://uvodutransport.info/ust_materijali/2.%20Saobracajna%20geografija%20-%20prostorni%20aspekt%20saobracaja%20i%20transporta.pdf) (23.12.2010.)
- Fedra K. (1999). Urban environmental management: monitoring, GIS, and modeling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 23, 443-457.
- Generalni Master plan saobraćaja u Srbiji, br. 05SER01/04/016, Republika Srbija, Završni izveštaj – Aneks I: Drumski saobraćaj, oktobar 2009.
- Goncalves M., Jimenez-Guerrero P., Lopez E., Baldasano J. M. (2008). Air quality models sensitivity to on-road traffic speed representation: Effects on air quality of 80 kmh<sup>-1</sup> speed limit in the Barcelona Metropolitan area. *Atmospheric environment*, 42, 8389-8402.
- Gualtieri G., Tartaglia M. (1998). Predicting urban traffic air pollution: A GIS framework. *Transportation Research – D*, Vol. 3, No.5, pp. 329-336.
- Gurjar B.R., Butler T.M., Lawrence M.G., Lelieveld J. (2008). Evaluation of emissions and air quality in megacities. *Atmospheric environment*; 42, 1593-1606.
- Institut Saobraćajnog fakulteta, rukovodilac projekta: Papić V. (2010). Određivanje količina emitovanih gasovitih zagađujućih materija poreklom od drumskog saobraćaja primenom COPERT IV modela Evropske agencije za životnu sredinu. Beograd.
- JP „Putevi Srbije” (2009). Elektronska publikacija: Brojanje saobraćaja na putevima Republike Srbije u 2009. godini.
- Javni putevi Srbije, Koridor X (2009). Idejni projekat autoputa E-75, NIŠ-GRANICA BJRM, deonica: Grabovica-granica BJRM. Izveštaj o zaštiti životne sredine, Finalna verzija.
- Jovanović V., Milovanović B., Živković P. (2005). Analiza ekološkog uticaja autobusnog pod sistema JMTR u Beogradu sa aspekta aerozagađenja, Tematski zbornik „Zaštita vazduha”, Beograd, 37-41.

- Jović Jadranka, Podloga za predavanje iz primene GIS-a, 2008, *GIS i planiranje*.  
URL:<http://www.scribd.com/doc/6815390/GISiplaniranje> (16.07.2011.)
- Kampa M., Castanas E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 151(2), 362-367.
- Klima Srbije, 2008.  
URL:<http://www.polj.uns.ac.rs/Meteorologija/Klima%20Srbije1.ppt> (15.01.2011.)
- Kolomejceva–Jovanović L. (2010). Hemija i zaštita životne sredine – Ekološka hemija. Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd.
- Konsolidou M., Ntyiachristos L., Mellios G., Samaras Z. (2008). Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments. *Atmospheric Environment*, 42, 7465-7475.
- Lyons T.J., Kenworthy J.R., Moy C., dos Santos F. (2003). An international urban air pollution model for the transportation sector. *Transportation Research Part D*, 8, 159-167.
- Macias A., Gadzinski J. (2013). Assessment of road transport environmental impact as illustrated by a metropolitan area. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (6), 1749-1758.
- Manahan S. (2007). *Environmental Chemistry*. Lewis Publishers.
- Manojlović A.V., Papić V.D., Filipović S.M., Jovanović V.D. (2011). Fleet renewal: An approach to achieve sustainable road transport. *Thermal Science*, Vol. 15(4), 1223-1236.
- Matejiček L., Engst P., Janour Z. (2006). A GIS-based approach to spatio-temporal analysis of environmental pollution in urban areas: A case study of Prague's environment extended by LIDAR data. *Ecological modeling*, 199, 261-277.
- O'Donoghue R.T., Broderick B.M., Delaney K. (2007). Assessing the impacts of infrastructural road changes on air quality: A case study. *Transportation Research Part D*, 12, 529-536.
- OECD (2002). *Guidelines Towards Environmentally Sustainable Transport*.
- Omega consult, *Saobraćajno planiranje*.  
URL: <http://www.omegaconsult.si/mne/index.php?id=static&nav1=2&nav2=9>  
(12.01.2011.)

- Pavlović Dejan, *Geografski informacioni sistem (GIS) – uloga i značaj implementacije u nacionalnom parku Đerdap*.  
URL: <http://www.npdjerdap.org/publikacije/gis.pdf> (12.01.2011.)
- Perković Dario, Osnove geoinformatike, 2010, *Povjesni razvoj kartografije i GIS-a*.  
URL: [http://rgn.hr/~dperko/nids\\_dperkovic/predavanja/03\\_Povjesni\\_razvoj\\_kartografije\\_i\\_GIS-a\\_09062010.pdf](http://rgn.hr/~dperko/nids_dperkovic/predavanja/03_Povjesni_razvoj_kartografije_i_GIS-a_09062010.pdf) (23.10.2010)
- Perković Dario, Osnove geoinformatike, 2010, *Značajke GIS-a*.  
URL: [http://rgn.hr/~dperko/nids\\_dperkovic/predavanja/04\\_Znacajke\\_GIS-a\\_10062010.pdf](http://rgn.hr/~dperko/nids_dperkovic/predavanja/04_Znacajke_GIS-a_10062010.pdf) (23.10.2010)
- Potoglou D., Kauaroglou P.S. (2005). Carbon monoxide emissions from passenger vehicles: predictive mapping with application to Hamilton, Canada. *Transportation research, part D*. 10, 97-109.
- Radenković B., Stanojević M., Marković A. (1999). Računarska simulacija, FON, Beograd.
- Rapone M., Della Ragione L., Meccariello G. (2008). An integrated knowledge base for modeling and predicting vehicle real-world emissions as a function of driving behaviour kinematics. *Journal of Computing and Information Technology*, 16, 279-286.
- Republika Srbija, Državni putevi I i II reda.  
URL: [http://www.putevi-srbije.rs/pdf/Serbia\\_main\\_and\\_regional\\_road.pdf](http://www.putevi-srbije.rs/pdf/Serbia_main_and_regional_road.pdf) (15.01.2011.)
- Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod, 2010, Meteorološki godišnjak 1, *Klimatološki podaci 2009*.  
URL: [http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo\\_godisnjaci/Meteoroloski\\_godisnjak\\_1\\_klimatoloski\\_podaci\\_-\\_2009.pdf](http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo_godisnjaci/Meteoroloski_godisnjak_1_klimatoloski_podaci_-_2009.pdf) (23.12.2010.)
- Reynolds A.W., Broderick B.M. (2000). Development of an emission inventory model for mobile sources. *Transportation Research Part D*. 5, 77-101.
- Richards M., Ghanem M., Osmond M., Guo Y., Hassard J. (2006). Grid-based analysis of air pollution data. *Ecological Modelling*, 194, 274-286.
- Road transport GB 2009.



URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1.a.3.b-road-transport-gb2009-update.pdf> (10.06.2014.)

Rudarsko-geološki fakultet, predavanja, 2001, *Georeferenciranje*.

URL:[http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/GO/VIII%20semestar/GIS%20aplikacija%20u%20geologiji/Predavanja/GIS2010\\_5.ppt](http://www.rgf.bg.ac.rs/predmet/GO/VIII%20semestar/GIS%20aplikacija%20u%20geologiji/Predavanja/GIS2010_5.ppt) (16.07.2011.)

Sabapathy A. (2008). Air quality outcomes of fuel quality and vehicular technology improvements in Bangalore city, India. *Transportation Research Part D*, 13, 449-454.

Singer B. C., Harley R.A. (2000). A fuel-based inventory of motor vehicle exhaust emissions in the Los Angeles area during summer 1997. *Atmospheric Environment*, 34, 1783-1795.

Sjodin A., Jerksjo M. (2008). Evaluation of European Road Transport emission models against on-road emission data as measured by optical remote sensing. 17<sup>th</sup> International Conference "Transport and Air Pollution", Graz.

Službeni glasnik RS, br. 54/2010 i 69/2010

Službeni glasnik RS, br.19/2006

Službeni glasnik RS, br.30/99

Službeni glasnik RS, br.54/92

Službeni glasnik RS, br.69/03

Smith R., Smokers, R., Rabe E. (2007). A new modeling approach for road traffic emissions: VERSIT+LD. *Transportation Research Part D*, 12, 414-422.

Stefanović A. (2010). *Drumska vozila: osnovi konstrukcije*. Univerzitetski udžbenik, Centar za motore i motorna vozila Mašinskog fakulteta u Nišu, Centar za bezbednost saobraćaja Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, ISBN 978-86-6055-005-9 (CMMVMF).

Swietlik R., Strzelecka M., Trojanowska M. (2013). Evaluation of traffic-related heavy metals emissions using noise barrier road dust analysis. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (2), 561-567.

Topografske karte Republike Srbije u razmeri 1:100000.

URL: [http://mapy.mk.cvut.cz/data/Yugoslavia/Serbia/Serbia\\_topo\\_1.100000](http://mapy.mk.cvut.cz/data/Yugoslavia/Serbia/Serbia_topo_1.100000) (23.10.2010.)

- Travassos M.A., Sa A.I., Luz P.P., Rangel C.M. (2008). Environmental impact of road transport in Portugal and effects of hydrogen technologies penetration. Proceedings International Workshop, Advances in Fuel Cells and the Hydrogen Economy, Polo Tecnologico, Luminar. Lisboa, Portugal, 47-48.
- Turalioğlu F.S. (2005). An assessment on variation of sulfur dioxide and particulate matter in Erzurum (Turkey). Environmental Monitoring and Assessment, 104, 119–130.
- Venkatram A., Isakov V., Thoma E., Baldauf R. (2007). Analysis of air quality data near road ways using a dispersion model. Atmospheric Environment. 41, 9483-9497.
- Viennean D., de Hoogh K., Briggs D. (2009) A GIS-based method for modelling air pollution on exposures across Europe. Science of the Total Environment, 408, 255-266.
- Vikipedija, Evropski put E-75.  
URL:[http://sr.wikipedia.org/wiki/Evropski\\_put\\_E75](http://sr.wikipedia.org/wiki/Evropski_put_E75) (23.10.2010)
- Vuković M., Štrbac N. (2011). Zaštita životne sredine i održivi razvoj (monografija nacionalnog značaja). Tehnički fakultet Bor, Bor.
- Zrnić Đ. (1985). Simulacija procesa unutrašnjeg transporta. Mašinski fakultet, Beograd.

## BIOGRAFIJA



Ivana Ilić rođena je 28.maja 1976. godine u Boru; u rodnom gradu je završila osnovnu školu i Ekonomsko–trgovinsku školu. Diplomirala je na Tehničkom fakultetu u Boru 2006. godine. Master akademske studije završila je na istom fakultetu sa prosečnom ocenom 9,33 i stekla zvanje: diplomirani inženjer industrijskog menadžmenta – master. Doktorske akademske studije, na Tehničkom fakultetu u Boru, na studijskom programu Inženjerski menadžment, upisala je školske 2007/2008. godine.

Posедуje i radno iskustvo. Radila je kao ekonomista u dve firme od 2001. do 2007. godine, a od 2008. do 2011. godine kao asistent na Tehničkom fakultetu u Boru, na predmetima: „Operaciona istraživanja I i II”, „Elektronsko poslovanje” i „Proizvodni sistemi”.

Autor je radova objavljenih u međunarodnim časopisima sa SCI-JCR liste, od čega je jedan proistekao iz disertacije. Takođe, ima i veći broj radova saopštenih na međunarodnim i nacionalnim skupovima. Učestvovala je i u realizaciji projekta br. II/7-1154: „Uzorci zagađivanja i analize vode reke Timok od Zaječara do ušća u Dunav”; koji je finansiralo Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede – Republička direkcija za vode, 2010. godine.

## Spisak saopštenih i objavljenih radova

### - Radovi u međunarodnim časopisima

(kategorisani prema SCI listi)

(M-22)

1. Dejan Bogdanović, Đorđe Nikolić, **Ivana Ilić**, Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method, *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* (2012), 84 (1), 219-233, ISSN - 0001-3765. (SCI – IF = **0.851(2012) 23/56; M-22**)

(M-23)

1. **Ivana Ilić**, Milovan Vuković, Nada Štrbac, Snežana Urošević, The application of GIS in controlling air pollutants originated from transportation: A case study of Belgrade – Niš highway, *Polish Journal of Environmental Studies* (2014), ISSN – 1230-1485. (*in press*) (SCI – IF = **0.462 (2012) 195/210; M-23**)
2. **Ivana Ilić**, Dragana Živković, Nenad Vušović, Dejan Bogdanović, Optimizing the SO<sub>2</sub> total emission control strategy: case study-Bor (Serbia), *Environmental monitoring and assessment*, (2010), 169 (1-4), 587-596, ISSN – 0167-6369. (SCI – IF = **1.436 (2010) 106/193; M-23**)

### - Saopštenja na međunarodnim skupovima

(štampano u celini)

(M-33)

1. Dejan Bogdanović, **Ivana Ilić**, Dragiša Stanujkić, Mining method selection by combined AHP and MCDM under uncertainty methodology, The 42nd International October Conference on Mining and Metallurgy (IOC 2010), Kladovo, Serbia, (2010), pp 372-376 ,ISBN 978-86-80987-79-8.
2. Velizar Stanković, **Ivana Ilić**, Dragana Živković, Milan Antonijević, Grozdanka Bogdanović, Branko Nikolić, Vesna Nikolić i Dijana Miljković; Loading of the Timok river with heavy metal ions; XV International Eco-conference, Novi Sad, Serbia (2011), pp 167-173, ISBN 978-86-83177-44-8.

3. Vesna Nikolić, Dragana Milovanović, Branislav Nikolić, **Ivana Ilić**, Dalibor Marinković, *Deponije na obalama Timoka od Zaječara do ušća u Dunav*, Međunarodna naučna konferencija "Održivi razvoj u funkciji zaštite životne sredina", Beograd, Srbija, (2011), knjiga apstrakata.

*(štampano u izvodu)*

*(M-34)*

1. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, Zvonko Damnjanović, Razvoj informacionih sistema Borprevoza – potreba savremenog poslovanja, XI Naučno-stručni skup – informacione tehnologije – sadašnjost i budućnost, Žabljak, Crna Gora, (2006), CD Zbornik radova IT'06.
2. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, Zvonko Damnjanović, Skladišta podataka kao sistem za podršku odlučivanju, Međunarodni naučno-stručni skup INFOTEH'06, Jahorina, Istočno Sarajevo, BIH, (2006), CD Zbornik radova, ISBN 99938-624-2-8.
3. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, Zvonko Damnjanović, Metode simulacije u funkciji podrške odlučivanju, Međunarodni naučno-stručni skup INFOTEH'06, Jahorina, Istočno Sarajevo, BIH, (2006), CD Zbornik radova, ISBN 99938-624-2-8.
4. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, UML2 dijagrami aktivnosti i objekti poslovne inteligencije, Međunarodni naučno-stručni skup INFOTEH'07, Jahorina, Istočno Sarajevo, BIH, (2007), CD Zbornik radova, ISBN 99938-624-2-8.
5. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, Menadžerski informacioni sistem - ZEUS, Međunarodni naučno-stručni skup INFOTEH'07, Jahorina, Istočno Sarajevo, BIH, (2007), CD Zbornik radova, ISBN 99939-624-2-8.
6. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, Multiprojektno upravljanje u preduzećima, Međunarodni naučno-stručni skup INFOTEH'08, Jahorina, Istočno Sarajevo, BIH, (2008), CD Zbornik radova, ISBN 99939-624-2-8.
7. **Ivana Ilić**, Nenad Vušović, Advantages in multiproject management, Međunarodni naučni skup UNITECH'08, Gabrovo, Bugarska, (2008), CD Zbornik radova.
8. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, Prednosti elektronskog poslovanja u preduzećima orjentisanim prema potrošačima, Međunarodni naučno-stručni skup INFOTEH'09, Jahorina, Istočno Sarajevo, BIH, (2009), CD Zbornik radova, ISBN 99939-624-2-8.

**- Saopštenja na skupovima nacionalnog značaja**

(štampano u celini)

**(M-63)**

1. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, Skladišta podataka i OLAP tehnologija, II Konferencija o strategijskom menadžmentu, Jagodina, Srbija, (2006), CD Zbornik radova, 212-220.
2. **Ivana Ilić**, Nenad Vušović, Funkcionalni informacioni sistemi, II Konferencija o strategijskom menadžmentu, Jagodina, Srbija, (2006), CD Zbornik radova, 336-346.
3. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, Dragana Živković, Analiza koncentracije prašine u Boru koju emituju motorna vozila, Naučno-stručni skup Ekološka istina sa međunarodnim učešćem, Ekoist'09, Kladovo, Srbija, (2009), 259-264, ISBN 978-86-80987-57-6.
4. **Ivana Ilić**, Dragana Živković, Nenad Vušović, Dejan Bogdanović, Ispitivanje mogućnosti upravljanja aerozagađenjem na području grada Bora korišćenjem statističke analize korelacione zavisnosti zagađenosti SO<sub>2</sub> i meteoroloških parametara, V Konferencija o strategijskom menadžmentu, Zaječar, Srbija, (2009), CD Zbornik radova, 165-178, ISBN 978-86-80987-67-5.
5. **Ivana Ilić**, Dragana Živković, Dejan Bogdanović, Evaluacija imisija i kvaliteta vazduha u Boru, VI Konferencija o strategijskom menadžmentu, Kladovo, Srbija, (2010), CD Zbornik radova, 928-939, ISBN 978-86-80987-77-4.
6. Dejan Bogdanović, **Ivana Ilić**, Đorđe Nikolić, Primena kombinovane AHP i PROMETHEE metode za izbor optimalne metode otkopavanja u rudniku, VI Konferencija o strategijskom menadžmentu, Kladovo, Srbija, (2010), CD Zbornik radova, 207-220, ISBN 978-86-80987-77-4.
7. **Ivana Ilić**, Dragana Živković, Velizar Stanković, Milan Antonijević, Grozdanka Bogdanović, Branko Nikolić, Vesna Nikolić, Dijana Miljković, Ranking the most contaminated parts of river Timok from Zaječar to its confluence with the Danube using PROMETHEE/GAIA method, 1<sup>st</sup> International symposium on environmental and material flow management, Zaječar, Srbija, (2011), CD Zbornik radova (u pripremi)
8. Dijana Miljković, **I. Ilić**, D. Živković, V. Stanković, M. Antonijević, G. Bogdanović, B. Nikolić, V. Nikolić, Microbiological analysis of Timok's water basin composition from Zaječar to its confluence with the Danube, Naučno-stručni skup Ekološka istina

sa međunarodnim učešćem, Ekoist'11, Bor, Srbija, (2011), 433-439, ISBN 978-86-80987-84-2.

9. Saša Stojanović, Snežana Urošević, **Ivana Ilić**, Reinženjering preduzeća kao potreba zapošljavanja osoba sa invaliditetom, VII Konferencija o strategijskom menadžmentu, Zaječar, Srbija, (2011), CD Zbornik radova, 246-253, ISBN 978-86-80987-85-9.

(štampano u izvodu)

**(M-64)**

1. Nenad Vušović, **Ivana Ilić**, Objektno orjentisan razvoj informacionog sistema JP "Borprevoz" u Boru, III Konferencija o strategijskom menadžmentu, Jagodina, Srbija, (2007), CD Zbornik radova.

#### **Učešće na projektima:**

1. Projekat br. II/7-1154: "Uzorci zagađivanja i analize vode reke Timok od Zaječara do ušća u Dunav"; Naručilac: Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede – Republička direkcija za vode; Koordinator istraživanja: Univerzitet u Beogradu, Naučna ustanova Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju; Učesnici: Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Zavod za javno zdravlje "Timok", Zaječar; (2010).

Прилог 1.

**Изјава о ауторству**

Потписани-а \_\_\_\_\_ Ивана З. Илић \_\_\_\_\_

број уписа \_\_\_\_\_ 5/2007 \_\_\_\_\_

**Изјављујем**

да је докторска дисертација под насловом

„Примена ГИС-а у контролној стратегији мониторинга укупне емисије

загађујућих материја у друмском саобраћају”

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_





Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије  
докторског рада**

Име и презиме аутора \_\_\_\_\_ Ивана З. Илић \_\_\_\_\_

Број уписа \_\_\_\_\_ 5/2007 \_\_\_\_\_

Студијски програм \_\_\_\_\_ Инжењерски менаџмент \_\_\_\_\_

Наслов рада „Примена ГИС-а у контролној стратегији мониторинга укупне емисије загађујућих материја у друмском саобраћају”

Ментор \_\_\_\_\_ др Милован Вуковић, ван. професор \_\_\_\_\_

Потписани \_\_\_\_\_ Ивана З. Илић \_\_\_\_\_

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_



### Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

„Примена ГИС-а у контролној стратегији мониторинга укупне емисије

загађујућих материја у друмском саобраћају”

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_



1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.