



EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJIA I PRIMENA GIS – A

POLLUTANT EMISSIONS AND GIS APPLICATION

Milan Stojanović¹, Dušan Regodić², Verka Jovanović²

¹Univerzitet Singidunim, Danijelova 32, Beograd, Srbija

²Univerzitet Singidunim, Danijelova 32, Beograd, Srbija

Apstrakt:

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 ovog rada jeste razvoj sistema za podršku odlučivanju, koji mogu koristiti nadležni organi za smanjenje zagađenja vazduha koje potiče iz drumskog saobraćaja. Prilikom koncipiranja ovog rada 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. Ulazni podaci emisionog modela bili su: tok saobraćaja na deonicama auto-puta Beograd-Niš, broj vozila prema tehnologiji, emisioni faktori i matematičke operacije COPERT IV metodologije, kao i podaci o potrošnji goriva. Podaci o vozilima predstavljeni su i u projektu Instituta Saobraćajnog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

Gljučne reči:

zagađujuće materije, COPERT IV metodologija, simulacija distribucije, GIS.

Abstract:

Humans are the largest environmental pollutants, and the issues caused by environmental pollution are mostly connected with air pollution. The most common and most widespread air pollutants are road transport vehicles. The aim of this paper is to develop decision support systems, which can be used by the authorities to reduce air pollution from road transport. Research was based on the data from the Regulations on the classification of motor and towed vehicles and technical conditions for the vehicles in road transport, the electronic publication "Counting motor vehicles on the roads of Republic of Serbia in 2009.", published by the public enterprise Roads of Serbia, the Republic Institute of Statistics, and the Republic Hydrometeorological Service. The input data of the emission model included: traffic flow on the sections of Belgrade-Niš highway, number of vehicles classified according to technology, emission factors and mathematical operations of COPERT IV methodology, and fuel consumption. The data on vehicles are also presented within the project of the Institute of the Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade.

Key words:

pollutants, COPERT IV methodology, distribution simulation, GIS.

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.

Problemi koji se javljaju zbog zagađenja životne sredine najčešće su povezani sa zagađenjem vazduha. 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.

Predmet istraživanja ovog rada usredsređen je na izradu i implementaciju GIS-a (*Geographic Information System*) 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 automobilsom saobraćaju.

2. IZBOR METODA PROCENE EMISIJA

Predmet istraživanja ovog rada usredsređen je na izradu i implementaciju GIS-a (*Geographic Information System*) u kontrolnoj strategiji monitoringa ukupne emisije zagađujućih materija u drumskom 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, biće integrisani u GIS, koji koristi prostorne koordinate za opisivanje strukture prostora na razmatranom delu auto-puta. 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 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. Moguće je izvršiti unapređenje procesa kontrole ukupne emisije zagađujućih materija u drumskom saobraćaju korišćenjem GIS-a.

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. Moguće je izvršiti unapređenje procesa kontrole ukupne emisije zagađujućih materija u drumskom saobraćaju korišćenjem GIS-a.

Za uspešnu realizaciju ciljeva istraživanja, obradu i dokazivanje postavljenih hipoteza u ovom radu koristeće 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. COPERT IV 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_x, VOC, PM) (Konsolidou *et al.*, 2008, str. 7468) i neregularnih zagađujućih materija (N₂O, NH₃, NMVOC i slično), kao i proračun potrošnje goriva.

Metoda simulacije distribucije emisije zagađujućih materija. 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. Simulacija distribucije emisije zagađujućih materija urađena je uz primenu softverskog alata AQRoads (*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.

Analitička metoda GIS-a. 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. GIS čine četiri interaktivna podsistema: (Čekerevac *et al.*, 2010, str. 533) 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. GIS je 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.

Radi formiranja i primene GIS modela u kontrolnoj strategiji monitoring ukupne emisije zagađujućih materija biće korišćen, kao model-sistem, auto-put 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) Državni putevi I i II reda, (Putevi Srbije, 2015) i topografska mapa auto-puta Beograd-Niš (1:100.000) (Topografske karte Republike Srbije u razmeri 1:100000).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Put Beograd - Niš je deo autoputa E-75. Ovaj put nema oštih 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 auto-puta. 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 auto-puteve.

Za proračun emisije izduvni 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. 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, str. 4).

Da bi podaci o vozilima mogli da se koriste za COPERT IV 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: putnički automobili, teretna vozila, vučna vozila, kombi, specijalna, odnosno radna vozila, autobusi i motocikli.

Kategorizacija koja je potrebna da bi se obavio unos podataka za proračun uključuje sledeće grupe vozila: putničke automobile, laka teretna vozila, teška teretna vozila, autobuse, mopede i motocikle.

Vrste goriva koje se nalaze u evidenciji registrovanih vozila su: benzin 98, benzin 86, dizel, mešavina benzin-gas i električna energija. Kategorizacija prema vrsti goriva, koja je potrebna za unos u bazu podataka koju koristi softverski alat uključuje: benzin koji sadrži olovo, bezolovni benzin, dizel, TNG, hibrid i 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.

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 su primenom odgovarajućeg softvera, koji je razvijen na osnovu postavljenih kriterijuma, izvršili grupisanje vozila prema zapremini motora (Institut saobraćajnog fakulteta, 2010, str. 7).

Za potrebe proračuna emisije primenom softverskog alata COPERT IV, na deonici Beograd-Tranšped autoputa 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.

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 narednoj tabeli, prikazan je broj vozila po tehnologiji na deonici Beograd – Tranšped autoputa 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. Podatke ćemo prikazati u narednoj tabeli.

Analiza ukupne emisije zagađujućih materija prema izvorima zagađenja po deonicama autoputa Beograd-Niš, što ćemo prikazati narednim tabelama.

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 ³		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 ³		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 ³		EURO 3	110046	EURO 5	921
konvencionalna	17559	EURO 4	24035		
EURO 1	9248	EURO 5	1617		

Tabela 1. Ukupan broj vozila po tehnologiji na deonici Beograd – Tranšped



Na osnovu prikazanih podataka 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 značaja za unapređenje baze podataka o emisiji zagađujućih materija.

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_x, PM, itd. Rezultati kontrole kvaliteta vazduha, kao i studije kojima se ispituje uticaj kvaliteta vazduha na zdravlje ljudi, podstakli su istraživanje koje je sprovedla US 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 *et al.*, 2007, str. 9490).

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 slojeva koji sadrže prostorne podatke.

Posle unošenja prvog sloja, odnosno topografske mape autoputa Beograd-Niš urađeno je georeferenciranje mape (Slika

1) da bi koordinate sa mape bile usklađene sa realnim koordinatama, odnosno primenjenim geografskim koordinatnim sistemom (UTM Zona 34N) koji se koristi u Srbiji.

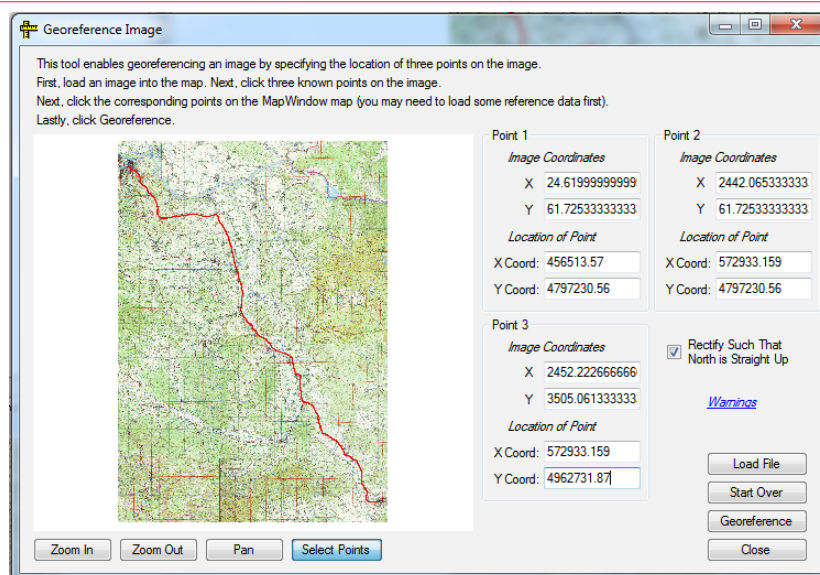
Tek kada se uradi georeferenciranje mape koja je osnova za kreiranje GIS modela, pristupa se unošenju drugih slojeva. Takođe, bitno je za svaki sloj, koji se sastoji od određenih vektorskih oblika, da ima određen koordinatni sistem koji će se primenjivati. On mora biti isti kao i koordinatni sistem koji je izabran za početni sloj, odnosno topografsku mapu autoputa Beograd-Niš.

Pored unošenja grafičkih simbola, GIS zahteva i formiranje baze podataka kroz popunjavanje određenih tabela, pojedinačno za svaki sloj. Na ovaj način korisnicima je omogućen uvid u atributne alfanumeričke podatke vezane za sve objekte koji su grafički predstavljani 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.

Slika 2 prikazuje podatke 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 IV metodologije.

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
NMVOC (t)	239,64	0,79	7,19	0,47	2,87
CH ₄ (t)	2,61	0,01	0,69	0,04	0,21
NO _x (t)	216,22	1,37	155,64	10,24	0,93
NO (t)	202,19	1,25	137,41	9,04	0,00
NO ₂ (t)	14,03	0,12	18,23	1,20	0,00
N ₂ O (t)	0,58	0,00	0,37	0,02	0,00
NH ₃ (t)	3,50	0,00	0,08	0,00	0,00
PM _{2,5} (t)	4,15	0,12	4,59	0,28	0,03
PM ₁₀ (t)	4,49	0,12	4,84	0,29	0,03
PM _{exhaust} (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 ₂ (t)	24532,63	202,81	14153,71	947,45	215,15
SO ₂ (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

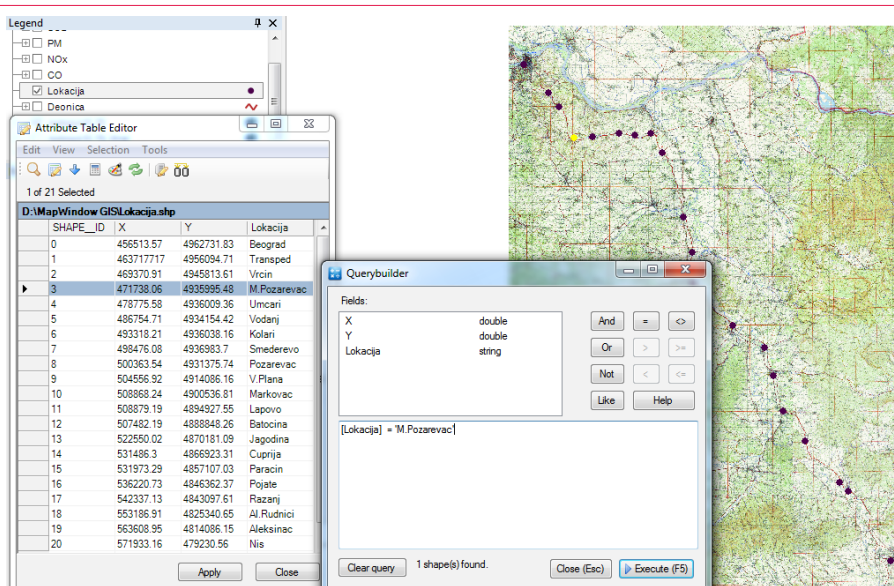
Tabela 2. Ukupna emisija zagađujućih materija prema izvorima zagađenja u 2009. godini na deonici Beograd - Tranšped



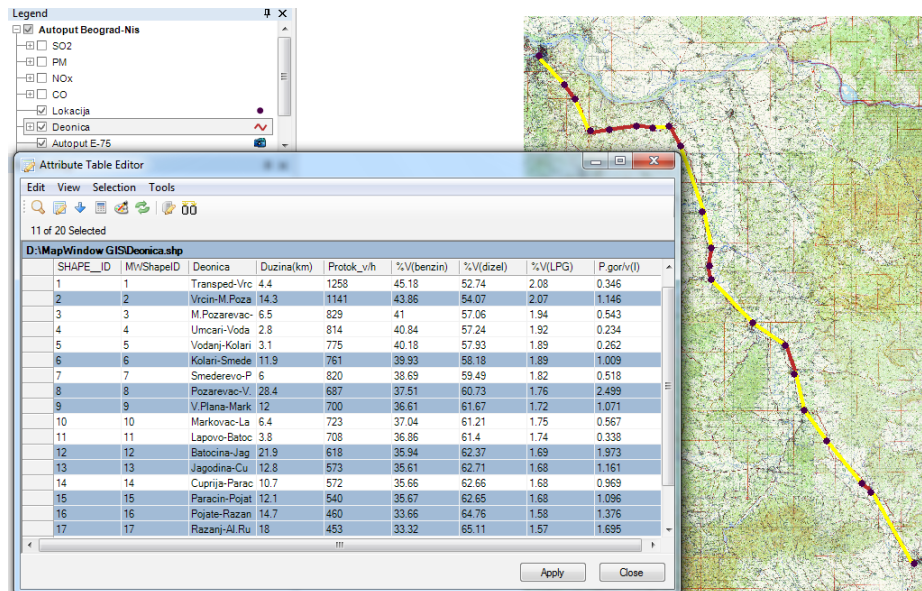
Slika 1. Georeferenciranje topografske mape autoputa

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-Razanj	14.7	460	33.66	64.76	1.58	1.376
17	17	Razanj-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

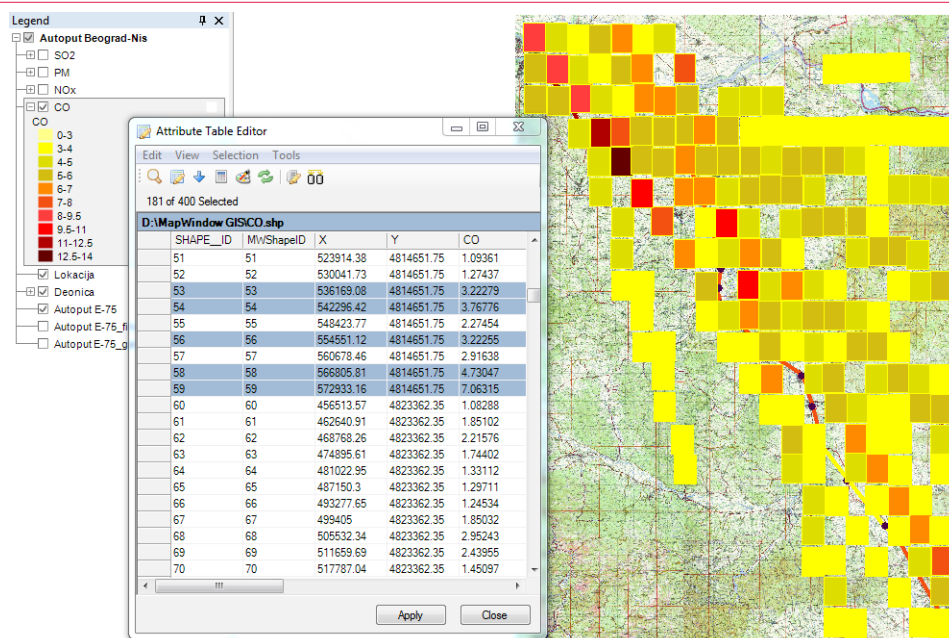
Slika 2. Tabela atributa sa podacima deoncama



Slika 3. Selektovanje jedne lokacije izvršenjem upita



Slika 4. Izbor deonica na kojima je potrošnja goriva po vozilu veća od 1 litra



Slika 5. Mapiranje kritičnih gridova sa emisijom CO većom od GVI u slučaju najlošijih vremenskih parametara

Suština primene definisanog modela ogleda se u kreiranju upita. Ako se izabere sloj koji prikazuje mapu auto-puta Beograd-Niš i sloj 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. Slika 3 prikazuje da je izvršen upit kojim se traži selektovanje lokacije Mali Požarevac. Kao što se može primetiti, selektovana lokacija je markirana žutom bojom, dok su ostale obeležene crnom bojom.

Ako se pored sloja koji prikazuje mapu i sloja sa lokacijama izabere i sloj sa deonicama, dobija se grafički prikaz mape na kojoj su obeležene lokacije i deonice koje povezuju te lokacije. Deonice su obeležene različitom bojom, jer je prilikom kreiranja sloja korišćena opcija za obeležavanje deonica u odnosu na protok vozila po času.

Slika 4 prikazuje selekciju 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.

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 mg/m^3 , dok za 1 čas iznosi 5 mg/m^3 .

Tako na primer, Slika 5 prikazuje mapiranje gridova na kojima je emisija CO iznad GVI, odnosno iznad 3 mg/m^3 u slučaju najlošijih meteoroloških uslova, pri čemu je proračun raden za brzinu vetra veću ili jednaku 1 m/s , klasu stabilnosti 4, kao i za sve pravce vetrova od 0° do 360° .

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. Ovaj zaključak se može potkrepiti i rezultatima dobijenih u prethodnim istraživanjima koja ističu prednosti prostorne analize GIS-a pri određivanju kontrolnih gridova u integrisanom modelu GIS-a i linearnog programiranja.



4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana 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. 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.

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 slojevima) 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.

Osim toga, GIS pruža mnoge mogućnosti korisniku; pre svega, ovaj sistem 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. Zbog toga 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

- Čekerevac, Z., Anđelić, S., Glumac, S., & Dragović, N. (2010). Savremene tendencije primene GIS tehnologija. U: Međunarodna naučna konferencija: Menadžment 2010. 17-18.03. (str. 531 – 538). Kruševac: Fakultet za industrijski menadžment.
- Institut Saobraćajnog fakulteta. (2010). *Određivanje količina emitovanih gasovitih zagađujućih materija poreklom od drumskog saobraćaja primenom COPERT IV modela Evropske agencije za životnu sredinu*. Beograd: Saobraćajni fakultet.
- Konsolidou, M., Ntyiachristos, L., Mellios, G., & Samaras, Z. (2008). Road-transport emission projections to 2020 in European urban environments. *Atmospheric Environment*, 42, Amsterdam: Elsevier, pp. 7465-7475.
- Putevi Srbije. (2015). Magistralni i regionalni putevi Srbije. Preuzeto 20. marta 2015, sa www.putevi-srbije.rs/pdf/Serbia_main_and_regional_road.pdf
- Topografske karte Republike Srbije u razmeri 1:100000. Preuzeto 20. marta 2015, sa http://mapy.mk.cvut.cz/data/Yugoslavia/Serbia/Serbia_topo_1.100000 (20.03.2015.)
- Venkatram, A., Isakov, V., Thoma, E., & Baldauf, R. (2007). Analysis of air quality data near road ways using a dispersion model. *Atmospheric Environment* 41, Amsterdam: Elsevier, pp. 9483-9497.