

Arh.br.: 130-401-998/2011-05

datum: 13.01.2012.

REPUBLIKA SRBIJA
AUTONOMNA POKRAJINA VOJVODINA
POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA URBANIZAM,
GRADITELJSTVO I ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE

PROJEKAT

RASPODELA ZAGAĐENJA ZEMLJIŠTA JUŽNOBAČKOG OKRUGA OLOVOM IZ ANTROPOGENIH IZVORA: PROSTORNA ANALIZA U GIS OKRUŽENJU

Novi Sad, januar 2012.

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
DEPARTMAN ZA OPŠTE DISCIPLINE U TEHNICI

PROJEKAT

RASPODELA ZAGAĐENJA ZEMLJIŠTA JUŽNOBAČKOG OKRUGA OLOVOM IZ ANTROPOGENIH IZVORA: PROSTORNA ANALIZA U GIS OKRUŽENJU

AUTORI:

Mr Aleksandra Mihailović

Dr Ljuba Budinski-Petković

Dr Nebojša M. Ralević

Dekan Fakulteta tehničkih nauka:

prof. Dr Ilija Čosić

Novi Sad, januar 2012.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. METODE ISTRAŽIVANJA	6
2.1. Prikupljanje i priprema uzoraka	6
2.2. Laboratorijska ispitivanja	10
3. REZULTATI ISPITIVANJA	11
3.1. Osnovna hemijska svojstva ispitivanog zemljišta	11
3.2. Sadržaj ukupnog i pristupačnog olova u zemljištu	12
3.3. Klasifikacija zemljišta prema sadržaju ukupnog olova	13
3.4. Udeo pristupačnog olova u zemljištu	14
3.5. Prostorna analiza podataka pomoću GIS tehnologije	15
4. ZAKLJUČAK	21
5. PRILOG	22
Literatura	31

1. UVOD

Ovaj Izveštaj je sačinjen na osnovu Ugovora između Fonda za zaštitu životne sredine Republike Srbije (br. 401-00-503/2011-01/1 od 28.06.2011.), Pokrajinskog sekretarijata za urbanizam, graditeljstvo i zaštitu životne sredine, Autonomne Pokrajine Vojvodine (br. 130-401-998/2011-05 od 22.06.2011.) i Fakulteta tehničkih nauka Novi Sad (br. 01-192/297 od 14.09.2011.). Predmet istraživanja su ispitivanje sadržaja olova u gradskom zemljištu Južnobačkog okruga (Novog Sada) i izrada mapa distribucije olova uz pomoć GIS aplikacija.

Nagli industrijski i urbani razvoj ljudskog društva doveo je do povećanog zagađenja životne sredine. Zagađujuće materije mogu biti neorganskog (teški metali) i organskog porekla (policiklični aromatični ugljovodonici, polihlorovani bifenili itd.). Zbog biološke nerazgradljivosti i kompleksnog ponašanja u zemljištu teški metali spadaju u grupu veoma opasnih polutanata. Za razliku od organskih zagađujućih materija, ne podležu termičkoj dekompoziciji i mikrobiološkoj razgradnji. U teške metale čija je emisija iz prirodnih i/ili antropogenih izvora značajna spadaju živa, kadmijum, kobalt, hrom, olovo, nikl, mangan, gvožđe, bakar, cink i dr. [1]. Glavni prirodni izvor većine elemenata, pa tako i teških metala, je Zemljina kora. Metali iz zemljišta dospevaju u prirodne vode različitim procesima rastvaranja minerala, njihovom mehaničkom i hemijskom erozijom i sl. Iz prirodnih izvora metali u atmosferu najviše dospevaju prilikom šumskih požara, u epizodama vulkanskih erupcija i u procesima resuspenzije - podizanjem čestica sa tla. Teški metali se u biosferu emituju iz različitih antropogenih izvora kao što su: sagorevanje uglja i nafte, industrija gvožđa i čelika, proizvodnja obojenih metala (rudnici i topionice), korišćenje organskih i mineralnih đubriva i pesticida. Emisija teških metala iz prirodnih izvora je dosta složena i stoga je tačnost njene procene ograničena. Antropogena emisija polutanata znatno je povećana u industrijskoj eri. Na primer, za olovo je udeo prirodne emisije manji od 15 % tako da ono predstavlja pouzdani indikator antropogenog zagađenja životne sredine [2].

Poreklo i sadržaj olova u zemljištu

Najznačajniji antropogeni izvori olova su motori sa unutrašnjim sagorevanjem, različiti industrijski procesi, rudnici i topionice olova, kao i fabrike olovnih akumulatora [3]. Zemljišta u gradovima obično su više izložena antropogenom uticaju zbog veće gustine naseljenosti, intenziteta saobraćaja i blizine industrijskih pogona. Olovo u zemljište dospeva iz atmosfere

u procesima suve i mokre depozicije [4]. Kontaminacija zemljišta najveća je u blizini izvora, ali se aerosoli kretanjem vazdušnih masa mogu prenositi na velike udaljenosti - nekoliko desetina, pa čak i nekoliko stotina kilometara.

U prirodnom, nezagađenom zemljištu, sadržaj olova je manji od 20 mg/kg , ali su na mnogim lokacijama u naseljenim mestima nađene znatno povišene vrednosti što je posledica antropogene emisije u dužem vremenskom periodu [5]. U poslednjih dvadeset godina u svetu se intenzivno razvijala svest o uticaju kvaliteta gradskog zemljišta na zdravlje ljudi što je rezultiralo detaljnim ispitivanjima zagađenosti zemljišta u mnogim velikim gradovima. Poznavanje kvaliteta urbanog zemljišta značajno je zbog mogućnosti lociranja zagađenih oblasti, procene rizika i planiranja izmeštavanja identifikovanih izvora zagađujućih materija.

U drugoj polovini prošlog veka glavni izvori olova u gradskim područjima bila su motorna vozila koja koriste olovni benzin. Olovo se u obliku organskih jedinjenja (tetraetil olovo i tetrametil olovo) dodavalo benzinu u cilju povećanja oktanskog broja. Koncentracija olova u takvom benzinu varirala je u granicama od $0,4$ do $0,6\text{ g/l}$. Olovni benzin koji se proizvodio i koristio u Srbiji sadržao je olovo u količini od $0,5\text{ g/l}$. Povećanje gustine saobraćaja doprinelo je intenzivnijem zagađivanju vazduha, vode i tla olovom. Brojna istraživanja su pokazala da kontaminacija životne sredine olovom predstavlja latentnu opasnost za ljude, biljke i životinje. U cilju rešavanja ovog ekološkog problema u mnogim zemljama u svetu (Japan, SAD, Austrija, Švedska, Brazil, zemlje EU), još devedesetih godina prošlog veka olovni benzin je sasvim isključen iz upotrebe ili je sadržaj olova u benzinu značajno redukovan. Srbija je pored Bosne i Hercegovine i Crne Gore, među poslednjim zemljama u Evropi koja je nastavila sa korišćenjem olovnog benzina i posle 2000. godine. Prethodnih decenija udeo olovnog benzina u korišćenim motornim gorivima bio je veći od 50% , dok je poslednjih godina znatno porasla potražnja bezolovnog benzina. Naftna industrija Srbije prekinula je proizvodnju olovnog benzina u junu 2010. godine, a uredbom Vlade Republike Srbije zabranjen je i uvoz ove vrste benzina koja će biti u prodaji dok se ne potroše zalihe. Na ovaj način značajno će se smanjiti zagađivanje životne sredine olovom. Rezultati brojnih studija u svetu pokazali su da je sa prestankom upotrebe olovnog benzina koncentracija olova u vazduhu u blizini prometnih puteva opala za više od 50% . Međutim, tendencija smanjivanja nivoa olova u zemljištu ima nešto sporiji tok zbog osobina olova da se akumulira u zemljištu i vezuje za zemljišne sastojke.

Na sadržaj olova u gradskom zemljištu utiču brojni faktori kao što su gustina saobraćaja, kvalitet upotrebljenog goriva, udaljenost ispitivanog lokaliteta od puta, topografija terena, vegetacija, vremenski uslovi i dubina ispitivanog sloja zemljišta.

Sadržaj olova u urbanim zemljištima u svetu

Pregledom strane literature došli smo do sledećih podataka o vrednostima sadržaja olova u zemljištu u različitim svetskim gradovima: u gradu Galway, Irska, pored autoputa izmeren je nivo olova u intervalu od $25 - 543 \text{ mg/kg}$ [6]; u kineskom gradu Beijing za uzorke gradskog zemljišta pored puteva interval je bio od $25,5 - 207,5 \text{ mg/kg}$ [7], dok su u kineskoj provinciji Hunan [8] u blizini topionice olova izmerene koncentracije olova u intervalu od $71,6 - 4501 \text{ mg/kg}$. U Ibadanu, Nigerija, pored autoputa, nađene su vrednosti olova od $205 - 730 \text{ mg/kg}$ [9], a u zemljištu pored autoputa u Istanbulu, [10] izmerena je srednja vrednost koncentracije olova od 191 mg/kg u površinskom sloju i $81,2 \text{ mg/kg}$ u sloju zemljišta na dubini od 20 cm . U gradskom zemljištu u Hong-Kongu srednja vrednost olova iznosila je 93 mg/kg [11]. U gradskim baštama u blizini frekventnih puteva u centralnom delu Bolonje, Italija, D'elia et al., [12] dobili su vrednosti olova u zemljištu dubine 20 cm u intervalu $124,4 - 285,3 \text{ mg/kg}$ tokom proleća, leta i jeseni 1996. godine. Za prigradsko područje sa najmanjom gustinom saobraćaja sadržaj olova varirao je u intervalu od $10,0 - 23,9 \text{ mg/kg}$. Iz ovih podataka, jasno se uočava da gustina saobraćaja, udaljenost od puta, dubina ispitivanog sloja zemljišta i vegetacija imaju veliki uticaj na sadržaj olova u gradskom zemljištu.

Sadržaj olova u urbanim zemljištima u Srbiji

Na teritoriji Republike Srbije, u periodu od 2006. do 2008. godine, prema Izveštaju Agencije za zaštitu životne sredine, 2006–2008. [13], sprovedeno je ispitivanje sadržaja olova za 5020 uzoraka zemljišta dubine od $0 - 30 \text{ cm}$. Za najveći broj uzoraka ($77,7\%$) izmerene vrednosti koncentracije olova nisu prelazile 50 mg/kg . Povećan sadržaj olova ($> 100 \text{ mg/kg}$) zabeležen je kod $3,4\%$ uzoraka, uglavnom u zemljištima u blizini prometnih puteva.

Za gradsko zemljište Beograda 2008. godine objavljeni su sledeći podaci: od 60 uzoraka sa 30 lokaliteta u blizini gradskih puteva, povećane koncentracije olova zapažene su kod 50% uzoraka. Najveća zagađenost utvrđena je na tri lokacije u blizini gradskih mostova i to u intervalu od $281 - 451 \text{ mg/kg}$.

Na području grada Novog Sada prva ispitivanja sadržaja olova u zemljištu počela su pre dve decenije. Za dvanaest lokaliteta u gradskim baštama 1997. godine izmerene su vrednosti od $18 - 81 \text{ mg/kg}$ ukupnog olova, dok je srednja vrednost bila 40 mg/kg [14]. U prigradskom naselju pored Novog Sada 1999. godine dobijena je srednja vrednost koncentracije Pb od $54,4 \text{ mg/kg}$, u sloju zemljišta dubine $0 - 30 \text{ cm}$, pored regionalnog puta sa relativno visokom frekvencijom saobraćaja [15]. Ispitivanje sadržaja olova u blizini sedam

frekventnih raskrsnica sprovedeno je 2000. godine. Za devetnaest uzoraka zemljišta dubine do 10 cm, srednja vrednost je bila 343 mg/kg [16]. Istraživanja u periodu od 2006. – 2008. godine pokazala su da je najveći sadržaj olova na lokalitetu Sremska Kamenica, gde je u uzorku zemljišta koje se nalazi pored visokofrekventne saobraćajnice izmerena koncentracija 98,8 mg/kg. Za poljoprivredno zemljište u blizini frekventnih puteva interval koncentracija olova bio je od 30,35 – 98,78 mg/kg, a za isti tip zemljišta u blizini industrijskih zona od 17,8 – 31,5 mg/kg. Analizirajući dobijene podatke, očigledno je da je u datom periodu, u većoj ili manjoj meri, postojao antropogeni uticaj na zagađenje olovom zemljišta gradskog područja Novog Sada i to pretežno iz izduvnih gasova motornih vozila koja koriste benzin sa olovnim aditivima.

Uticaj olova na ljudski organizam

Neki metali, kao na primer gvožđe, bakar i cink imaju značajnu fiziološku ulogu u organizmu. Za razliku od njih, olovo spada u grupu veoma toksičnih teških metala [17]. Olovo se može uneti u organizam udisanjem aerosola, unošenjem zagađene vode i hrane i kontaktom preko kože [18]. Kada se jednom unese u organizam, 95 % olova se ugrađuje u kosti, 4 % se ugrađuje u meka tkiva mozga, jetre i bubrega, a 1 % ulazi u krvotok [19]. Olovo je kumulativni otrov čije se štetno dejstvo najviše ispoljava kod dece i trudnica. Deca su najosetljivija na štetno dejstvo olova jer njihov nervni sistem prolazi kroz fazu intenzivnog razvoja, imaju povećanu sposobnost apsorpcije unetog olova u odnosu na odrasle osobe, provode dosta vremena na mestima gde je olovo prisutno u većoj meri i najčešće spoznaju svet oralnim putem. Od akutnih efekata intoksikacija olovom može da prouzrokuje tromost, uznemirenost, opadanje koncentracije, tremor mišića i halucinacije [20]. Olovo utiče i na aktivnost mnogih enzima, na primer hemoglobina, što se ispoljava pojavom anemije [21]. Hronični efekti koji ukazuju na trovanje olovom uključuju umor, nesanicu, nervozu, bolove u zglobovima, glavobolju, gastrointestinalne smetnje. Prema najnovijim istraživanjima, svako povećanje olova u krvi od 10 µg/dl, dovodi do sniženja IQ kod dece za 4-7 poena, dok dugotrajna izloženost malim dozama olova iz životne sredine, kod dece mlađe od 6 godina, čak i ispod dozvoljenog minimuma od 10 µg/dl, može dovesti do trajne mentalne retardacije [22].

Maksimalno dozvoljen sadržaj olova i drugih teških metala u nepoljoprivrednom zemljištu definisan je *Uredbom o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa* (Sl. Glasnik RS, br. 88/2010). Prema ovoj uredbi granična vrednost sadržaja olova u nepoljoprivrednom zemljištu je 85 mg/kg, a remedijaciona vrednost iznosi 530 mg/kg. Kako se

olovo poreklom iz izduvnih gasova kroz životnu sredinu rasprostire vazдушnim putem, pored zemljišta je moguća i kontaminacija biljaka koje rastu u blizini frekventnih saobraćajnica.

Postoji nekoliko načina kojima kontaminanti iz gradskog zemljišta mogu dospeti u organizam. Najvažnija od njih je putanja *zemljište - uobičajene ljudske aktivnosti*, kada čovek dolazi u kontakt sa zemljištem boraveći u parkovima, na igralištima, u stambenim zonama, industrijskim i drugim zonama. Druga po značaju je putanja *zemljište - korisne biljke - čovek*, kada kontaminanti ulaze u lanac ishrane putem biljaka koje se gaje na zagađenim zemljištima.

2. METODE ISTRAŽIVANJA

2.1. Prikupljanje i priprema uzoraka

Rad na projektu "Raspodela zagađenja zemljišta Južnobačkog okruga olovom iz antropogenih izvora: prostorna analiza u GIS okruženju" u toku 2011. godine obuhvatio je:

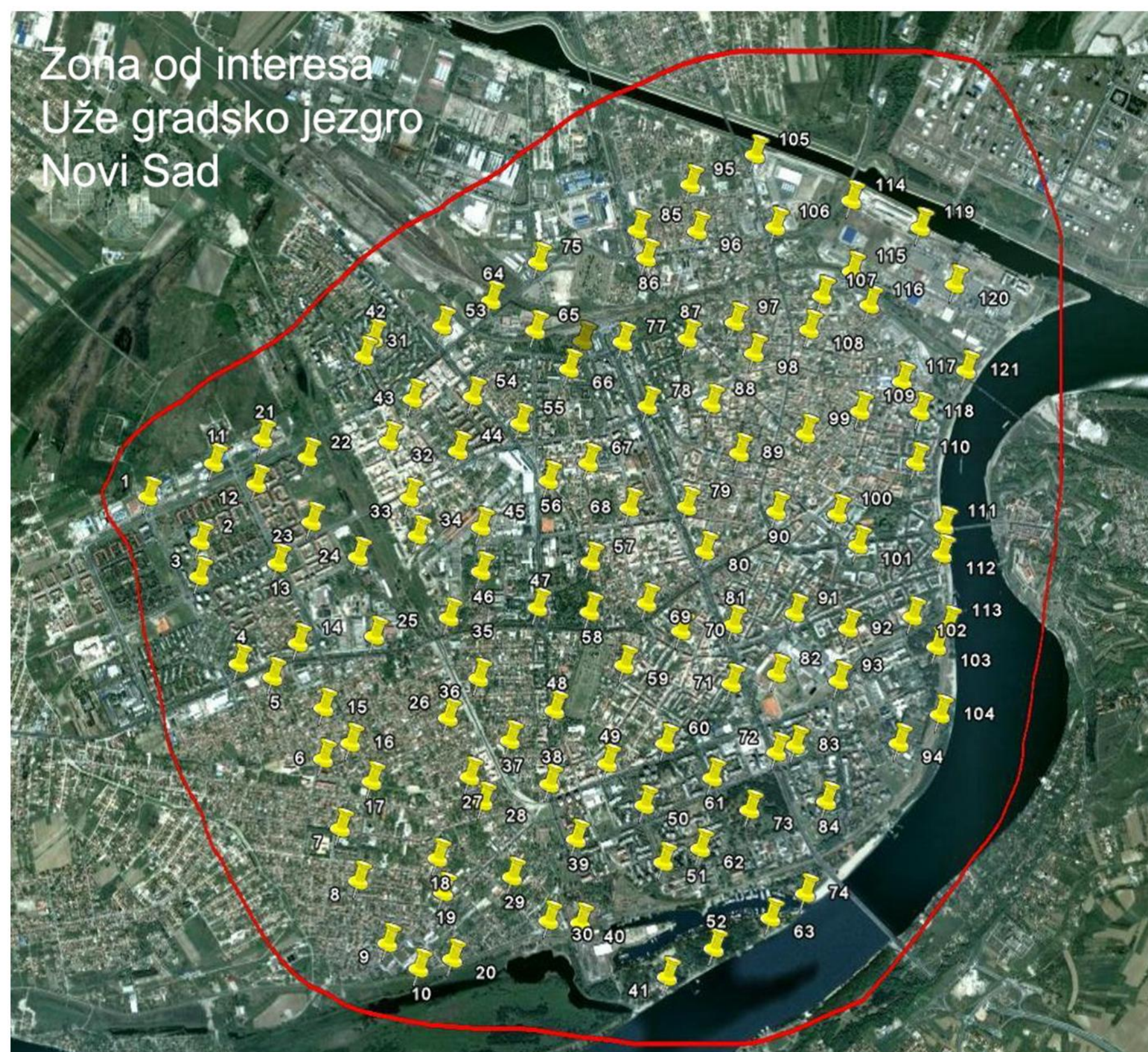
- laboratorijske analize uzoraka zemljišta gradskog područja Novog Sada;
- statističku obradu i prostornu analizu rezultata merenja uz pomoć GIS računarskog sistema.

Prikupljena su 122 uzorka, od toga 121 na teritoriji grada Novog Sada i 1 kontrolni uzorak sa područja Fruške gore. Ispitivano gradsko područje obuhvata površinu od $4 \times 5 \text{ km}$ koja je podeljena na mrežna polja veličine $400 \times 400 \text{ m}$, pri čemu je u svakom polju uzet po jedan uzorak. Zemljište je uzorkovano agrohemijskom sondom u površinskom sloju debljine 10 cm . Da bi se obezbedila reprezentativnost dobijenih uzoraka prosečan uzorak sa svake lokacije dobijen je uzimanjem $12 - 15$ subuzoraka sa površine od $20 - 30 \text{ m}^2$.

Za svaku lokaciju tačno mesto uzorkovanja označeno je koordinatama koje daje GPS (Global Position System). Koordinate su određene pomoću uređaja GARMIN Eltrex Venture sa sledećim parametrima:

- *Map projection:* Universal Transverse Mercator
- *UTM Specific Parameters:* Longitude Origin $E21^\circ$, Scale 0.9996, False Easting $+500000 \text{ m}$ False Northing 0 m
- *Zone Number:* 34
- *Datum:* WGS84

Lokacije uzorkovanja prikazane su na Slici 1., a oznake uzoraka zemljišta i GPS koordinate svih lokacija date su u Tabeli VI u Prilogu. Fotografije mesta uzorkovanja prikazane su na Slikama 2 - 6.



Slika 1. Grafički prikaz lokacija uzorkovanog zemljišta gradskog područja Novog Sada; broj lokacija: 121



*Slika 2. Lokacija br. 47:
Futoška / Cara Dušana*



*Slika 3. Lokacija br. 102:
Bul. Cara Lazara / Stevana Musića*



Slika 4. Lokacija br. 72: Narodnog fronta / Bul. Oslobođenja



Slika 5. Lokacija br. 62: Bul. Despota Stefana; osnovna škola i pogon "Melbata"



Slika 6. Lokacija br. 91: Maksima Gorkog / Sremska

2.2. Laboratorijska ispitivanja

Laboratorijske analize osnovnih hemijskih svojstava zemljišta i sadržaja ukupnog i pristupačnog olova urađene su u Laboratoriji za zemljište i agroekologiju Odeljenja za soju i agroekologiju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu.

Laboratorija za zemljište i agroekologiju je akreditovana od strane Akreditacionog tela Srbije (ATS), prema standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006 rešenjem broj 01-003. Laboratorija poseduje i rešenja nadležnog Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije (između ostalog) i za: ispitivanje fizičkih i hemijskih osobina zemljišta i ispitivanje opasnih i štetnih materija u zemljištu. Delatnosti svih radnih jedinica Instituta za ratarstvo i povrtarstvo usaglašene su sa standardima *ISO 9001:2000 (BSI No. FM57423) Sistem upravljanja kvalitetom* i *ISO 14001:2004 (BSI No. 72243) Sistem upravljanja zaštitom životne sredine*.

Priprema uzoraka zemljišta obuhvatila je sušenje, mlevenje i prosejavanje uzoraka kroz sito otvora 2 mm. Za ovako pripremljene uzorke određena su sledeća **hemijska svojstva** zemljišta:

- *pH*- vrednost određena je u suspenziji zemljišta sa vodom ($10\text{ g} : 25\text{ cm}^3$) i suspenziji zemljišta sa kalijum-hloridom, potenciometrijski;
- sadržaj CaCO_3 određen je volumetrijski, pomoću Scheiblerov-og kalcimetra;
- sadržaj organske materije određen je metodom Tjurin-a;
- lakopristupačni fosfor (ekstrakcija sa amonijum-laktatom) - AL metodom.

Sadržaj ukupnog olova određen je razaranjem zemljišta u zatvorenom mikrotalasnom sistemu ETHOS1 Milestone po metodi US EPA 3051a; određivanje na aparatu "Vista Pro"-Varian; metodom indukovane kuplovane plazme ICP - OES.

Za određivanje **pristupačnog olova** u zemljištu korišćena je metoda ekstrakcije sa etilen - diamin tetra sirćetnom kiselinom (EDTA) prema proceduri BCR European Commission Joint Research Centre, Institute for Reference Materials and Measurements, CRM 484 Sewage sludge amended (terrарosa) soil.

3. REZULTATI ISPITIVANJA

3.1. Osnovna hemijska svojstva ispitivanog zemljišta

Za ocenu zagađenosti zemljišta organskim i neorganskim polutantima veoma je bitno poznavanje osnovnih hemijskih svojstava zemljišta kao što su reakcija (pH - vrednost) zemljišta, sadržaj humusa i sadržaj kalcijum-karbonata i lako pristupačnog fosfora.

U Tabeli I dati su rasponi i srednje vrednosti hemijskih svojstava zemljišta gradskog područja Novog Sada, a u Tabeli V u Prilogu pojedinačne vrednosti hemijskih svojstava zemljišta sa svih ispitivanih lokacija (121 uzorak).

Tabela I Rasponi i srednje vrednosti hemijskih svojstava zemljišta

	$pH(KCl)$	$pH(H_2O)$	$CaCO_3$ [%]	Humus [%]	P_2O_5 $\frac{mg}{100g}$
min - max	7,19 – 7,89	7,63 – 8,92	3,8 – 19,43	1,47 – 3,86	6,0 – 131,5
Sred. vrednost	7,53	8,17	11,59	2,86	36,29

Vrednost pH zemljišta ima presudan uticaj na dinamiku teških metala u zemljištu jer se u kiseloj sredini oslobađaju veće količine ovih metala u zemljišni rastvor, što može biti toksično za biljke. Potencijalna supstitucionna kiselost (pH u KCl) je u intervalu (7,19 – 7,89) tako da svi uzorci pripadaju klasi slabo alkalnih zemljišta. Kako su metalni katjoni više pokretljivi u kiseloj sredini ovo je povoljan podatak u pogledu manje pristupačnosti olova biljkama.

Prema sadržaju karbonata samo 2,5 % uzoraka pripada slabo-karbonatnom tipu zemljišta, 28,9 % srednje-karbonatnom, a više od polovine uzoraka (68,6 %) jako-karbonatnom tipu zemljišta. Karbonati kao mineralni deo zemljišta značajno utiču na fizičko-hemijske osobine zemljišta, a karakteristično je da se njihov sadržaj sporo menja u zemljištu tokom vremena. Ekstremno visoke vrednosti karbonata imobilizuju usvajanje pojedinih mikorelemenata od strane biljaka.

Što se tiče sadržaja humusa (organske materije), skoro svi uzorci ravnomerno su raspoređeni u dve klase zemljišta: 52,9 % pripada slabo humoznom, a 47,1 % uzoraka dosta humoznom zemljištu. Nijedan uzorak ne nalazi se u kategoriji jako ili vrlo jako humoznog zemljišta. Humus je jedan od faktora imobilizacije olova u zemljištu, tako da njegov povećani sadržaj utiče na smanjenje udela pristupačnog olova u zemljištu.

Vrednosti nivoa lakopristupačnog fosfora u zemljištu najviše variraju, a rezultati su prikazani u Tabeli II. Po 30 % uzoraka zemljišta nalazi se u klasi optimalnog i visokog sadržaja fosfora, a 25 % je u kategoriji vrlo visokog sadržaja. Toksični nivo fosfora zabeležen

je za samo jedan uzorak. Ovakvi rezultati idu u prilog manjoj mobilnosti olova jer visok sadržaj fosfora pogoduje jačem vezivanju olova za čestice zemljišta.

Tabela II Stanje obezbeđenosti zemljišta fosforom

Nivo	P_2O_5	$\frac{mg}{100g}$	Broj uzoraka	[%]
vrlo nizak	< 5		0	0
nizak	5 – 10		6	4,96
srednji	10 – 15		11	9,09
optimalan	15 – 25		36	29,75
visok	25 – 50		36	29,75
vrlo visok	50 – 100		31	25,62
toksičan	> 100		1	0,83

3.2. Sadržaj ukupnog i pristupačnog olova u zemljištu

Granične i remedijacione vrednosti sadržaja olova u nepoljoprivrednim zemljištima u našoj zemlji definisane su *Uredbom o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa* (Sl. Glasnik RS, br. 88/2010). Prema ovoj Uredbi granična vrednost nekog kontaminanta definisana je kao maksimalni sadržaj kontaminanta u zemljištu koji ne utiče na funkcionalne osobine zemljišta i ne remeti njegov kvalitet. Remedijaciona vrednost jeste vrednost koja ukazuje da su osnovne funkcije zemljišta ugrožene ili ozbiljno narušene i zahtevaju remedijacione, sanacione i ostale mere. Granična vrednost za olovo u zemljištu iznosi 85 mg/kg a remedijaciona 530 mg/kg.

U Tabeli VI u Prilogu, dat je sadržaj ukupnog i pristupačnog olova u površinskom sloju zemljišta za sve ispitivane lokacije na gradskom području Novog Sada. Prosečan sadržaj olova u nezagađenom prirodnom zemljištu u Vojvodini iznosi 17,2 mg/kg [1]. Smatra se da je poreklo olova u ovim uzorcima isključivo geohemijsko, odnosno iz matičnog supstrata na kojem je zemljište nastalo. Može se videti da je u 92,6 % ispitivanih uzoraka sadržaj olova veći od prosečne vrednosti u nezagađenom zemljištu, a u 26,4 % uzoraka veći od granične vrednosti (85 mg/kg). Vidi se da je u velikoj većini uzoraka sadržaj olova povišen u odnosu na nezagađeno zemljište, a značajan je i procenat uzoraka sa koncentracijom olova većom od granične vrednosti.

U Tabeli III navedene su vrednosti koncentracija ukupnog i pristupačnog olova, kao i udeo pristupačnog olova, za deset najzagađenijih lokacija. Sve ove lokacije, izuzev lokacije br. 62 (Bul. Despota Stefana, kod osnovne škole) na kojoj je izmerena najveća vrednost

koncentracije olova od 999,1 mg/kg, nalaze se u neposrednoj blizini glavnih putnih pravaca sa velikom gustinom saobraćaja. Uzrok velike zagađenosti na lokaciji br. 62 je blizina postrojenja za izradu olovni akumulatora "Melbat".

Tabela III Sadržaj olova u zemljištu u [mg/kg] za 10 najzagađenijih lokacija

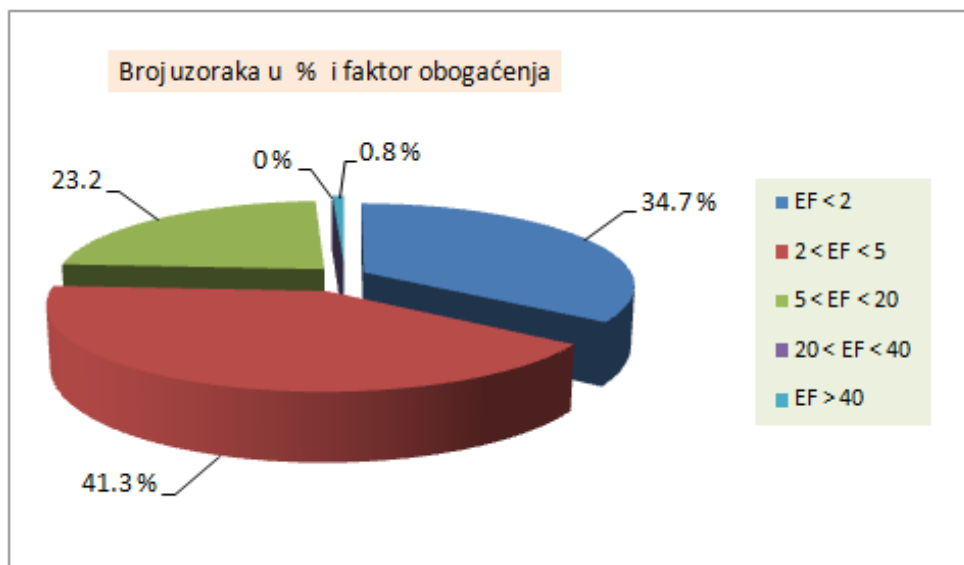
Red. br.	Broj lokacije	Naziv lokacije	Ukupno olovo [mg/kg]	Pristupačno olovo [mg/kg]	Udeo [%]
1	62	Bul. Despota Stefana (kod osnovne škole)	999,1	665,6	66,6
2	86	Kisačka/ Hadži Đerina	318,7	85,3	26,8
3	47	Futoška / Cara Dušana	310,5	105,6	34,0
3	55	Rumenačka / Bul. Kralja Petra	284,9	70,7	31,7
3	120	Bajči Žilinskog / Carinska	268,2	119,4	44,5
6	14	Futoški put / Koste Abraševića	262,0	77,0	29,4
7	58	Futoška / Vojvode Knjčanina	239,5	96,1	40,1
8	69	Futoška / Braće Ribnikara	236,9	82,4	34,8
9	106	Temerinski put / Partizanska	230,5	42,6	18,5
10	72	Narodnog fronta / Bul. Oslobođenja	230,1	97,0	42,2

3.3. Klasifikacija zemljišta prema sadržaju ukupnog olova - faktor obogaćenja

Jedan od parametara koji može ukazati na antropogeno poreklo teških metala u zemljištu je faktor obogaćenja EF (eng. "enrichment factor") koji pokazuje koliko puta je koncentracija posmatranog metala u uzorku veća od prirodnog fona, odnosno sadržaja posmatranog metala u nezagađenom zemljištu. U Tabeli IV su dati koeficijenti obogaćenja zemljišta olovom u odnosu na prosečnu koncentraciju olova u nezagađenom zemljištu u Vojvodini. Najveći procenat uzoraka (64,5 %) pripada klasi umereno i znatno zagađenog zemljišta, dok je za 34,7 % zagađenost neznatna do niska. Na Slici 7. su grafički prikazani nivoi zagađenosti ispitivanog zemljišta.

Tabela IV Klasifikacija nivoa zagađenosti zemljišta olovom na osnovu vrednosti faktora obogaćenja

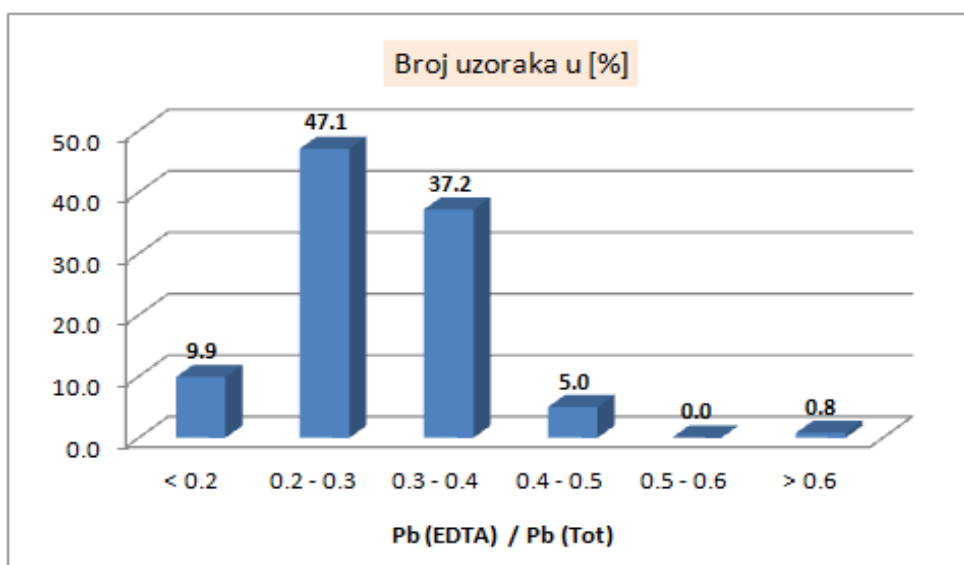
Vrednost faktora EF	Zagađenost	Broj uzoraka	Broj uzoraka u %
$EF < 2$	neznatna do niska	42	34,7
$EF = 2 - 5$	umerena	50	41,3
$EF = 5 - 20$	znatna	28	23,2
$EF = 20 - 40$	veoma visoka	0	0
$EF > 40$	ekstremno visoka	1	0,8



Slika 7. Nivo zagađenosti zemljišta olovom prema faktoru obogaćenja

3.4. Udeo pristupačnog olova u zemljištu

Kao što je već pomenuto, dostupnost olova biljkama zavisi od vrste i jačine veze sa česticama zemljišta, pH - vrednosti, rastvorljivosti olova, prisustva fosfora i organske materije u zemljištu. Iako ne postoji stroga klasifikacija za udeo pristupačnog olova u zemljištu, prema mnogim istraživanjima vrednosti $\frac{Pb_{EDTA}}{Pb_{Tot}} > 0,3$ ukazuju na antropogeni uticaj zagađenja zemljišta olovom. [5].



Slika 8. Procentualni broj uzoraka zemljišta i udeo pristupačnog oblika olova

Na Slici 8. prikazan je broj uzoraka zemljišta prema udelu pristupačnog olova. U 9,9% uzoraka udeo pristupačnog olova je manji od 0,2. Za 47,1 % uzoraka udeo pristupačnog olova je u intervalu 0,2 – 0,3, dok je za 37,2 % udeo u granicama od 0,3 – 0,4. Kod 5 % uzoraka udeo ima vrednosti od 0,4 - 0,5, a za jedan uzorak (Lokacija br. 62: Bulevar Despota Stefana) dobijena je veoma visoka vrednost udela pristupačnog olova $> 0,6$.

3.5. Prostorna analiza podataka pomoću GIS tehnologije

Geostatistika je deo primenjene statistike koji se koristi u područjima čiji je interes prostorna analiza podataka. Upotreba geostatistike u prostornim analizama i studijama pokriva široki spektar aplikacija - od primene geostatističkih interpolacionih metoda u cilju izrade tematskih prikaza i karata, preko optimizacije gustina i rasporeda uzorkovanja na terenu pa do prostornog modeliranja i simulacija [23]. Sve veća primena geostatistike rezultat je i pojave velikog broja softverskih paketa i modula koji podržavaju ovu vrstu metoda.

GIS računarski sistem je softver za prikupljanje, obradu, analizu i vizuelizaciju podataka zasnovanih na prostornoj raspodeli. Grafički deo GIS-a omogućuje unos, obradu i prikaz podataka o pojavama predstavljenim pomoću odgovarajućih prostornih elemenata - tačaka, linija ili poligona. Pojava se može predstaviti tačkom ukoliko je pokrivena površina mnogo manja od površine celog područja, a svaka tačka je definisana parom prostornih koordinata (x, y) .

Određivanje položaja date tačke na osnovu geografskih koordinata naziva se geokodiranje [24]. Koordinate karakterističnih tačaka mogu se odrediti putem Globalnog pozicionog sistema (GPS-a). Ovaj sistem prvobitno je bio namenjen u vojne svrhe, ali je u poslednjih desetak godina pušten u komercijalnu upotrebu. Pomoću GPS prijemnika primaju se signali sa više navigacionih satelita i na osnovu njih se određuje trenutna pozicija prijemnika. Tačnost određivanja pozicije može biti svega nekoliko m i zavisi od tipa prijemnika.

Radi lakše manipulacije prostorni elementi mogu se razvrstati u grupe podataka. Podaci o prostoru prikazuju se u formi digitalnih mapa kao niz različitih tematskih slojeva. Slojevi se u zavisnosti od situacije i sadržaja mogu učiniti vidljivim ili nevidljivim. Za izradu mapa koriste se različite interpolacijske metode.

U današnje vreme GIS tehnologija ima široku primenu: u hidrologiji, geofizici, meteorologiji, prostornom planiranju, praćenju saobraćaja, a naročito u ekologiji i analizi različitih uticaja na životnu sredinu.

Na slici 9. dat je histogramski prikaz koncentracija ukupnog olova u $[mg/kg]$. Koordinate lokacija na kojima su uzimani uzorci u površinskom sloju zemljišta predstavljene su u Državnom koordinatnom sistemu Gaus-Kruger, zona 7. Mapa gradskog područja Novog Sada data je u razmeri 1 : 25000.

Može se videti da je najveća koncentracija ukupnog olova izmerena na Bulevaru Despota Stefana u blizini pogona za proizvodnju olovnih akumulatora "Melbat". Značajno povećanje koncentracija ukupnog olova zapaža se u blizini glavnih putnih pravaca sa velikom gustom saobraćaja, kao što je navedeno u Tabeli III. Na delu Bulevara Oslobođenja od ulice Maksima Gorkog do Železničke stanice dobijene vrednosti sadržaja olova su nešto niže, što se može objasniti zamenom površinskog sloja zemljišta prilikom izvođenja radova na proširenju kolovoznih traka Bulevara u proteklih nekoliko godina.

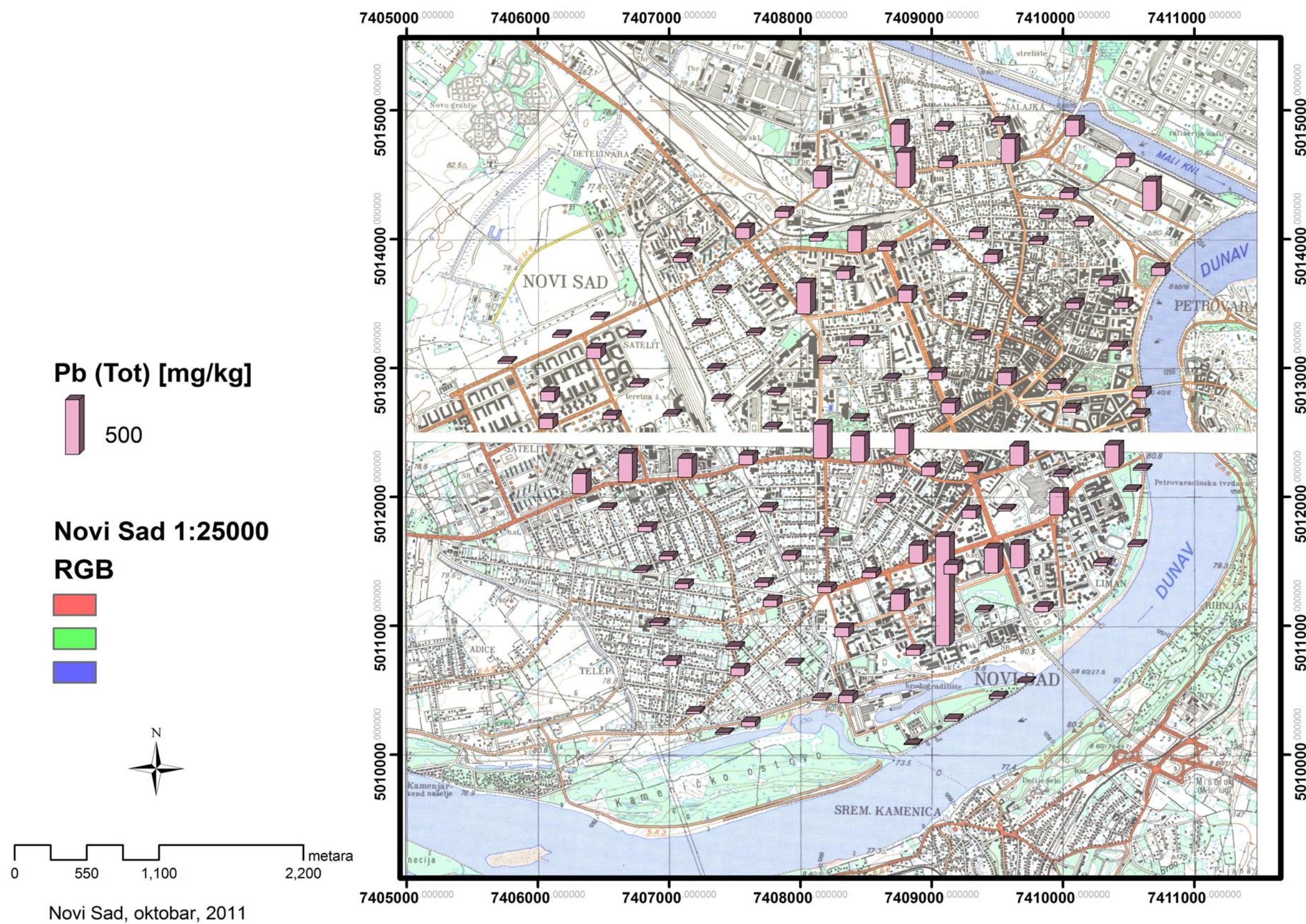
Mape distribucije zagađenosti zemljišta olovom (Slike 10; 11 i 12) dobijene su uz pomoć *kriging* metode. Postupak *kriging* je napredna interpolacijska metoda za procenu vrednosti regionalizovane varijable u tačkama odabrane mreže (grid). Vrednosti regionalizovane varijable na odabranoj lokaciji izračunavaju se na osnovu postojećih okolnih vrednosti. Kao rezultat *kriging* metode dobija se kartografski prikaz (grafički model) koji prikazuje prostorni raspored podataka.

Na Slici 10. prikazane su oblasti različitog nivoa zagađenosti zemljišta olovom odgovarajućim bojama datim u legendi mape. Lokacije sa kojih su uzimani uzorci zemljišta predstavljene su tačkama pored kojih su date brojne vrednosti koncentracija ukupnog olova u zemljištu. Crvena boja odgovara oblastima sa visokom zagađenošću i očigledno je da se te oblasti nalaze oko najfrekventnijih puteva i raskrsnica, gde su dobijene vrednosti sadržaja olova bile u intervalu od 200 do 320 mg/kg . Žuta boja označava oblasti u kojima je zagađenost zemljišta olovom umerena do znatna i prevazilazi graničnu vrednost od 85 mg/kg . Oblasti niske zagađenosti prikazane su različitim nijansama zelene boje i pretežno se nalaze na periferiji grada.

Slika 11. prikazuje sadržaj pristupačnog olova u zemljištu na gradskom području Novog Sada. Pristupačnost olova ne zavisi samo od antropogenog uticaja već i od hemijskih svojstava zemljišta (pH -vrednosti zemljišta, sadržaja fosfora i sadržaja organske materije). Zbog toga se ne može uočiti direktna veza između visokih koncentracija pristupačnog olova (nijanse braon boje) i frekventnih saobraćajnica, kao što je to slučaj kod ukupnog olova (Slika 10.).

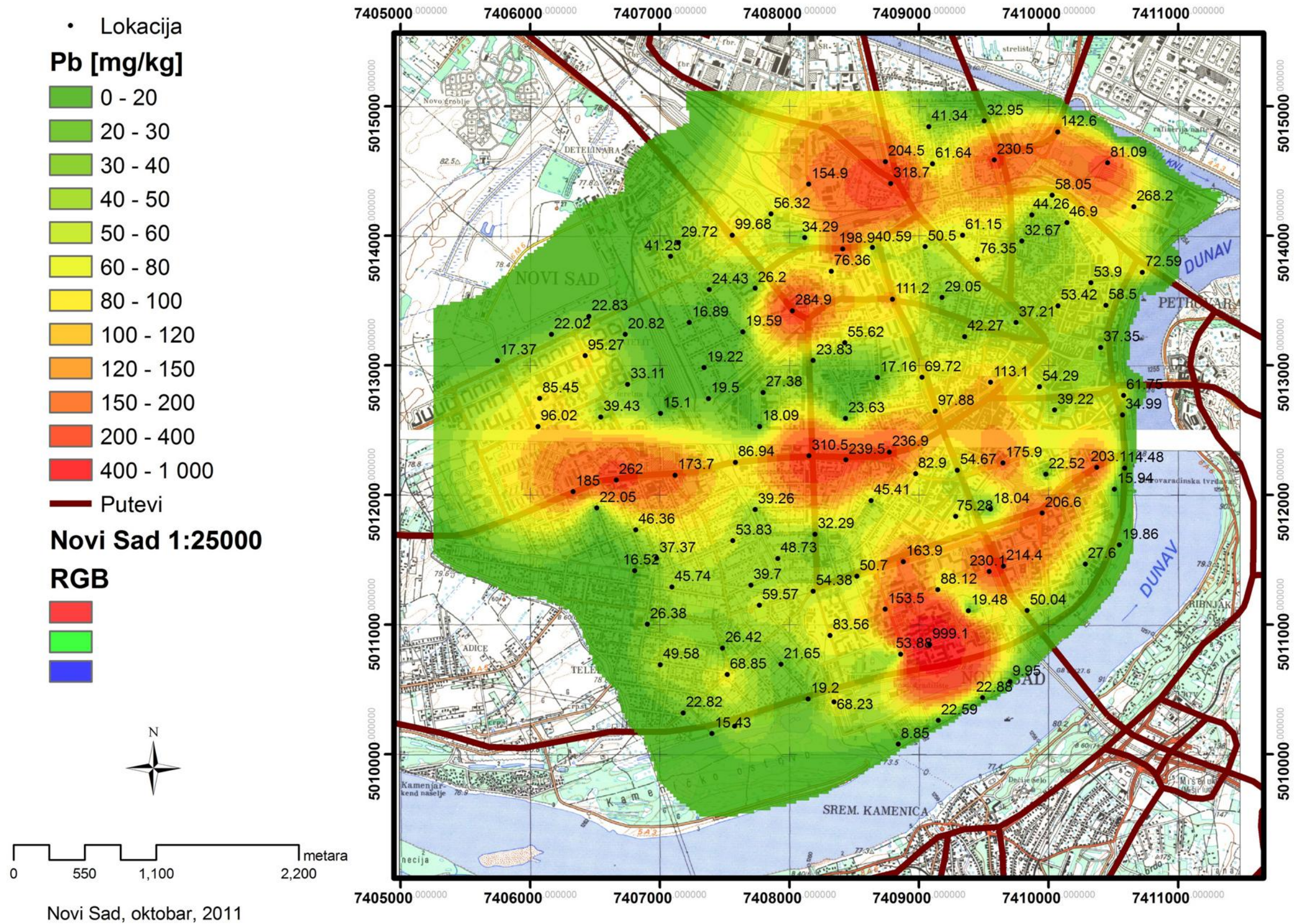
Na slici 12. prikazana je mapa udela pristupačnog olova zajedno sa izolinijama ukupnog olova. Kritična su ona mesta gde se velika gustina izolinija poklapa sa braon poljima koja označavaju visok udeo pristupačnog oblika olova.

Lokacije uzorkovanog zemljišta



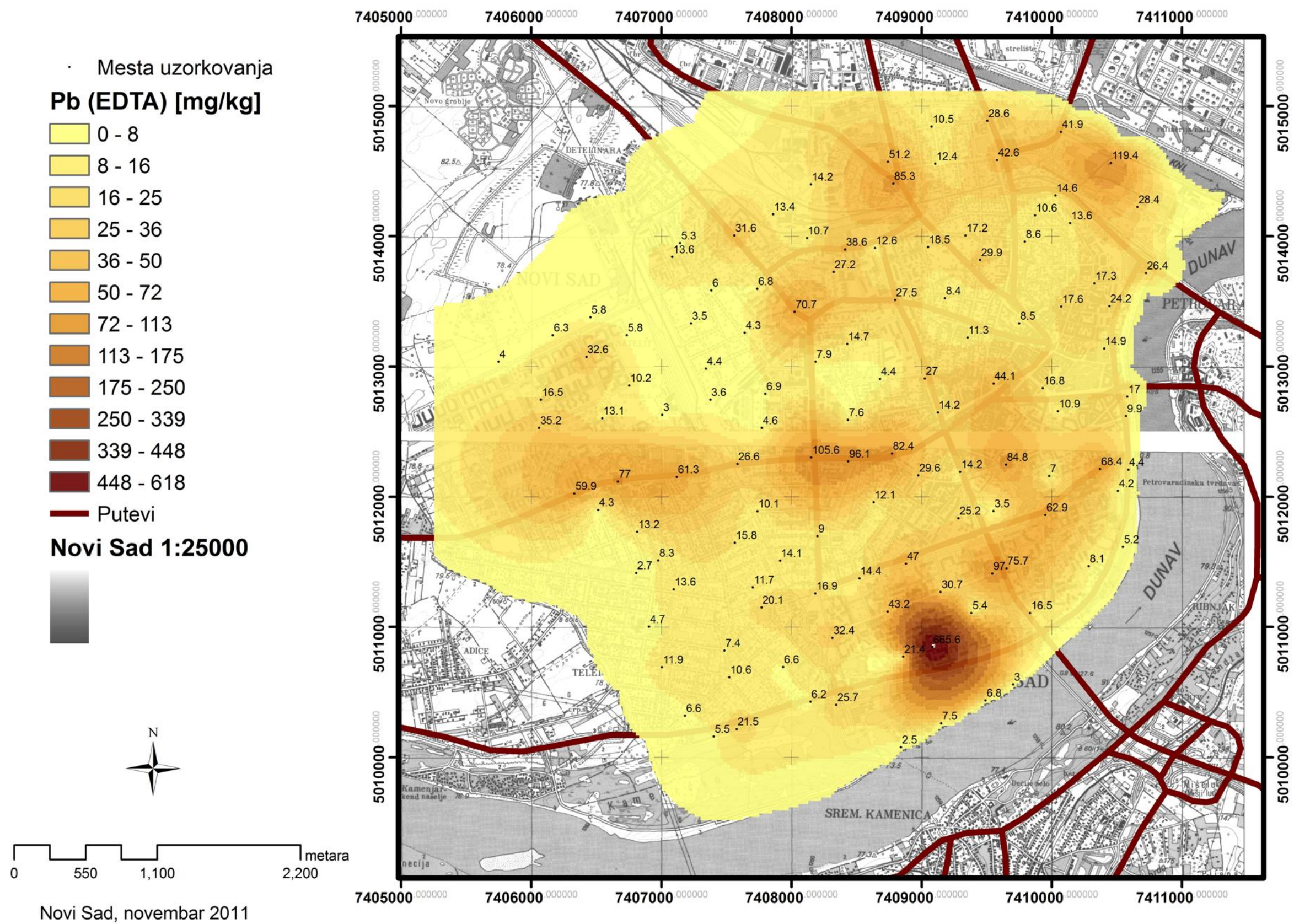
Slika 9. Grafički prikaz lokaliteta uzorkovanog gradskog zemljišta Novog Sada

Ukupni sadržaj olova u zemljištu [mg/kg]



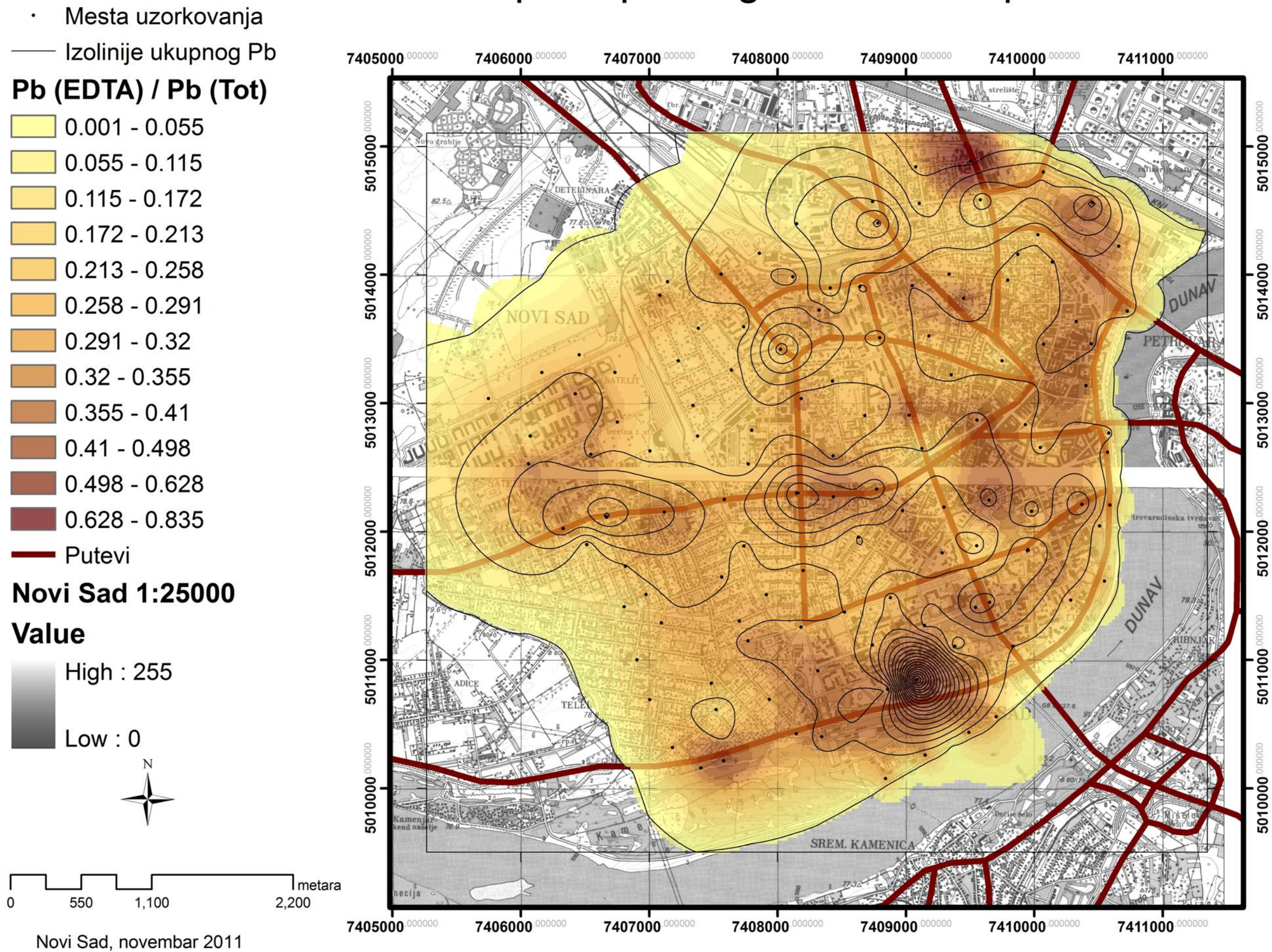
Slika 10. Mapa distribucije ukupnog olova u gradskom zemljištu Novog Sada

Sadržaj pristupačnog olova [mg/kg]



Slika 11. Mapa distribucije pristupačnog olova u gradskom zemljištu Novog Sada

Udeo pristupačnog oblika u ukupnom olovu



Slika 12. Mapa udela pristupačnog oblika olova u gradskom zemljištu Novog Sada

4. ZAKLJUČAK

U okviru ovog projekta ispitane su koncentracije ukupnog i pristupačnog olova kao i hemijske osobine za ukupno 122 uzorka zemljišta (121 + 1 kontrolni) sa gradskog područja Novog Sada.

Dobijeni rezultati pokazali su da svi uzorci pripadaju klasi slabo alkalnih zemljišta, što je povoljan podatak u pogledu manje pristupačnosti olova biljkama. Prema sadržaju karbonata dve trećine uzoraka spada u klasu jako karbonatnog zemljišta. Što se tiče sadržaja humusa uzorci su ravnomerno raspoređeni u dve klase zemljišta: jedna polovina pripada slabo humoznom, a druga polovina dosta humoznom zemljištu. Vrednosti nivoa lakopristupačnog fosfora u zemljištu najviše variraju - za jednu trećinu uzoraka sadržaj fosfora je optimalan, a za dve trećine visok ili veoma visok. Ovi rezultati takođe idu u prilog manjoj mobilnosti olova jer visok sadržaj humusa i fosfora pogoduje jačem vezivanju olova za čestice zemljišta.

Koncentracija ukupnog olova za 92,6 % ispitivanih uzoraka veća je od prosečne vrednosti u prirodnom zemljištu u Vojvodini, dok je za 26,4% uzoraka veća od granične vrednosti (85 mg/kg). Vizuelizacija podataka urađena je pomoću GIS računarskog sistema, a za izradu mapa korišćena je *kriging* interpolacijska metoda. Na mapi distribucije ukupnog olova uočava se da se oblasti najveće zagađenosti, takozvane vruće tačke ("*hot spots*"), nalaze u blizini najfrekventnijih putnih pravaca gde su dobijene vrednosti u intervalu od 200 do 320 mg/kg, dok su oblasti niske zagađenosti pretežno na periferiji grada.

Treba istaći da je najveća vrednost koncentracije ukupnog olova (999,1 mg/kg) izmerena na Bulevaru Despota Stefana, iako na toj lokaciji nije velika gustina saobraćaja. Dobijena vrednost sadržaja ukupnog olova znatno prevazilazi remedijacionu vrednost od 530 mg/kg. Visoka zagađenost zemljišta olovom najverovatnije potiče od postrojenja za izradu olovnih akumulatora "Melbat". Na toj lokaciji je zabeležena i maksimalna vrednost sadržaja pristupačnog olova od 665,6 mg/kg, tako da udeo pristupačnog oblika olova iznosi čak 0,67. Nepovoljna okolnost je što se u neposrednoj blizini ove lokacije nalazi osnovna škola, a poznato je da su deca najosetljivija na štetne efekte olova. Stoga bi bilo značajno da se u budućnosti detaljnije ispita zagađenost zemljišta olovom u širem području oko pogona Melbata. Takođe bi bilo interesantno ispitati zagađenost zemljišta gradskog područja Novog Sada drugim teškim metalima. Takva istraživanja bi omogućila bolje upravljanje kvalitetom životne sredine kao i sprovođenje potrebnih mera za sanaciju zagađenih lokaliteta.

5. PRILOG

Tabela V Hemijska svojstva zemljišta gradskog područja Novog Sada

Red. br. uzorka	pH u KCl	pH u H_2O	$CaCO_3$ [%]	Humus [%]	P_2O_5 $\left[\frac{mg}{100g} \right]$
1	7,43	8,00	13,09	3,38	19,1
2	7,29	8,02	3,80	3,58	14,3
3	7,43	8,30	9,71	3,86	14,8
4	7,36	8,17	10,14	3,76	29,0
5	7,46	8,08	10,56	3,66	31,4
6	7,49	8,30	9,71	3,35	16,2
7	7,34	8,11	9,71	3,31	15,7
8	7,42	8,08	10,98	3,75	97,5
9	7,64	8,23	8,87	3,52	30,4
10	7,63	8,07	17,74	3,02	6,0
11	7,59	8,13	5,91	2,20	51,3
12	7,55	8,09	8,02	3,16	86,0
13	7,49	8,04	9,29	3,81	37,2
14	7,48	8,13	10,14	3,24	23,1
15	7,58	8,17	18,58	2,93	40,3
16	7,54	8,29	8,87	2,15	31,1
17	7,60	8,21	15,20	2,28	26,7
18	7,58	8,16	10,98	2,09	50,1
19	7,66	8,24	13,94	2,39	37,5
20	7,61	8,16	18,58	2,34	19,6
21	7,72	8,30	16,47	2,62	32,8
22	7,71	8,23	15,20	2,18	12,9
23	7,54	8,30	5,91	2,30	15,1
24	7,63	8,19	17,74	2,13	19,3
25	7,63	8,18	10,98	2,34	20,2
26	7,55	8,01	13,09	2,63	44,0
27	7,54	8,04	9,71	2,94	64,0
28	7,55	8,01	10,14	2,78	27,2
29	7,65	8,26	13,09	2,36	28,3
30	7,69	8,29	7,18	2,96	16,9
31	7,59	8,18	11,82	3,12	32,8
32	7,52	8,30	8,45	2,17	80,5
33	7,61	8,21	14,36	2,13	16,5
34	7,41	8,18	7,18	3,25	16,3
35	7,53	8,25	11,40	2,81	19,3
36	7,53	8,20	11,40	2,87	35,2
37	7,55	8,18	16,05	2,87	57,5
38	7,70	8,56	14,36	1,98	19,0
39	7,61	8,20	14,78	3,07	20,8
40	7,55	8,30	7,60	2,79	10,9

Red. br. uzorka	pH u KCl	pH u H_2O	$CaCO_3$ [%]	Humus [%]	P_2O_5 $\left[\frac{mg}{100g} \right]$
41	7,80	8,28	15,20	3,28	8,9
42	7,70	8,34	17,74	3,65	23,1
43	7,65	8,20	12,67	2,93	32,0
44	7,63	8,65	9,71	2,05	18,8
45	7,57	8,00	14,36	3,26	25,0
46	7,67	8,30	12,67	1,79	43,3
47	7,69	8,60	13,09	2,61	23,3
48	7,54	8,56	11,40	2,52	16,4
49	7,75	8,33	9,29	2,56	26,8
50	7,57	8,44	7,60	2,88	25,0
51	7,55	8,37	15,20	2,07	25,9
52	7,87	8,60	19,00	2,38	7,8
53	7,73	8,85	10,56	2,40	49,6
54	7,55	8,09	8,45	2,16	58,5
55	7,63	8,38	14,78	2,79	22,5
56	7,45	8,00	15,20	3,72	43,1
57	7,19	7,84	4,22	3,68	8,9
58	7,47	8,22	12,25	3,47	20,5
59	7,44	7,94	10,14	3,04	73,0
60	7,39	7,90	10,98	3,30	68,0
61	7,50	8,61	6,76	2,59	33,7
62	7,61	8,32	8,45	2,72	17,4
63	7,50	8,02	13,09	3,37	26,2
64	7,54	8,18	9,71	2,44	13,7
65	7,40	7,92	16,47	3,46	57,5
66	7,41	7,86	13,09	3,48	56,0
67	7,45	7,95	10,56	3,12	54,5
68	7,46	8,26	5,49	2,40	46,5
69	7,65	8,74	11,82	3,09	23,7
70	7,51	8,55	10,14	3,24	20,1
71	7,31	7,72	11,40	3,53	61,0
72	7,39	8,19	6,33	3,23	20,8
73	7,39	8,05	4,22	3,16	13,5
74	7,89	8,20	10,56	2,36	7,4
75	7,62	8,03	6,76	2,73	13,5
76	7,66	8,48	17,31	3,36	24,6
77	7,67	8,61	10,14	3,19	86,5
78	7,57	8,45	10,98	3,07	58,5
79	7,63	8,48	12,25	2,68	54,0
80	7,55	8,83	8,87	3,05	62,5

Red. br. uzorka	pH u KCl	pH u H_2O	$CaCO_3$ [%]	Humus [%]	P_2O_5 $\left[\frac{mg}{100g}\right]$
81	7,46	8,15	8,45	2,01	59,0
82	7,57	8,09	12,25	1,96	12,3
83	7,59	8,21	10,56	2,90	11,8
84	7,43	7,97	9,29	2,72	34,5
85	7,76	8,35	13,51	2,55	22,6
86	7,66	8,26	12,67	3,30	23,0
87	7,41	7,87	13,51	3,25	79,5
88	7,47	7,99	14,36	3,06	57,5
89	7,56	8,06	19,00	2,39	63,0
90	7,37	8,12	5,07	3,15	32,4
91	7,37	8,09	7,18	2,78	39,2
92	7,51	8,04	12,25	2,50	8,3
93	7,42	7,91	10,14	2,71	61,0
94	7,36	7,82	8,45	3,24	20,2
95	7,44	7,87	13,51	3,47	66,5
96	7,56	8,24	11,82	3,39	36,4
97	7,48	8,01	16,05	3,41	51,6
98	7,47	7,87	17,74	3,20	46,9
99	7,40	7,82	13,09	3,04	95,5
100	7,41	7,86	10,14	3,41	41,1
101	7,34	7,90	9,29	3,27	40,8
102	7,35	8,14	12,67	3,13	20,5
103	7,61	8,01	13,09	1,54	12,0
104	7,41	7,89	14,36	2,49	23,2
105	7,56	8,46	11,82	1,97	14,9
106	7,53	7,96	12,25	3,35	29,1
107	7,54	8,01	19,43	2,76	56,5
108	7,52	8,03	17,31	2,49	71,0
109	7,51	8,00	14,78	2,57	131,5
110	7,37	7,80	15,20	3,59	42,6
111	7,55	8,92	11,40	3,44	18,0
112	7,50	8,46	10,56	2,25	33,6
113	7,59	8,11	8,87	1,47	48,5
114	7,39	7,99	7,60	2,38	71,5
115	7,61	8,00	10,98	2,27	22,4
116	7,36	7,88	12,67	3,64	47,8
117	7,53	7,91	12,67	2,43	43,9
118	7,20	7,71	8,45	3,76	53,0
119	7,19	7,63	10,56	3,25	65,0
120	7,85	8,20	8,45	1,54	22,7
121	7,57	8,28	10,98	3,19	21,2
122*	4,72	5,75	0,56	3,36	4,9

122* - Kontrolni uzorak (Letenka)

Tabela VI Sadržaj ukupnog i pristupačnog olova u gradskom zemljištu Novog Sada

Red. br.	Oznaka na mapi	Naziv lokacije	GPS	Ukupno olovo [mg/kg]	Pristupačno olovo [mg/kg]
1	A1	Bate Brkića / Bul. Vojvode Stepe	45° 15' 19,20" N 19° 47' 38,08" E	17,37	4,0
2	B1	Braće Dronjak (kod vrtića)	45° 15' 10,45" N 19° 47' 52,48" E	85,45	16,5
3	C1	Bul. Jovana Dučića / Bate Brkića	45° 15' 3,62" N 19° 47' 52,25" E	96,02	35,2
4	D1	Futoški put (kod Minakve)	45° 14' 46,64" N 19° 48' 3,24" E	185,00	59,9
5	E1	Kiš Ernea / Melkiora Ejdulharija	45° 14' 44,04" N 19° 48' 12,58" E	22,05	4,3
6	F1	Somborski bulevar / Ilirska	45° 14' 28,10" N 19° 48' 26,60" E	16,52	2,7
7	G1	Pitagorina / Šarplaninska	45° 14' 14,57" N 19° 48' 31,34" E	26,38	4,7
8	H1	Feješ Klare / Kotorska	45° 14' 4,32" N 19° 48' 36,34" E	49,58	11,9
9	K1	Heroja Pinkija / Rudnička	45° 13' 52,17" N 19° 48' 44,45" E	22,82	6,6
10	L1	Podunavska / Ohridska	45° 13' 47,21" N 19° 48' 53,05" E	15,43	5,5
11	A2	Bul. Vojvode Stepe - kod pumpe	45° 15' 25,73" N 19° 47' 56,32" E	22,02	6,3
12	B2	Bul. Slobodana Jovanovića / Seljačkih buna	45° 15' 21,63" N 19° 48' 8,08" E	95,27	32,6
13	C2	Partizanskih baza / Lozovička	45° 15' 6,22" N 19° 48' 13,98" E	39,43	13,1
14	D2	Futoški put / Koste Abraševića	45° 14' 50,67" N 19° 48' 19,66" E	262,00	77,0
15	E2	Jovana Popovića / Koste Abraševića	45° 14' 38,03" N 19° 48' 26,73" E	46,36	13,2
16	F2	Neimarova / Rejmontova	45° 14' 31,18" N 19° 48' 34,18" E	37,37	8,3
17	G2	Feješ Klare / Petefi Šandora	45° 14' 23,70" N 19° 48' 40,05" E	45,74	13,6
18	H2	Stanoja Glavaša / Vatroslava Jagića	45° 14' 8,73" N 19° 48' 58,30" E	26,42	7,4
19	K2	Heroja Pinkija / Bolmanska	45° 14' 2,09" N 19° 48' 59,89" E	68,85	10,6
20	L2	Podunavska / Prešernova	45° 13' 49,11" N 19° 49' 2,40" E	46,08	21,5

Red. br.	Oznaka na mapi	Naziv lokacije	GPS	Ukupno olovo [mg/kg]	Pristupačno olovo [mg/kg]
21	A3	Bul. Vojvode Stepe / Slobodana Jovanovića	45° 15' 30,50" N 19° 48' 9,78" E	22,83	5,8
22	B3	Đorđa Nikšića Johana / Milana Ješića Ibri	45° 15' 26,85" N 19° 48' 22,28" E	20,82	5,8
23	C3	Radomira Raše Radujkova / Stojana Novakovića	45° 15' 14,27" N 19° 48' 23,36" E	33,11	10,2
24	D3	Branislava Borote / Gavрила Principa	45° 15' 7,47" N 19° 48' 36,27" E	15,10	3,0
25	E3	Futoški put / Subotička	45° 14' 52,03" N 19° 48' 40,80" E	173,70	61,3
26	F3	Romanijska (sredina ulice)	45° 14' 36,10" N 19° 49' 1,19" E	53,83	15,8
27	G3	Dalmatinska / Somborski bul.	45° 14' 24,60" N 19° 49' 7,20" E	39,70	11,7
28	H3	Ćirila i Metodija (kod gimnazije)	45° 14' 19,72" N 19° 49' 10,86" E	59,57	20,1
29	K3	Jerneja Kopitara (kod teniskog terena)	45° 14' 5,09" N 19° 49' 18,98" E	21,65	6,6
30	L3	Podunavska / Jerneja Kopitara	45° 13' 56,56" N 19° 49' 29,07" E	19,20	6,2
31	A4	Nadežde Petrović / Orlovića Pavla	45° 15' 46,34" N 19° 48' 38,07" E	41,25	13,6
32	B4	Koste Racina / Janka Čmelika	45° 15' 29,79" N 19° 48' 43,68" E	16,89	3,5
33	C4	Kopernikova / Janka Čmelika	45° 15' 19,73" N 19° 48' 52,19" E	19,22	4,4
34	D4	Branka Bajića / Veselina Masleše	45° 15' 11,65" N 19° 48' 52,77" E	19,50	3,6
35	E4	Futoška / Bul. Evrope	45° 14' 55,62" N 19° 49' 1,43" E	86,94	26,6
36	F4	Đorđa Magaraševića / Bul. Evrope	45° 14' 43,83" N 19° 49' 9,64" E	39,26	10,1
37	G4	Tone Hadžića / Bul. Evrope	45° 14' 31,69" N 19° 49' 18,35" E	48,73	14,1
38	H4	Bul. Cara Lazara / Cara Dušana	45° 14' 23,22" N 19° 49' 29,31" E	54,38	16,9
39	K4	Ive Andrića / Narodnog fronta	45° 14' 12,45" N 19° 49' 36,66" E	83,56	32,4
40	L4	Podunavska - Ribarsko ostrvo	45° 13' 56,17" N 19° 49' 37,85" E	68,23	25,7
41	M4	Ribarsko ostrvo - prvo skretanje	45° 13' 45,60" N 19° 50' 1,88" E	8,85	2,5

Red. br.	Oznaka na mapi	Naziv lokacije	GPS	Ukupno olovo [mg/kg]	Pristupačno olovo [mg/kg]
42	A5	Milenka Grčića / Banatska	45° 15' 50,06" N 19° 48' 40,44" E	29,72	5,3
43	B5	Trg Majke Jevrosime / Janka Veselinovića	45° 15' 38,28" N 19° 48' 51,40" E	24,43	6,0
44	C5	Hadži Ruvimova / Ilije Birčanina	45° 15' 28,12" N 19° 49' 4,16" E	19,59	4,3
45	D5	Drinska / Mikole Kočiša	45° 15' 13,31" N 19° 49' 10,93" E	27,38	6,9
46	E5	Mikole Kočiša / Nevesinjska	45° 15' 4,63" N 19° 49' 10,32" E	18,09	4,6
47	F5	Futoška / Cara Dušana	45° 14' 57,60" N 19° 49' 26,00" E	310,50	105,6
48	G5	Cara Dušana / Teodora Pavlovića	45° 14' 37,57" N 19° 49' 30,69" E	32,29	9,0
49	H5	Bul. Cara Lazara / Đorđa Serevickog	45° 14' 27,20" N 19° 49' 45,34" E	50,70	14,4
50	K5	Narodnog fronta / Balzakova	45° 14' 19,08" N 19° 49' 55,62" E	153,50	43,2
51	L5	1300 Kaplara / Bul. Despota Stefana	45° 14' 7,95" N 19° 50' 0,86" E	53,88	21,4
52	M5	Ribarsko ostrvo - drugo skretanje	45° 13' 51,41" N 19° 50' 14,83" E	22,59	7,5
53	A6	Rumenačka / Kornelija Stankovića	45° 15' 52,49" N 19° 48' 59,56" E	99,68	31,6
54	B6	Pasterova / Đorđa Joanovića	45° 15' 38,73" N 19° 49' 8,06" E	26,20	6,8
55	C6	Rumenačka / Bul. Kralja Petra	45° 15' 33,51" N 19° 49' 21,18" E	284,90	70,7
56	D6	Hajduk Veljkova (kod igrališta)	45° 15' 22,34" N 19° 49' 29,04" E	23,83	7,9
57	E6	Nikole Tesle (Futoški park)	45° 15' 6,51" N 19° 49' 40,70" E	23,63	7,6
58	F6	Futoška / Vojvode Knićanina	45° 14' 56,76" N 19° 49' 40,47" E	239,50	96,1
59	G6	Puškinova / Dože Đerđa	45° 14' 46,39" N 19° 49' 50,03" E	45,41	12,1
60	H6	Bul. Cara Lazara / Alekse Šantića	45° 14' 31,10" N 19° 50' 1,40" E	163,90	47,0
61	K6	Narodnog fronta / Šekspirova	45° 14' 24,40" N 19° 50' 14,43" E	88,12	30,7
62	L6	Bul. Despota Stefana (kod osnovne škole)	45° 14' 10,63" N 19° 50' 11,10" E	999,10	665,6
63	M6	Ribarsko ostrvo - treće skretanje	45° 13' 57,08" N 19° 50' 30,52" E	22,88	6,8

Red. br.	Oznaka na mapi	Naziv lokacije	GPS	Ukupno olovo [mg/kg]	Pristupačno olovo [mg/kg]
64	A7	Partizanska - kod "Kristala"	45° 15' 57,42" N 19° 49' 13,11" E	56,32	13,4
65	B7	Pariske komune - park kod stanice	45° 15' 51,64" N 19° 49' 25,36" E	34,29	10,7
66	C7	Paje Markovića / Omladinskog pokreta	45° 15' 44,12" N 19° 49' 34,73" E	76,36	27,2
67	D7	Slobodana Bajića / Marodićeva	45° 15' 25,77" N 19° 49' 40,08" E	55,62	14,7
68	E7	Novosadskog Sajma / Branimira Ćosića	45° 15' 17,06" N 19° 49' 51,49" E	17,16	4,4
69	F7	Futoška / Braće Ribnikara	45° 14' 58,48" N 19° 49' 56,24" E	236,90	82,4
70	G7	Braće Ribnikara / Miše Dimitrijevića	45° 14' 53,04" N 19° 50' 5,77" E	82,90	29,6
71	H7	Vladimira Nikolića - dvorište kod Toplane	45° 14' 42,76" N 19° 50' 19,72" E	75,28	25,2
72	K7	Narodnog fronta / Bul. Oslobođenja	45° 14' 29,38" N 19° 50' 32,20" E	230,10	97,0
73	L7	Limanski park - unutrašnjost, kod Šekspirove	45° 14' 18,15" N 19° 50' 24,75" E	19,48	5,4
74	M7	Ribarsko Ostrvo - špic	45° 14' 1,84" N 19° 50' 40,16" E	9,95	3,0
75	A8	Partizanska - kod OMV pumpe	45° 16' 4,93" N 19° 49' 26,17" E	154,90	14,2
76	B8	Bul. Jaše Tomića / Gagarinova	45° 15' 49,54" N 19° 49' 38,54" E	198,90	38,6
77	C8	Bul. Oslobođenja / Bul. Jaše Tomića	45° 15' 49,38" N 19° 49' 49,58" E	40,59	12,6
78	D8	Bul. Oslobođenja / Bul. Kralja Petra	45° 15' 36,89" N 19° 49' 56,48" E	111,20	27,5
79	E8	Bul. Oslobođenja / Novosadskog Sajma	45° 15' 17,27" N 19° 50' 7,37" E	69,72	27,0
80	F8	Bul. Oslobođenja / Futoška	45° 15' 8,59" N 19° 50' 12,36" E	97,88	14,2
81	G8	Bul. Oslobođenja / Maksima Gorkog	45° 14' 54,24" N 19° 50' 20,19" E	54,67	14,2
82	H8	SPENS / Stadion - kod teniskih terena	45° 14' 44,68" N 19° 50' 32,33" E	18,04	3,5
83	K8	Narodnog fronta / Dr Ivana Ribara	45° 14' 30,74" N 19° 50' 37,43" E	214,40	75,7
84	L8	Bul. Despota Stefana / Dragiše Brašovana	45° 14' 19,79" N 19° 50' 46,00" E	50,04	16,5

Red. br.	Oznaka na mapi	Naziv lokacije	GPS	Ukupno olovo [mg/kg]	Pristupačno olovo [mg/kg]
85	A9	Sentandrejski put / Partizanska	45° 16' 11,17" N 19° 49' 53,72" E	204,50	51,2
86	B9	Kisačka / Hadži Đerina	45° 16' 5,71" N 19° 49' 56,11" E	318,70	85,3
87	C9	Berislava Berića / Kraljevića Marka	45° 15' 50,00" N 19° 50' 7,60" E	50,50	18,5
88	D9	SvetoJovanska / Đurđa Brankovića	45° 15' 37,27" N 19° 50' 14,13" E	29,05	8,4
89	E9	Lukijana Mušickog / Masarikova	45° 15' 27,72" N 19° 50' 21,88" E	42,27	11,3
90	F9	Uspenska / Jevrejska	45° 15' 16,34" N 19° 50' 32,18" E	113,10	44,1
91	G9	Maksima Gorkog / Sremska	45° 14' 56,47" N 19° 50' 37,29" E	175,90	84,8
92	H9	Lovćenska / Radnička	45° 14' 53,48" N 19° 50' 52,13" E	22,52	7,0
93	K9	Bul. Cara Lazara / Fruškogorska	45° 14' 43,32" N 19° 50' 49,42" E	206,60	62,9
94	L9	Milke Grgurove / Veljka Petrovića	45° 14' 31,14" N 19° 51' 6,13" E	27,60	8,1
95	A10	Šajkaška / Đorđa Zličića	45° 16' 20,08" N 19° 50' 8,37" E	41,34	10,5
96	B10	Partizanska / Đorđa Zličića	45° 16' 10,99" N 19° 50' 10,23" E	61,64	12,4
97	C10	Jovana Cvijića / Karađorđeva	45° 15' 53,20" N 19° 50' 20,67" E	61,15	17,2
98	D10	Dositejeva / Karađorđeva	45° 15' 47,14" N 19° 50' 26,00" E	76,35	29,9
99	E10	Nikolajevska (kod crkve)	45° 15' 31,41" N 19° 50' 40,31" E	37,21	8,5
100	F10	Modene / Ilije Ognjanovića	45° 15' 15,81" N 19° 50' 49,09" E	54,29	16,8
101	G10	Vladike Platona / Jovana Đorđevića	45° 15' 9,76" N 19° 50' 54,83" E	39,22	10,9
102	H10	Bul. Cara Lazara / Stevana Musića	45° 14' 55,82" N 19° 51' 9,88" E	203,10	68,4
103	K10	Sunčani kej (kod Rektorata)	45° 14' 49,96" N 19° 51' 16,54" E	15,94	4,2
104	L10	Sunčani kej (kod Đačkog igrališta)	45° 14' 36,71" N 19° 51' 17,50" E	19,86	5,2

Red. br.	Oznaka na mapi	Naziv lokacije	GPS	Ukupno olovo [mg/kg]	Pristupačno olovo [mg/kg]
105	A11	Temerinski put / Teodora Mandića	45° 16' 25,85" N 19° 50' 26,26" E	32,95	28,6
106	B11	Temerinski put / Partizanska	45° 16' 11,18" N 19° 50' 31,88" E	230,50	42,6
107	C11	Jug Bogdana / Tekelijina	45° 15' 58,38" N 19° 50' 44,86" E	44,26	10,6
108	D11	Gundulićeva (kod osnovne škole)	45° 15' 51,75" N 19° 50' 41,29" E	32,67	8,6
109	E11	Đorđa Jovanovića / Zlatne grede	45° 15' 35,85" N 19° 50' 55,39" E	53,42	17,6
110	F11	Dunavska (kod Muzeja savremene umetnosti)	45° 15' 25,87" N 19° 51' 10,88" E	37,35	14,9
111	G11	Kej Žrtava racije / Trg Neznanog junaka	45° 15' 13,46" N 19° 51' 18,56" E	61,75	17,0
112	H11	Maksima Gorkog / Kej Žrtava racije	45° 15' 7,96" N 19° 51' 18,06" E	34,99	9,9
113	K11	Sunčani kej / Bul. Cara Lazara	45° 14' 54,07" N 19° 51' 19,72" E	14,48	4,4
114	B12	Put Šajkaškog odreda (kod stare fabrike)	45° 16' 16,96" N 19° 50' 53,00" E	142,60	41,9
115	C12	Venizolosova / Filipa Višnjića	45° 16' 3,16" N 19° 50' 53,18" E	58,05	14,6
116	D12	Bele njive / Filipa Višnjića	45° 15' 56,58" N 19° 50' 58,00" E	46,90	13,6
117	E12	Marka Miljanova / Šumadijska	45° 15' 41,64" N 19° 51' 7,03" E	53,90	17,3
118	F12	Dušana Vasiljeva / Episkopa Visariona	45° 15' 35,73" N 19° 51' 12,02" E	58,50	24,2
119	C13	Ribarska / Kanalska	45° 16' 11,67" N 19° 51' 12,09" E	81,09	28,4
120	D13	Bajči Žilinskog / Carinska	45° 16' 0,53" N 19° 51' 21,63" E	268,20	119,4
121	E13	Beogradski kej (kod Železničkog mosta)	45° 15' 43,83" N 19° 51' 24,80" E	72,59	26,4
122	/	Letenka (kontrolni uzorak)	45° 09' 27,10" N 19° 46' 02,86" E	33,25	12,7

Literatura

- [1] Kastori, R., (2000) Teški metali u zemljištu u: *Teški metali u životnoj sredini*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo. Novi Sad.
- [2] Nriagu, J.O., (1989) Nature. 338: 47 – 49.
- [3] Adriano, D.C., (1986) *Trace Elements in the Terrestrial Environment*. Springer-Verlag. New York Inc.
- [4] Lindberg, S.E. and Harris, R.C., (1981) Water, Air and Soil Pollution. 16: 13 – 31.
- [5] Davies, B.E., (1995) Lead in: *Heavy Metals in Soils*. ed. Alloway, B.J., Blackie and Son Ltd. 206 – 223.
- [6] Zhang, C., (2006) Using multivariate analyses and GIS to identify pollutants and their spatial patterns in urban soils in Galway, Ireland. Environmental Pollution. 142: 501 – 511.
- [7] Chen, T.B., Wong, J.W.C., Zhou, H.Y., Wong, M.H. (1997) Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Hong Kong. Environmental Pollution. 96: 61 – 68.
- [8] Wei C., Wang C., b, Yang, L., (2009) Characterizing spatial distribution and sources of heavy metals in the soils from mining-smelting activities in Shuikoushan, Hunan Province, China. Journal of Environmental Sciences. 21, 9: 1230 – 1236.
- [9] Olajire, A., Ayodele, E. T., (1997) Contamination of roadside soil and grass with heavy metals. Environment International. 23, 1: 91 – 101.
- [10] Guney, M., Onay, T.T, Coptu, N.K., (2010) Impact of overland traffic on heavy metal levels in highway dust and soils of Istanbul, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment. 164: 101 – 110.
- [11] Duzgoren-Ayudin, N.S., Li, X.D., Wong, S.C., (2004) Lead contamination and isotope signatures in the urban environment of Hong Kong. Environmental International. 30: 209 – 219.
- [12] D’Elia, V., Lodi, V., Naldi, M., Gherardi, G., Violante, F.S., Bonparola, M., Badiello, R., Raffi, G.B. (1999). Gardening Work and Heavy Metals in Urban Environment. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology. 50, 2: 163 – 170.

- [13] "Izvestaj o stanju zemljišta u republici Srbiji", Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja. (2006-2008) http://www.sepa.gov.rs/download/Stanje_zemljišta.pdf
- [14] Sekulić, P., Hadži, V., Lazić B. (1997) Plodnost i sadržaj opasnih i štetnih materija u baštama grada Novog Sada. Eko-konferencija '99 Monografija. Novi Sad
- [15] Sekulić, P., Dozet, D., Navalusić, J. (1999). Zagađenje zemljišta i biljaka olovom iz izduvnih gasova motornih vozila u prigradskom naselju. Eko-konferencija '99 Monografija. Novi Sad.
- [16] Sekulić, P., Mihailović, A., Budinski-Petković, Lj., Grujić, S. (2002) Pb content in urban soil in the vicinity of urban crossroads. Eko-konferencija '03 Monografija. Novi Sad.
- [17] Vapa, M., (1993) Teški metali i zdravlje ljudi i životinja u *Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine*. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo. Novi Sad.
- [18] Moore, M.R., *et al.* (1989) The percutaneous absorption of lead-203 in humans from cosmetic preparations containing lead acetate, as assessed by whole-body counting and other techniques. *Food Cosmet. Toxicol.*, 18, 4: 399 – 409.
- [19] Rabinowitz, M.B., Wetherill, G.W and Kopple, J.D., (1976) Kinetic analysis of lead metabolism in healthy humans, *J. Clin. Invest.* 58, 2: 260 – 270.
- [20] Hanninen, H. *et al.* (1979) Subjective symptoms in low-level exposure to lead, *Neurotoxicology* 1, 333 pp. (1979)
- [21] Alessio, L. and Foa, V. (1983) Lead, In : *Human Biological Monitoring of Industrial Chemicals Series*, L. Alessio, A. Berlin, R. Roi and M. Boni (eds.), Commission of the European Communities, 107 pp.
- [22] M.A. Smith, The effects of low-level lead exposure on children, in *Lead Exposure and Child Development: An International Assessment*, M.A. Smith, L.D. Grant, and A.I. Sors (eds), Kluwer Academic Publishers, Boston, MA. p. 3. (1989)
- [23] Benka, P., (2003) Primena geografskih informacionih sistema pri evidentiranju vanšumskog zelenila, EKO-konferencija '03 - Monografija, Novi Sad.
- [24] Bajat, B., Blagojević, D., (2007) Primena geostatistike u prostornim analizama, Glasnik Srpskog geografskog društva, Sveska LXXXVII - Br. 2