

## Procena zagađenosti zemljišta na teritoriji Beograda

Pejović Snežana

Kliničko bolnički centar Zemun-Beograd, Srbija

### Apstrakt

Cilj našeg istraživanja bio je da se izvrši analiza podataka o koncentracijama opasnih i štetnih materija u zemljištu na teritoriji Beograda, da se identifikuju najčešće zagađujuće materije, kao i da se predlog mera za smanjenje zagađenosti zemljišta na teritoriji Beograda. Uzorkovano je i laboratorijski ispitano 60 uzoraka zemljišta sa 30 lokacija. Lokacije sa kojih je vršeno uzorkovanje zemljišta bile su u područjima u zoni sanitарне zaštite beogradskog vodovoda, u blizini prometnih saobraćajnica, zemljište u okviru komunalne sredine i zemljište u blizini industrijskih objekata. Odstupanja se pre svega odnose na prisustvo povećane koncentracije nikla u zemljištu, dok su povećane vrednosti drugih ispitivavnih parametara registrovane u pojedinačnim uzorcima i na specifičnim lokacijama. Da bi se popravilo postojeće stanje zagađenosti zemljišta u Beogradu i prevenirala dalja degradacija potrebno je nastaviti sa sistematskim praćenjem stanja zagađenosti zemljišta, ali i sproveđenje mera koje minimiziraju zagađenje zemljišta i mera koje za cilj imaju sanaciju postojećeg zagađenja.

**Ključne reči:** Beograd, zemljište, zagađenost

### Uvod

Kvalitet zemljišta je indikator kvaliteta čitavog okruženja i pruža sveobuhvatnu sliku o stanju mnogih karakteristika i procesa koji se dešavaju u jednom ekosistemu. Najpraktičnije definicije kvaliteta zemljišta odnose se na funkciju zemljišta. Obično upotrebljavana definicija kvaliteta zemljišta od strane agronoma ističe produktivnost, odnosno plodnost zemljišta. Kvalitet zemljišta se procenjuje procenom njegovih fizičkih, hemijskih i bioloških karakteristika, kao i procesa koji se odvijaju u zemljištu<sup>1</sup>. Tri su glavne funkcije zemljišta koje treba imati u vidu kada se ispituje kvalitet zemljišta – njegova sposobnost da bude medijum za rast biljaka, sposobnost da učestvuje i reguliše kretanje vode kroz prirodu i sposobnost da služi kao amortizer zagadivanja okoline. Fizičke, hemijske i biološke karakteristike zemljišta u međusobnom sadejstvu čine da zemljište bude sposobno da zodovoljava ove funkcije.

Zagađenje zemljišta nastaje kada se površinski slojevi opterete velikim količinama otpadnih materija koje ne mogu da se razgrade pod normalnim uslovima samoprečišćavanja<sup>2</sup>. Zagađenje nastaje deponovanjem čvrstog otpada, preplavljanjem otpadim vodama ili taloženjem materija iz zagađenog vazduha. Postoji mogućnost zagadivanja zemljišta iz udaljenih izvora posredstvom aerozagadenja. Zagaden površinski sloj može da predstavlja izvor hemijskog trovanja čoveka preko vode i hrane koji sa njega potiču, izvor infekcije mikroorganizmima i zaraze parazitima, kao i šireg zagadivanja vazduha i vodotokova.

## Assessment of soil pollution in Belgrade

Pejovic Snezana

Clinical Hospital Center Zemun-Belgrade, Serbia

### Abstract

The aim of our study was analyzing data on concentrations of hazardous and noxious substances in the soil in Belgrade, identifying the most common pollutants, as well as proposing measures for reducing pollution of the soil in Belgrade. 60 soil samples from 30 locations were sampled and tested. The samples were taken in locations in the zone of sanitary protection Belgrade waterworks, near the roads, land within the municipal environment and land in the industrial zones. Deviations are primarily related to the presence of increased concentrations of nickel in the soil, while increased values of other parameters were registered in individual samples at specific locations. In order to improve the current state of soil pollution in Belgrade and prevent further degradation, it is necessary to continue with the systematic monitoring of soil contamination, and implement measures to minimize pollution of land and measures aimed at rehabilitation of existing pollution.

**Keywords:** Belgrade, land, pollution

Neogradnske materije zagađuju površinske, ređe dublje slojeve zemljišta. Posledica je nepovoljne dispozicije otpada iz domaćinstva, industrije, rудarstva. To može da bude zbog razlivanja zagađenih otpadnih voda (sredstva za pranje i čišćenje, industrijske otpadne vode, flotacije rudnika i sl.), ili odlaganjem čvrstog smeća (otpaci koji sadrže hemijska jedinjenja, ambalaža sa ostacima sadržaja, baterije, metali i nemetali iz proizvodnje, šljaka iz termoelektrana). Svi neorganski elementi i jedinjenja menjaju sastav zemljišta i kada zagađenje dostigne određenu granicu dolazi do štetnog dejstva na okolinu<sup>2</sup>.

Organske materije koje zagađuju zemljište su fekalije, otpaci hrane, otpaci iz prehrambene industrije, industrije drveta i celuloze, nafta i njeni derivati, ulja i maziva, leševi i konfiskati domaćih životinja.

Patogeni mikroorganizmi dospevaju u zemljište preko izlučevina obolelih ljudi i životinja i nehigijenskim zakopavanjem njihovih leševa. U površinskim slojevima zemljišta brzo propadaju vegetativni oblici mikroorganizama, ali spore mogu da se zadrže veoma dugo, zavisno od vrste, otpornosti spora i uslova u zemljištu (pojedine vrste Clostridium sp. mogu da se zadrže i preko 10 godina).

Imajući u vidu ogroman značaj koji zemljište ima na ceo ekosistem i posledice koje zagađeno zemljište može da ima na zdravlje ljudi, cilj našeg istraživanja bio je da se izvrši analiza podataka o koncentracijama opasnih i štetnih materija u zemljištu na teritoriji Beograda, da se identifikuju najčešće zagađujuće materije, kao i da se predlog mera za smanjenje zagađenosti zemljišta na teritoriji Beograda.

## Materijal i metode

Uzorkovano je i laboratorijski ispitano 60 uzoraka zemljišta sa 30 lokacija. Lokacije sa kojih je vršeno uzorkovanje zemljišta bile su u sledećim područjima:

- zemljište u zoni sanitарне заštite beogradskog vodovoda
- zemljište u blizini prometnih saobraćajnica
- zemljište u okviru komunalne sredine
- zemljište u blizini industrijskih objekata

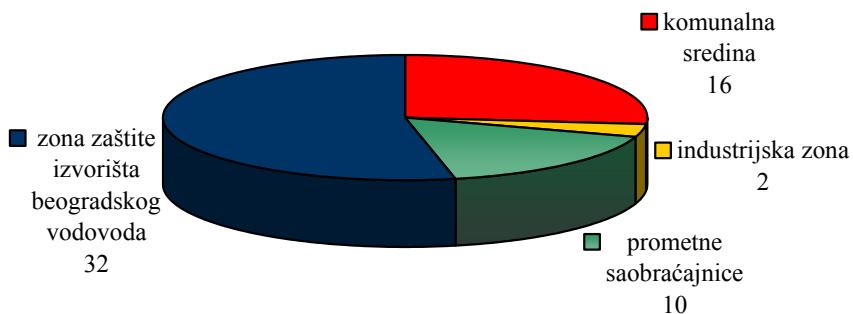
Na svim lokacijama uzorkovanje je obavljeno sa dubine 0,10 i 0,50 m.

U uzorcima zemljišta analiziran je sadržaj sledećih parametara: pH vrednost, vlaga, azot, fosfor, sulfati, arsen, nikl, hrom, cink, bakar, kadmijum, olovo, živa, pesticidi, policiklični aromatični ugljovodonici (PAU), mineralna ulja (ukupni ugljovodonici  $C_{10} - C_{40}$ ), polihlorovani bifenili (PCB).

Uzorkovanje, laboratorijsko ispitivanje i tumačenje rezultata je izvršeno u skladu sa odredbama Pravilnika o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja („Službeni glasnik R.S.“, br 23/94)<sup>3</sup> i zahtevima standarda SRPS ISO 17025. Za parametre ispitivanja čije vrednosti nisu normirane navedenim pravilnikom, u tumačenju su korišćeni standardi zemalja Evropske Unije: Holandski standard za zemljište (Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Circular on target values and intervention values for soil remediation, 2000 The Hague)<sup>4</sup> i Italijanska regulativa za kvalitet zemljišta (Italian legislation D Lgs 152/06 – Table 1 soil quality)<sup>5</sup>.

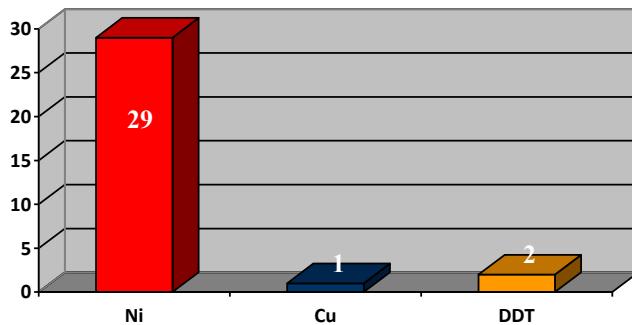
## Rezultati

U zoni zaštite izvorišta beogradskog vodovoda obrađena su po dva uzorka na 16 lokacija (Grafikon 1.) na području Ade Ciganlige, Makiškog polja, Surčinskog polja i desne obale Save. U području u blizini prometnih saobraćajnica obrađena su po dva uzorka sa 5 lokacija sa područja Novog Beograda, Banovog Brda, Železnika i pored Savske magistrale. U okviru komunalne sredine obrađena su po dva uzorka sa 8 lokacija sa područja Žarkova, Borče, Banjice, Čukarice i Skadarlike. Iz blizine industrijskih objekata obrađena su dva uzorka sa 1 lokacije – industrijska zona Železnik.



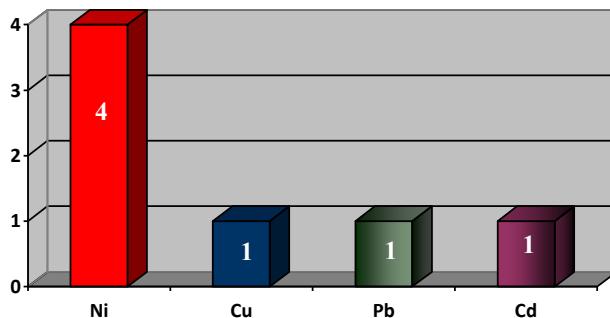
**Grafikon 1.** Broj uzoraka zemljišta prema području ispitivanja

U 29 od 32 uzorka uzetih u okviru zone sanitarne zaštite izvorišta beogradskog vodovoda, registrovana je povećana koncentracija nikla u odnosu na norme predviđene važećim pravilnikom. Koncentracija nikla u ispitivanim uzorcima kretala se u rasponu 53,9 – 134,6 mg/kg (MDK za nikl je 50 mg/kg). Koncentracije drugih teških metala nije bila povećana, izuzev povećane koncentracije bakra u jednom uzorku zemljišta u Makiš polju – 110,9 mg/kg Cu (MDK za bakar je 100 mg/kg). U 2 uzorka zemljišta je registrovano prisustvo rezidua DDT-a u niskim koncentracijama, i to na lokacijama Ada Ciganlija na levoj obali Save 20 m od reni buvara br. 19 (60,0 mg/kg) i u Makiš polju (15,0 mg/kg).



**Grafikon 2.** Broj uzoraka sa povećanim koncentracijama ispitivanih parametara u okviru zone sanitarne zaštite izvorišta beogradskog vodovoda

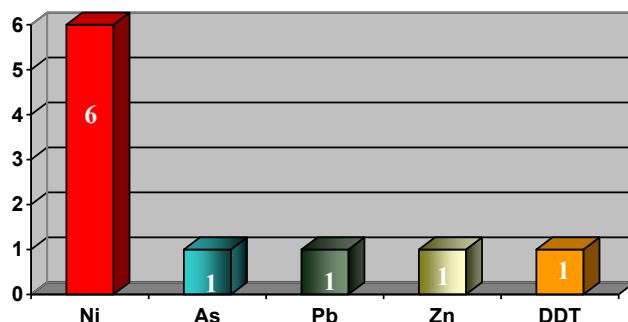
U 4 od 10 ispitivanih uzorka zemljišta uzetih pored velikih saobraćajnica povećan je sadržaj nikla. Koncentracije nikla u ispitivanim uzorcima zemljišta kretala se u rasponu 51,4 – 87,8 mg/kg. U jednom uzorku detektovana je povišena koncentracija bakra (148,9 mg/kg). Ovaj uzorak zemljišta uzet je sa lokacije pored Savske magistrale – odvajanje za Ibarsku magistralu. U jednom uzorku zemljišta registrovana je povećana koncentracija olova – pešačko ostrvo u Bulevaru vojvode Mišića, kod nadvožnjaka Banovo Brdo. U ovom uzorku koncentracija ovola je bila 366,6 mg/kg. (MDK za Pb je 100 mg/kg). Povećana koncentracija kadmiјuma registrovana je u jednom uzorku. U uzorku uzetom u Železniku pored pruge – ispod nadvožnjaka izmeđena je koncentracija kadmiјuma od 4,7 mg/kg. (MDK za Cd je 3 mg/kg).



**Grafikon 3.** Broj uzoraka sa povećanim koncentracijama ispitivanih parametara u blizini velikih saobraćajnica

U 6 od 16 uzoraka zemljišta konstatovano je prekoračenje maksimalno dozvoljenih vrednosti za nikl. Koncentracija nikla u ispitivanim uzorcima zemljišta kretale su se u rasponu 53,9 – 67,6 mg/kg. U dva uzorka zemljišta bio je povećan sadržaj drugih metala i to arsena u uzorku uzetom sa platoa ispred javne česme Bele Vode u Žarkovu – 81,2 mg/kg (MDK za As je 25 mg/kg) i olova i cinka u površinskom sloju zemljišta u Skadarliji – 117,4 mg/kg Pb i 537,9 mg/kg Zn. (MDK za Zn je 300 mg/kg). U jednom uzorku zemljišta uzetom na Čukarici – ugao Vase Pelagića i Vodovodske registrovano je prisustvo rezidua DDT-a.

U oba uzorka zemljišta uzorkovana u Industrijskoh zoni Železnik – ulica Tome Buše, ispred ulaza u stovarište „Inos“, registrovane su visoke koncentracije teških metala: olova, cinka, bakra i kadmijuma. Pored toga, povećana je i koncentracija nikla, ali ona nije odstupala od vrednosti koje se beleže u zemljištu u širem okruženju. U oba uzorka zemljišta konstatovano je i prisustvo visokih koncentracija vrednosti mineralnih ulja (indeks ugljovodonika  $C_{10} – C_{40}$ ), pri čemu je njihova koncentracija u površnom sloju bila značajno viša (8574,3 mg/kg na dubini od 0,10 m).



**Grafikon 4.** Broj uzoraka sa povećanim koncentracijama ispitivanih parametara u okviru komunalne sredine

## Diskusija

Ispitivanje zagađenosti zemljišta u okviru 4 prikazane zone gradskog područja, ukazuje da na pojedinim lokacijama na teritoriji grada postoje odstupanja u pogledu sadržaja opasnih i štetnih materija u zemljištu u odnosu na merodavnu domaću i međunarodnu regulativu. Odstupanja se pre svega odnose na prisustvo povećane koncentracije nikla u zemljištu, dok su povećane vrednosti drugih ispitivavnih parametara registrovane u pojedinačnim uzorcima i na specifičnim lokacijama.

Povećan sadržaj nikla u odnosu na norme koje su date u važećem pravilniku,<sup>3</sup> konstatovan je u 39 od 60 ispitanih uzoraka. Ova pojava je u vezi sa specifičnim geohemijskim sastavom površinskih slojeva tla na ovom području i nije uzrokovanja ljudskom delatnošću. Do ovakvog zaključka se dolazi na osnovu višegodišnjeg praćenja zagađenosti zemljišta na posmatranom području, obzirom da se slične koncentracije nikla beleže u većini ispitivanih uzoraka u okviru prostora Generalnog urbanističkog plana<sup>6</sup>.

U 8 uzoraka zemljišta detektovano je odstupanje sadržaja ostalih metala koji su normirani u pravilniku. Visoka koncentracija olova u površinskom sloju zemljišta (dubina 10 cm) na pešačkom ostrvu u Bulevaru vojvode Mišića, ukazuje na uticaj izduvnih gasova motornih vozila i posledica je korišćenja goriva sa olovnim aditivima.

Najviše odstupanja, kada je u pitanju sadržaj teških metala, registrovano je u okviru industrijske zone u Železniku. U oba uzorka zemljišta uzorkovana pored ulice Tome Buše, ispred ulaza u stovarište „Inos“, bio je povećan sadržaj olova, cinka, bakra, a u dubljem sloju i kadmijuma. Koncentracije metala čije su vrednosti povišene u oba ispitana sloja zemljišta, značajno su više u površnom sloju zemljišta na dubini od 10 cm, što ukazuje na kontaminaciju zemljišta preko površine. Povećan sadržaj kadmijuma, ustanovljen u površnom sloju zemljišta pored pružnog koloseka koji prolazi pored navedenog kompleksa, može biti povezan sa aktivnostima u okviru industrijske zone ili je u vezi sa uticajem nastalim usled odvijanja železničkog saobraćaja.

Što se tiče niskih vrednosti razgradnih produkata DDT-a u 3 uzorka zemljišta uzetih sa različitim lokacija u okviru ispitivanih zona, može se konstatovati da se u zemljištu na široj teritoriji grada još uvek mogu

detektovati rezidue ovog pesticida koji je nekada bio u širokoj upotrebi. Ovakav nalaz je u vezi sa hemijskim karakteristikama DDT-a, među kojima je najznačajnija produžena razgradnja. DDT kao i druge organohlorne pesticide, karakteriše perzistentnost u životnoj sredini, odnosno dugo vreme poluraspada, koje se meri desetimana godina<sup>2</sup>. Zbog ovakvih karakteristika korišćenje ovih pesticida je zabranjeno za konvencionalnu upotrebu. DDT se na području Beograda koristio u akcijama za tretiranje komaraca prskalicama (sa zemlje), na zelenim porvrišinama u okviru gradske zone. Vrednost DDT-a u ispitivanim uzorcima zemljišta bile su znatno ispod vrednosti koja je prema Holandskom standardu<sup>4</sup> označena kao interventna, odnosno koja bi zahtevala postupak remedijacije (4000 µg/kg).

Izuzev u jednom uzorku, koncentracije PAU registrovane tokom kontrole zagađenosti zemljišta na teritoriji Beograda bile su ispod vrednosti od 40 mg/kg, koja je prema Holandskom standardu granica za kontaminirana zemljišta koja bi zahtevala remedijaciju (MDK za PAU nije utvrđena u domaćem pravilniku). Najveća registrovana registrovana vrednost PAU prisutna je u jednom uzorku zemljišta uzorkovanog u Skadarliji (34162 µg/kg), dok je u svim ostalim uzorcima njihova koncentracija bila ispod 3000 µg/kg.

Policiklični aromatični ugljovodonici su grupa jedinjenja koja nastaju sagorevanjem organske materije, pri čemu su najčešći izvori oslobođanja u atmosferu termoenergetska postrojenja (toplane, kotlarnice, kućna ložišta) i saobraćaj. Značaj PAU je u tome što pojedina jedinjenja iz ove grupe imaju kancerogeni efekat ili su suspektni kancerogeni (najznačajniji predstavnik je benzo(a)piren). Od drugih toksičnih organskih polutantata ni u jednom uzorku zemljišta nije registrovan nalaz polihlorovanih bifenila (PCB), dok je u većem broju uzoraka registrovano prisustvo mineralnih ulja (indeks ugljovodonika C<sub>10</sub> – C<sub>40</sub>) u tragovima. Vrednosti mineralnih ulja u svim laboratorijski ispitanim uzorcima mogu da se okarakterišu kao niske, obzirom da su ispod vrednosti koje je prema Direktivi Evropske Unije granična vrednost za nezagadžena zemljišta (500 mg/kg). Bez obzira na navedeno, neophodno je dalje pratiti njihov sadržaj, naročito u zemljištu pored velikih saobraćajnica, gde se najčešće registruju. Samo u uzorku zemljišta iz industrijske zone Železnik, u kome je sadržaj teških metala bio povišen, na zauljenoj površini pored saobraćajnice, registrovana je visoka koncentracija mineralnih ulja od 8574,3 mg/kg – očigledno nastala kao posledica izlivanja motornog ulja.

Kontaminacija zemljišta je u najvećem procentu slučajeva posledica ljudskih aktivnosti koje u sebi nisu imale ugradene mere za očuvanje i zaštitu životne sredine, kao i sanaciju ostvarenih uticaja. Najveći izvori zagadenja zemljišta na teritoriji grada su industrija, poljoprivreda, saobraćaj, termoenergetska postrojenja, komunalne delatnosti, kao i neuređene deponije<sup>7</sup>. Na teritoriji grada još uvek ne postoje objekti i uređaji za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda, a postavlja se pitanje efikasnosti postojećih i potreba postavljanja novih uređaja za prečišćavanje oslobođenih gasova velikih emitera. Ovome treba dodati i zastarelost vozognog fonda i značajnu emisiju zagađujućih materija iz motornih vozila koja se kreću gradskim ulicama.

Bitan činilac u sagledavanju geneze postojećeg stanja i budućih perspektiva predstavlja i činjenica da ne postoji dovoljno razvijena svest građana o potrebi očuvanja životne sredine, kao i da u praksi nije dovoljno razrađena i primenjivana kaznena politika za sankcionisanje postupaka i aktivnosti koje ugrožavaju životnu sredinu.

Poseban problem predstavlja podatak da na nivou Grada, kao ni Republike, ne postoji posebno oformljena i opremljena služba, koja bi na poziv građana, stručnih službi ili inspekcijskih organa, reagovala brzom sanacijom kontaminiranog terena, odnosno neutralizacijom oslobođenih zagađujućih materija, pre nego što se odgovarajućim postupkom ustanovi uzrok, odnosno vinovnik zagađenja. Ovaj problem je značajan kako u slučajevima akidentalnog oslovađanja zagađujućih materija i značajnog ugrožavanja životne sredine i zdravlja ljudi, tako i kod kontaminacije manjih razmara.

### Predlog mera

Da bi se popravilo postojeće stanje zagađenosti zemljišta u Beogradu i prevenirala dalja degradacija, potrebno je sprovođenje sledećih mera:

1. Sagledati značaj pojedinih zagađivača kao izvora degradacije supstrata životne sredine, obezbediti njihov stalni monitoring, a ujedno pristupiti i sprovođenju mera usmerenih na otklanjanje (minimiziranje) njihovog uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi.

2. Pojedine zone na teritoriji grada od posebnog interesa za stanovništvo, obraditi posebnim ekotoksikološkim i epidemiološkim istraživanjima u cilju sagledavanja rizika po zdravlje stanovništva i supstrata životne sredine. Ovo se prevashodno odnosi na prostor u okviru zone zaštite beogradskog vodovoda, prostor komunalne deponije u Vinči, industrijske komplekse, zemljište pored magistralnih saobraćajnica, zemljište u okviru gradskih parkova i zona rekreacije, poljoprivredne površine na periferiji na kojima se proizvode životne namirnice koje se koriste u ishrani stanovništva.

3. Primeniti mere zaštite zemljišta pored saobraćajnica, uređenjem sistema za prikupljanje i tretman voda sa kolovoza (kanali pored puta, šahtovi za sakupljanje i taloženje splavina) kako bi se sprečila kontaminacija zemljišta i procedivanje zagađujućih materija u podzemne vode.

4. Ubrzati centralizaciju sistema za grejanje urbanog područja i prelazak na ekološki prihvatljivije izvore energije.

5. U cilju definisanja uslova nastanka i širenja zagađenja, utvrđivanja zone kontaminacije, odnosno graniče zdravog zemljišta, dopuniti ispitivanja zagađenosti zemljišta (na širem području) na onim lokacijama gde je utvrđeno značajnije prisustvo zagađujućih materija.

6. Formirati službu (u okviru postojećih javno-komunalnih preduzeća) ili sklopiti ugovor sa preduzećem registrovanim za postupke sanacije kontaminiranih supstrata životne sredine, u cilju zbrinjavanja akcidentalnih zagađenja ili komunalnih problema, koji imaju elemente zagađenja životne sredine.

7. Nastaviti prikupljanje podataka o prisustvu zagađujućih materija u zemljištu u cilju izrade mape područja grada sa podacima o zagađenosti zemljišta, posebno osetljivim zonama i zonama koje su posebno opterećene zagađivačima specifičnog porekla (industrijsko zagađenje, zagađenje poreklom od saobraćaja, od poljoprivrednih aktivnosti, zagađenje unutar zona sanitарне zaštite objekata i izvorišta vodosnadbevanja).

## Literatura

1. Pidwirny M. Soil. In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). <http://www.eoearth.org/article/Soil>
2. Kocijančić R i sar. Higijena, Zavod za izdavanje udžbenika i nastavnih sredstava, Beograd, 2002.
3. Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i void za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja, Službeni glasnik RS, br 23/94.
4. Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment, Circular on target values and intervention values for soil remediation, 2000 The Hague. Italian legislation D Lgs 152/06
5. Gradski zavod za zaštitu zdravlja Beograd. Ekološka valorizacija područja generalnog plana Beograda – Ekološki atlas beograda, Vol. B, 2002.
6. <http://www.rec.rs>, pristupljeno 20. 08. 2011.

Primljen 20 XII 2011.

Revidiran 13. I 2012.

Prihvaćen 28. I 2012.