

LABORATORIJA ZA ZEMLJIŠTE I AGROEKOLOGIJU

Arh.br. 08-95/846

datum: 28.03.2011.god.



Republika Srbija
Autonomna Pokrajina Vojvodina
Vlada

POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE I ODRŽIVI
RAZVOJ
Bulevar Mihajla Pupina 16, 21000 Novi Sad

PROJEKAT

**ISPITIVANJE KVALITETA ZEMLJIŠTA U BLIZINI
POTENCIJALNE LOKALNE EKOLOŠKE MREŽE NA
PROSTORU SREDNJEG BANATA**

Novi Sad, mart 2011.
INSTITUT ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO
LABORATORIJA ZA ZEMLJIŠTE I AGROEKOLOGIJU
NOVI SAD

P R O J E K A T

**ISPITIVANJE KVALITETA ZEMLJIŠTA U BLIZINI
POTENCIJALNE LOKALNE EKOLOŠKE MREŽE NA
PROSTORU SREDNJEG BANATA**

AUTORI:

Dr Jovica Vasin¹
Prof. dr Petar Sekulić¹
Mr Vesna Kicošev²
Dr Jordana Ninkov¹
Mr Tijana Zeremski Škorić¹
Mr Stanko Milić¹
dipl.inž.teh.-master Nada Grahovac¹

¹ - Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad

² - Pokrajinski zavod za zaštitu prirode, Novi Sad

**Direktor Instituta za ratarstvo i
povrtarstvo Novi Sad**

Prof. dr Borislav Kobiljski

Novi Sad, mart 2011.

SADRŽAJ

	Str.
1. UVOD	1
2. MATERIJAL I METOD ISTRAŽIVANJA	5
2.1. Terenski radovi	5
2.2. Laboratorijska istraživanja	13
3. REZULTATI ISPITIVANJA	15
3.1. Karakteristike ispitivanog područja	15
3.1.1. Geomorfološke karakteristike ispitivanog područja	15
3.1.2. Pedološke karakteristike ispitivanog područja	17
3.2. Fizička svojstva	20
3.3. Osnovna hemijska svojstva	23
3.2. Opasne i štetne materije (mikroelementi i teški metali)	27
3.4. Organski kontaminanti zemljišta	42
4. ZAKLJUČAK	51
5. LITERATURA	55

1. UVOD

Promene u biosferi nastale pod uticajem čovekovih aktivnosti poremetile su biološke procese koji se odvijaju na regionalnom i globalnom nivou, sa posledicama kako na ekološkom, tako i na ekonomskom planu, što je zahtevalo korenitu promenu odnosa čoveka prema prirodi. Savremeni pristup prirodnim resursima predstavlja uvođenje novih oblika planskog upravljanja, kako bi se kvalitet ekosistemskih usluga koje nam biosfera pruža održao na ekološki prihvatljivom nivou. Prepoznavanje značaja biološke raznovrsnosti i uloge biosfere u obnavljanju prirodnih resursa predstavljaju saznanja koja su imala ulogu u formiranju osnove za definisanje principa održivog razvoja (*Kicošev i Sabadoš, 2008*).

Kako bi se sprečio, odnosno maksimalno moguće ublažio negativni uticaj čovekovih delatnosti na biosferu, formirana su zaštićena područja koja zauzimaju relativno mali prostor i nalaze se u antropogenom okruženju. Komunikacija između prirodnih staništa, radi njihove adekvatne zaštite, predstavlja osnovni faktor omogućavanja neometanog odigravanja svih prirodnih procesa. Principi povezivanja odvojenih zaštićenih područja u funkcionalne celine koje su nazvane ekološke mreže, izrađeni su još 90-ih godina prošlog veka, međutim, tek u novije vreme širom sveta pokrenuti su projekti stvaranja lokalnih, nacionalnih i regionalnih ekoloških mreža. Ekološka mreža se sastoji od tri osnovna tipa elemenata: područja značajna za očuvanje biodiverziteta, koridori koji povezuju izolovana područja omogućujući kretanje vrsta između njih i zaštitna zona koja smanjuje negativne uticaje okruženja. (*Bennet and Witt, 2001*).

Vojvodina je tipičan poljoprivredni region sa dominantim procentom poljoprivrednih i izgrađenih površina u odnosu na prostorne jedinice u prirodnom i blisko-prirodnom stanju. Od antropogenih područja dominiraju poljoprivredne površine, koje zauzimaju 75% regiona. Visok procenat obrađenih površina (67%) ukazuje na intenzivan način korišćenja poljoprivrednog zemljišta (*Kicošev i sar, 2010*). Kao posledica navedenog, osim drastičnog gubitka biološke raznovrsnosti, mogu se uočiti znaci ireverzibilnog oštećenja resursa (zemljište, površinske i podzemne vode, itd.) (IV APV, 2006), koji predstavljaju osnovu održivog razvoja ovog agrarnog područja. Značaj biodiverziteta u očuvanju resursa za poljoprivrednu proizvodnju i obavljanju brojnih ekosistemskih usluga za potrebe očuvanja agrarnih površina u međunarodnoj praksi prepoznat je još tokom prošlog veka (*Altieri, 1999*). U Republici Srbiji, osim pravne regulative i sektorskih strategija iz oblasti zaštite prirode i životne sredine, i ostali zakoni

(kao što je Zakon o poljoprivredi i ruralnom razvoju ("Službeni glasnik RS", br. 41/2009), član 12.) i strategije (npr. Strategija ruralnog razvoja Republike Srbije (2010-2013) – Nacrt) iz novijeg perioda, ističu značaj očuvanja biodiverziteta za potrebe održivog razvoja područja. Prema Strategiji ruralnog razvoja Republike Srbije (tačka 3.9.), „Visoka biološka raznovrsnost je u direktnoj vezi sa niskim imputima u poljoprivrednoj proizvodnji u smislu manjeg korišćenja veštackih đubriva, pesticida, i agrotehnike“, dok Strategija razvoja poljoprivrede Srbije (u tački 274.) ukazuje na potrebu „praćenja stanja biodiverziteta i procesa ili aktivnosti koje imaju značajan negativan uticaj na stanje biodiverziteta“.

Panonski tipovi slatinskih staništa, koja su predstavljala jedan od dominantnih tipova prirodne, iskonske vegetacije Vojvodine, valorizovani su kao prioritetna staništa za zaštitu u susednim zemljama EU (Direktiva o staništima - Directive 92/43/EEC Annex I) što ukazuje na njihovu ugroženost u međunarodnim razmerama. U procesu pristupanja Evropskoj Uniji, područja od međunarodnog značaja predlažu se za EU ekološku mrežu NATURA 2000, koja predstavlja osnovni program u politici zaštite prirode Evropske Unije. Nacionalna ekološka mreža, čije je uspostavljanje propisano Zakonom o zaštiti prirode („Službeni glasnik RS“ br. 36/2009 i 88/2010), obuhvata međusobno povezana ili prostorno bliska ekološka područja od nacionalnog i međunarodnog značaja (*Sabadoš, Panjković, 2010.*).

Saglasno odredbama Zakona, tokom 2009. godine urađena je Studija „Uspostavljanje ekološke mreže u AP Vojvodini - Pregled stanja, analiza i mogućnosti“, koju je finansirao Pokrajinski sekretarijat za zaštitu životne sredine i održivi razvoj AP Vojvodine, a izradila je Radna jedinica Novi Sad Zavoda za zaštitu prirode Srbije. Prema podacima Studije među 15 registrovanih najučestalijih ugrožavajućih faktora biološke raznovrsnosti na području Vojvodine poljoprivredno okruženje je pri samom vrhu liste. U skladu sa rezultatima analiza, površine pod slatinama, čiji su viši, manje zaslanjeni delovi, većinom preorani, u velikom procentu (73%) okružene su oranicama.

U skladu sa članom 6. Uredbe o ekološkoj mreži ("Službeni glasnik RS", br. 102/2010), na području ekološke mreže primenjuju se mere, metode i tehničko-tehnološka rešenja sa ciljem očuvanja povoljnog stanja ekološki značajnih područja i unapređivanja narušenog stanja delova ekološke mreže. Navedene mere bazirane su na principima održivog korišćenja resursa. Održivo korišćenje zemljišta kao resursa olakšava formiranje i funkcionisanje ekološke mreže i značajno doprinosi očuvanju biodiverziteta kulturnih predela. Procenu održivosti korišćenja zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju u zoni uticaja na elemente ekološke mreže moguće je uraditi odgovarajućom analizom stanja kvaliteta zemljišta.

Zemljište je prirodni resurs, koji predstavlja osnovnu bazu za proizvodnju organske materije gajenjem različitih biljnih vrsta. Ono se sastoji od mineralnih čestica, organske materije, vode i vazduha i životna je sredina za biljke, životinje i mikroorganizme.

Zemljište bi trebalo posmatrati kao multifunkcionalni sistem, a ne kao skup fizičkih i hemijskih svojstava. Funkcije zemljišta su brojne: proizvodnja biomase i hrane; vezivanje i čuvanje mineralnih materija, vode, organske materije, gasova itd.; izvor biodiverziteta; životna sredina za ljudska bića; izvor materijala i akumulacija ugljenika.

Ispitivanje zemljišta na sadržaj opasnih i štetnih materija, postaje sve neophodnije sa povećanjem emisije zagađujućih materija iz industrijskih postrojenja, produkta sagorevanja fosilnih goriva, povećana upotreba pesticida u poljoprivredi i drugim aktivnostima kojima se remeti osnovna funkcija zemljišta. Neki od njih su dugotrajni organski zagađivači (POPs - Persistent Organic Pollutants) definisani kao perzistentne bioakumulativne toksične supstance (PBTs- Persistent Bioaccumulative Toxic Substances), predstavljaju grupu hazardnih hemijskih jedinjenja koja dugo ostaju u životnom okruženju, sa izraženim afinitetom ka atmosferskom transportu na velike udaljenosti (LRAT- Long Range Atmospheric Transport).

Nakon dospevanja u životnu sredinu, dugotrajni organski zagađivači započinju procese kruženja u životnoj sredini, predstavljajući ozbiljnu pretnju primarnim fiziološkim funkcijama živih organizama, uključujući i čoveka. Detektovani su u svim delovima životne sredine, čak i u udaljenim regionima kao što su otvoreni okeani i polarne oblasti, u kojima dugotrajni organski zagađivači nikada nisu proizvedeni ili upotrebljeni, što je stvorilo problem globalnih razmera (Iwata 1993; Schulz-Bull 1998; MacDonald 2000). Intenzivan atmosferski transport je dominantan mehanizam disperzije ovih poluisparljivih komponenata, na hiljade kilometara udaljenosti od potencijalnih izvora primarne emisije i pored činjenice da napon pare ovih jedinjenja ne prelazi 0,2 paskala, što potvrđuje veliki broj naučnih studija (Eisenreich i Strachan, 1992; Iwata 1993; Halsall 2001; Shatalov 2003, Wania F, 1993).

Zagađenja životne sredine i narušavanja prirodne ravnoteže može biti rezultat akcidentnih situacija prilikom, transporta, obrade i primene nafte. Većina komponenata nafte je toksična za čoveka i živi svet uopšte, obzirom da se lako uključuju u lanac ishrane. Ova činjenica povećala je interes za ispitivanje distribucije, sudbine i ponašanja nafte i njenih derivata u životnoj sredini. Izlivanje nafte i njenih derivata u životnu sredinu prouzrokuje dugotrajno oštećenje vodenog i zemljišnog ekosistema, ljudskog zdravlja i prirodnih izvora. Karakterizacija prolivene nafte i njenih derivata veoma je važna, u cilju predviđanja ponašanja nafte i njenih dugoročnih efekata na životnu sredinu, kao i u cilju odabira odgovarajuće metode čišćenja. Tečni ugljovodonici zagađuju životnu sredinu izlivanjem pri transportu i manipulaciji, propuštanjem cevovoda, podzemnih i nadzemnih rezervoara, oštećenjem opreme na naftnim poljima, u rafinerijama, na skladištima. Ugljovodonici iz svih ovih izvora zagađuju zemljište, površinske i podzemne vode, a pošto su neki od njih lako isparljivi, mogu se naći u vazduhu.

Korišćenjem zemljišta često dolazi do poremećaja ravnoteže pojedinih sastojaka zemljišta, što neminovno dovodi do njegovog oštećenja. Jedna od mera zaštite i očuvanja zemljišta je sprovođenje monitoringa što predstavlja trajno praćenje stanja svih promena u poljoprivrednom i nepoljoprivrednom zemljištu, a posebno praćenje sadržaja opasnih i štetnih materija.

U periodu 2002-2005. Pokrajinski sekretarijat za zaštitu životne sredine i održivi razvoj Izvršnog veća AP Vojvodine finansirao je sprovođenje monitoringa nepoljoprivrednog zemljišta Vojvodine. U procesu evropske integracije, naša zemlja prilagođava svoj rad metodologiji EU, odnosno radu Evropske agencije za zaštitu životne sredine (EEA) koja prati stanje životne sredine prema pojedinim definisanim indikatorima. U odnosu na zemljište, većina propisanih indikatora stanja životne sredine EEA se prati i postoje podaci, kao i resursi za njihovo praćenje, ali je prikaz podataka

drugačije organizovan u poređenju sa sistemom EEA. Novousvojen Zakon o zaštiti životne sredine obezbeđuje sprovođenje monitoringa indikatora stanja i zagađenja životne sredine i utvrđuje kriterijume metodologije rada, što je potpuna osnova za uključivanje u sistem rada EEA.

Monitoring nepoljoprivrednog zemljišta na teritoriji pokrajine, se odvijao u dve faze: terenska istraživanja sa uzimanjem uzoraka i analitička istraživanja u laboratoriji. Terenska istraživanja su se odvijala u toku tri uzastopne godine (2002.-2005.). Izabrani su nepoljoprivredni lokaliteti pod različitim vidovima zaštite (Nacionalni park Fruška gora, specijalni rezervati prirode, parkovi prirode) i zemljište koje pripada prostoru budućih zaštićenih oblasti (ukupno 36 uzoraka godišnje). Takođe, za monitoring kvaliteta nepoljoprivrednog zemljišta izabrani su lokaliteti industrijskih zona većih gradova Vojvodine (Novog Sada, Pančeva, Subotice, Zrenjanina, Sombora i Vrbasa (ukupno 7 uzoraka godišnje). Po izboru lokaliteta, opisu lokacije i utvrđivanju koordinata GPS sa tačnošću vraćanja na isto mesto 1-2 m, pristupilo se uzimanju uzoraka iz površinskog sloja 0-30 cm dubine.

Rezultati istraživanja su pokazali da u pogledu sadržaja opasnih i štetnih materija, zemljište pod različitim kategorijama zaštite koncentracije zagađujućih materija u generalnom smislu su niže od zakonski (ili standardima) utvrđenih maksimalno dozvoljenih vrednosti. Samo na pojedinim lokalitetima zabeležen je povišen sadržaj nikla, koji nije antropogenog već geohemijskog porekla (*Vasin i sar., 2004, 2007*).

U cilju nastavka obavljanja aktivnosti Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, odnosno njegove organizacione jedinice Laboratorije za zemljište i agroekologiju, Institut je sa Vladom Vojvodine, Pokrajinskim sekretarijatom za zaštitu životne sredine i održivi razvoj 22.10.2010.sklopio Ugovor o realizaciji Projekta „ISPITIVANJE KVALITETA ZEMLJIŠTA U BLIZINI POTENCIJALNE LOKALNE EKOLOŠKE MREŽE NA PROSTORU SREDNJEG BANATA“ (broj Ugovora: Institut – 08-95/4857, Sekretarijat 119-401-01927/2010-03).

2. MATERIJAL I METOD ISTRAŽIVANJA

Rad na projektu "Ispitivanje kvaliteta zemljišta u blizini potencijalne lokalne ekološke mreže na prostoru srednjeg Banata", u drugoj polovini 2010. i početkom 2011. godine, odvijao se u dve faze:

- terenska istraživanja sa uzimanjem uzoraka i
- analitička istraživanja u laboratoriji.

2.1. Terenski radovi

Rekognosciranje terena i prikupljanje uzoraka zemljišta izvršeno je u toku jula i novembra 2010. godine.

Za istraživanje je izabrano područje srednjeg Banata, na kome je registrovano postojanje potencijalne lokalne ekološke mreže slatinskih staništa, sa centralnim područjima (core areas) SRP „Slano kopovo“ - banja Rusanda (u toku je valorizacija za zaštitu) - SRP „Okanj bara“ (područje u postupku zaštite).

Uzorkovani su:

1. poljoprivredno zemljište
 - a) pašnjaci - slatine
 - b) obradivo polj. zemljište - njiva, bašta i vinograd i
2. sediment (mulj iz jezera i kanala)

Lokaliteti za uzorkovanje određeni su na osnovu blizine, intenziteta i učestanosti dominantnih ugrožavajućih faktora. Osim lokaliteta u blizini poljoprivrednog zemljišta, kao najučestalijom antropogenom površinom u okruženju slatinskih područja, uzorkovano je i u građevinskim zonama naselja.

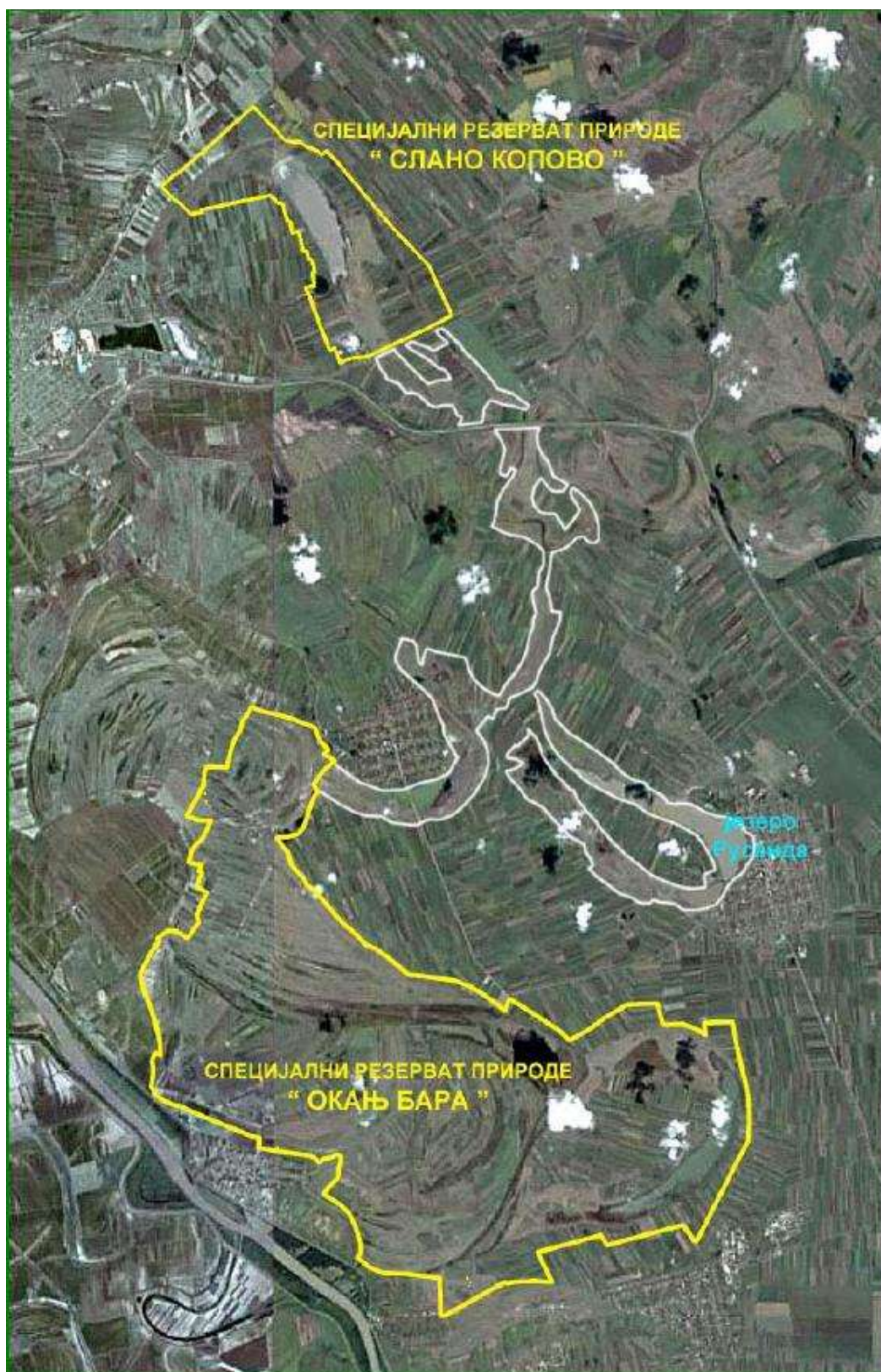
Mikrolokacije za uzimanje uzoraka određivane su na samom terenu, u zavisnosti vrste zemljišta, nagiba terena, režima voda, očekivanih zagađujućih materija i sl.

Zemljište je uzorkovano u narušenom stanju, agrohemijskom sondom iz površinskog sloja do dubine od 20 cm, po metodologiji Sistema kontrole plodnosti zemljišta, tako da jedan prosečan uzorak predstavlja 25-30 pojedinačnih uzoraka zemljišta. Dubina uzorkovanja od 20 cm određena je na osnovu specifičnosti većine zemljišnih površina koje pripadaju tipu zemljišta solonjec. Naime, karakteristično za solonjec je da ima na površini plitki humusno - akumulativni (oznaka A) horizont u kojem se nalazi najveći deo korenovog sistema - rizosfera. Uzorkovanjem sloja veće moćnosti došlo bi do mešanja zemljišta različitih karakteristika

Uzimanje uzoraka sedimenta vršeno je pomoću EjekelKamp sonde sa nastavkom za uzorkovanje mulja.

GPS koordinate parcele određene su pomoću uređaja GARMIN Eltrex Venture sa sledećim parametrima:

- *Map Projection:* Universal Transverse Mercator
- *UTM Specific Parameters:* Longitude Origin E21°, Scale 0.9996, False Easting
+500000m, False Northing 0m
- *Zone Number:* 34
- *Datum:* WGS84



Slika 1 – Mogućnost povezivanja slanih jezera Okanj bara, Rusanda i Slano kopovo u lokalnu ekološku mrežu (Sabadoš i Panjković, 2009)

U tabelama 1-4 prikazani su opisi uzoraka, a na slikama 2-4 njihova pozicija.

Tab.1 - Opis uzoraka zemljišta sa lokaliteta Rusanda

Lab. br.	Opis uzoraka	GPS koordinate	
		Northing (N)	Easting (E)
BR1	pašnjak - slatina na potesu Malo selište bliže „malom“ jezeru, u blizini poljoprivrednog zemljišta (usev kukuruza)	45°30'54,2''	20°17'32,1''
BR2	pašnjak - slatina na potesu Malo selište dalje od „malog“ jezera, u blizini poljoprivrednog zemljišta (usev kukuruza)	45°31'05,0''	20°17'06,9''
BR3	pašnjak - slatina na potesu Malo selište, sredina slatine	45°31'00,0''	20°17'03,0''
BR4	obrađivo zemljište - naspramna obala banji, usev deteline ispod vinograda	45°31'22,9''	20°17'59,2''
BR5	obrađivo zemljište - vinograd, naspramna obala banji	45°31'21,9''	20°17'59,5''
BR6	sediment - iz jezera, ispod vinograda	45°31'22,8''	20°18'00,2''
BR7	obrađivo zemljište - potes Zagrada, kod pruge, istočno od Meleanca	45°30'44,1''	20°17'02,7''
BR8	pašnjak - slatina kod Male Rusande na potesu Mutljača, blizu poljoprivrednog zemljišta na potesu Zagrada	45°30'46,0''	20°17'04,8''
BR9	sediment - iz kanala između potesa Malo selište i Mutljača, istočno od obalnog dela Male Rusande	45°30'50,6''	20°17'06,9''
BR10	sediment - sa južne obale Male Rusande, uz naselje	45°30'42,4''	20°17'46,6''
BR11	sediment - uz izlivni kanal otpadnih voda iz okolnih stambenih objekata, uz južnu obalu Male Rusande	45°30'42,0''	20°17'44,6''
BR12	sediment - sa južne obale Velike Rusande, ispod vinograda	45°31'25,1''	20°17'51,0''
BR13	obrađivo zemljište - vinograd kod južne obale Velike Rusande	45°31'22,5''	20°17'49,0''
BR14	obrađivo zemljište - dvorišna bašta u naselju Melenci na priobalnom delu Velike Rusande, bliže Maloj Rusandi	45°31'03,8''	20°18'44,2''
BR15	sediment - u trsci na obali Velike Rusande, u dvorištu stambenog objekta u Melencima, bliže Maloj Rusandi	45°31'04,5''	20°18'43,7''
BR16	pašnjak - neizgrađena površina između stambenih objekata uz obalu Velike Rusande, bliže banjskom prostoru	45°31'26,3''	20°18'43,2''
BR17	sediment - sa obale Velike Rusande kod stambenih objekata, bliže banjskom prostoru	45°31'25,5''	20°18'41,2''
BR18	pašnjak - centralni deo slatine zapadno od Velike Rusande	45°32'12,8''	20°16'24,7''
BR19	sediment - sa slatine severno od Velike Rusande, kod plombirane naftne bušotine	45°32'06,5''	20°18'20,9''

Tab.2 - Opis uzoraka zemljišta sa lokaliteta Slano kopovo

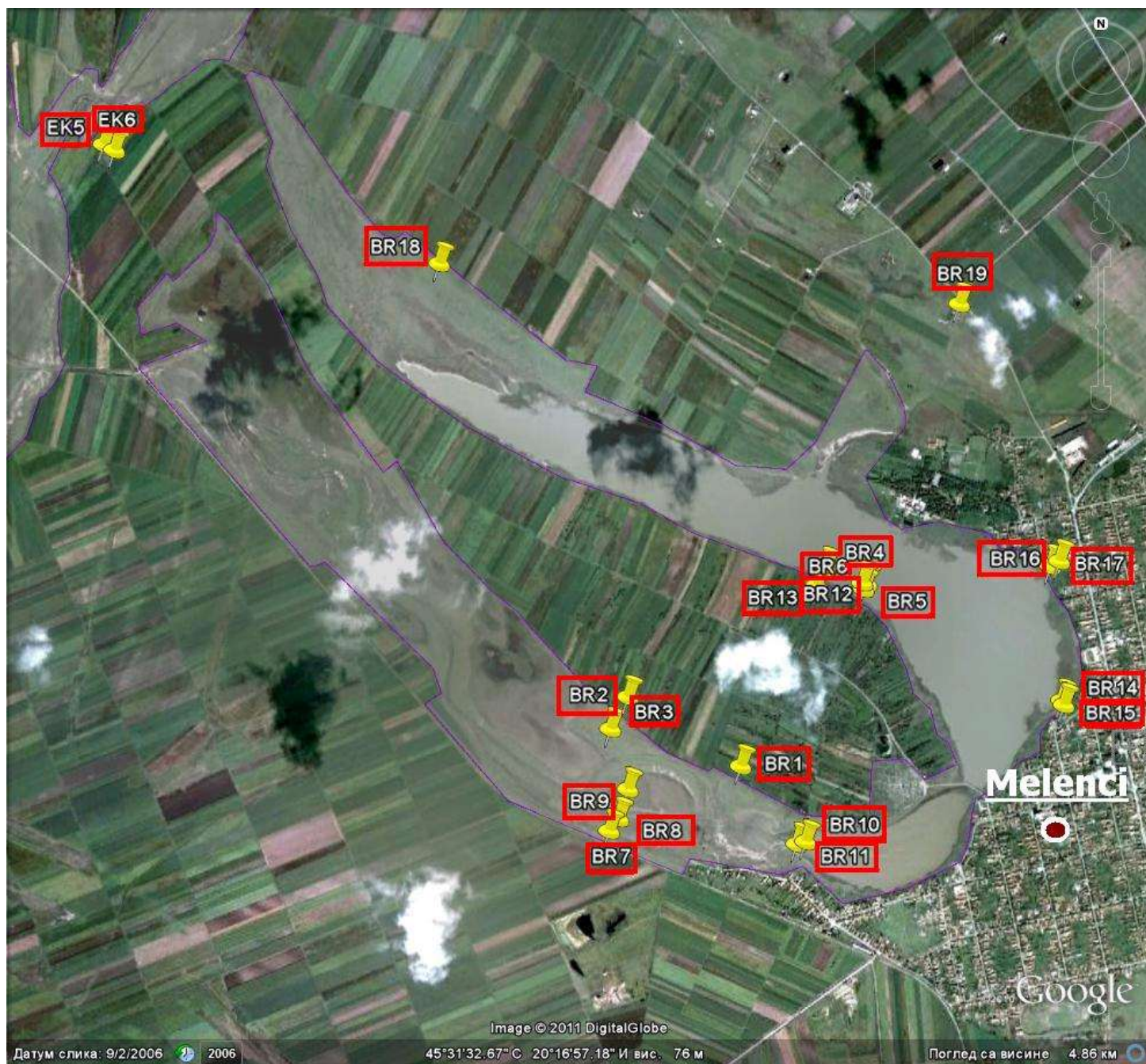
Lab. br.	Opis uzoraka	GPS koordinate	
		Northing (N)	Easting (E)
SK1	pašnjak - slatina, jugoistočni deo obale jezera Slano kopovo	45°36'56,1''	20°13'06,8''
SK2	obrađivo zemljište – uzorana njiva, predusev pšenica, jugoistočni deo obale jezera Slano kopovo	45°36'58,9''	20°13'16,1''
SK3	pašnjak - slatina, severoistočni deo obale jezera Slano kopovo	45°37'42,8''	20°12'48,7''
SK4	obrađivo zemljište - uzorana njiva. predusev pšenica, severoistočni deo obale jezera Slano kopovo	45°37'43,7''	20°12'50,4''
SK5	pašnjak – slatina, severni deo područja Slano kopovo, van obale	45°38'13,9''	20°11'43,8''
SK6	obrađivo zemljište - neobran kukuruz, severni deo područja Slano kopovo, van obale	45°38'15,6''	20°11'43,3''

Tab.3 - Opis uzoraka zemljišta sa lokaliteta „ekološki koridor“

Lab. br.	Opis uzoraka	GPS koordinate	
		Northing (N)	Easting (E)
EK1	sediment - potez Crkvenjak, južno od puta N.Bečej-Bašaid, močvarno zemljište	45° 35' 41,9''	20° 15' 41,3''
EK2	obradivo zemljište - potez Crkvenjak, južno od puta N.Bečej-Bašaid, posejana pšenica, predusev suncokret	45° 35' 42,7''	20° 15' 40,7''
EK3	pašnjak – slatina, jugozapadno od Kumana, potez Parlog	45° 31' 36,4''	20° 12' 23,3''
EK4	obradivo zemljište - jugozapadno od Kumana, potez Parlog, posejana pšenica, predusev suncokret	45° 31' 33,2''	20° 12' 24,8''
EK5	pašnjak – slatina, južno od Kumana	45° 32' 31,4''	20° 15' 09,7''
EK6	obradivo zemljište - južno od Kumana, neuzorani žetveni ostaci suncokreta	45° 32' 30,5''	20° 15' 12,1''

Tab.4 - Opis uzoraka zemljišta sa lokaliteta Okanj bara

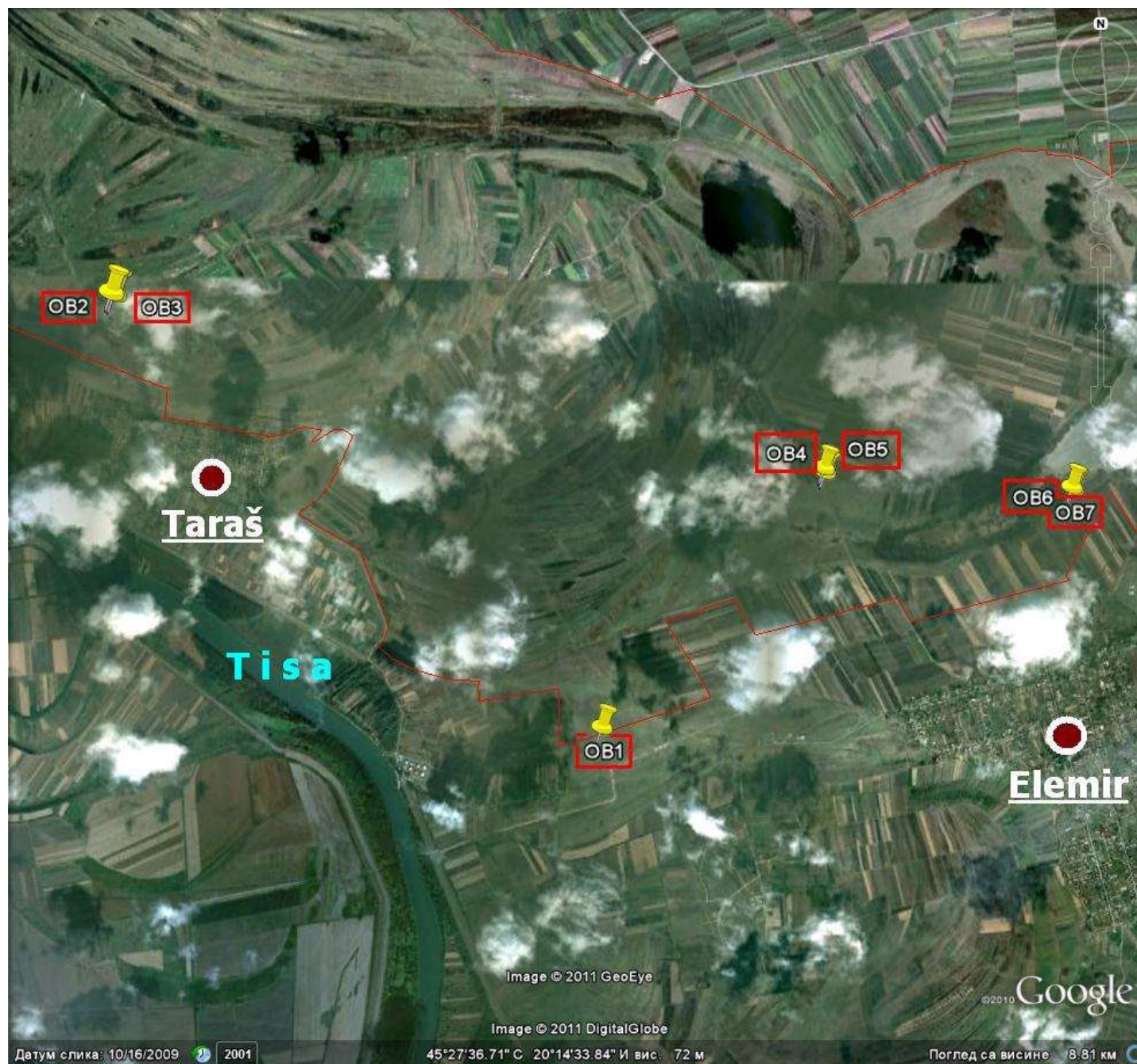
Lab. br.	Opis uzoraka	GPS koordinate	
		Northing (N)	Easting (E)
OB1	pašnjak - slatina severno od puta Elemir-Babatovo, na delu bivše trase naftovoda	45° 26' 38,2''	20° 14' 40,8''
OB2	pašnjak – slatina, severno od naselja Taraš, blizu poljoprivrednog dobra, u zoni uticaja površine pod suncokretom	45° 28' 41,2''	20° 11' 20,2''
OB3	obradivo zemljište - severno od naselja Taraš, blizu poljoprivrednog dobra, žetveni ostaci suncokreta	45° 28' 40,8''	20° 11' 21,2''
OB4	pašnjak – slatina, potes Sikšov, u zoni uticaja površine pod kukuruzom, levo od asfaltnog puta Elemir-Okanj	45° 27' 51,0''	20° 16' 11,7''
OB5	obradivo zemljište - u blizini prethodnog lokaliteta, levo od asfaltnog puta Elemir-Okanj, neobran kukuruz	45° 27' 52,2''	20° 16' 11,3''
OB6	sediment - obala Okanj bare, mulj pod trskom, pod uticajem površ. pod pšenicom, ka građ.zoni Elemira, severno od FSK	45° 27' 46,8''	20° 17' 52,3''
OB7	obradivo zemljište - priobalje Okanj bare, ka građevinskoj zoni Elemira, severno od FSK, usev pšenica	45° 27' 46,3''	20° 17' 52,8''



slika 2 – Lokacije uzoraka sa lokaliteta banja Rusanda i dela ekološkog koridora



slika 3 – Lokacije uzoraka sa lokaliteta Slano kopovo i dela ekološkog koridora



slika 4 – Lokacije uzoraka sa lokaliteta Okanj bara

2.2. Laboratorijska ispitivanja

Druga faza rada na projektu su laboratorijska ispitivanja. Laboratorijska ispitivanja osnovnih hemijskih svojstava zemljišta, sadržaja opasnih i štetnih materija urađena su u Laboratoriji za zemljište 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

Institut za ratarstvo i povrtarstvo je celokupni svoj rad, odnosno delatnost svih radnih jedinica, usaglasio sa standardima ISO 9001:2000 (BSI № FM57423) Sistem upravljanja kvalitetom i ISO 14001:2004 (BSI № 72243) Sistem upravljanja zaštitom životne sredine.

U pripremljenim uzorcima zemljišta (osušenim, samlevenimi prosejanim kroz sito otvora 2 mm) određene su sledeće fizičke i hemijske karakteristike:

- mehanički sastav, određen pipet metodom, priprema uzoraka sa Na-pirofosfatom po Thun-u, a teksturna klasa određena je na osnovu klasifikacije po Tommerup-u;
- pH - vrednost određena je u suspenziji zemljišta sa vodom (10g : 25 cm³) i suspenziji zemljišta sa kalijum-hloridom, potenciometrijski;
- sadržaj CaCO₃ određen je volumetrijski, pomoću Scheiblerov-og kalcimetra;
- sadržaj humusa određen je metodom Tjurin-a;
- ukupan sadržaj azota CHNS analizatorom;
- lakopristupačni fosfor (ekstrakcija sa amonijum-laktatom) – AL metodom;
- lakopristupačni kalijum (ekstrakcija sa amonijum-laktatom) – AL metodom;
- ukupan sadržaj mikroelemenata i teških metala Cu, Zn, Co, Mn, As, Pb, Cd, Ni, Cr određen je razaranjem zemljišta sa HNO₃ i H₂O₂ u zatvorenom mikrotalasnom sistemu ETHOS1 Milestone po metodi US EPA 3051a; određivanje na aparatu "Vista Pro"- Varian; metodom indukovan kuplovane plazme ICP – OES
- pristupačni sadržaj mikroelemenata i teških metala (Cu, Zn, Co, Mn, As, Pb, Cd, Ni, Cr) određen je ekstrakcijom zemljišta sa 0,05 mol/l EDTA pH=7.00 prema EDTA Proceduri BCR European Commission Joint Research Centre, Institute for Reference Materials and Measurements CRM 484 Sewage sludge amended (terra rosa) soil, modifikovanoj prema Chomchoei et al., 2005 i Zemberyova et al., 2006. Iz pripremljenog uzorka, sadržaj metala određen je na aparatu "Vista Pro"- Varian; metodom indukovan kuplovane plazme ICP – OES

Perzistentni organohlorni pesticidi i njihovi metaboliti (α -HCH, β -HCH, lindan, δ -HCH, heptahlor, endosulfan, endosulfan sulfat, aldrin, heptahlor epoksid, DDE, dieldrin, DDD, endrin aldehyd, DDT i endrin) u zemljištu i sedimentu ekstrahovani su mešavinom rastvarača u sokslet-aparatu (US EPA metode 3540C, 3630C, 8081A). Dobijeni ekstrakt je prečišćen na koloni silika gela. Prečišćeni ekstrakti pesticida su analizirani pomoću kapilarne gasne hromatografije na gasnom hromatografu Agilent 6890NI sa masenim detektorom Agilent 8975B MSD. Korišena je kolona DB5-MS dužine 30 m i unutrašnjeg prečnika 0,32 mm. Kvantifikacija je izvedena primenom kalibracione krive standarda.

Sadržaj ukupnih ugljovodonika u uzorku zemljišta i sedimenta određen je gasnom hromatografijom heptanskog ekstrakta. Ova gasno-hromatografska metoda omogućuje određivanje naftnih ugljovodnika u zemljištu i sedimentu od n-dekana (C₁₀H₂₂) do n-tetrakontana (C₄₀ H₈₂), izoalkane, cikloalkane, alkil benzene, alkil naftalene koji ključaju na približno 175 °C do 525 °C. Metoda je bazirana na USEPA metodama SW846: Test methods for evaluation of solid waste, 3rd Edition, 1996. godine, brojevi 8000, 8015, 8100 i 3611B. Za detekciju je korišćena gasna hromatografija uz plameno jonizacioni detektor i kolonu SPB 1 Thin film 30 m x 0,53 x 0,1 μ m. Uslovi rada gasnog hromatografa: inicijalna temperatura 60°C u trajanju od 5 minuta, porast temperature 5 °C/min do finalne temperature 300°C uz finalno vreme 45 minuta ili produženo u zavisnosti od retencionog vremena C₄₀. Temperature injektora i detektora 320°C. Granica detekcije ove metode je za zemljište 0,05 g/kg.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

3.1. Karakteristike ispitivanog područja

Ispitivano područje u Projektu se pruža u pravcu sever - jug (N - S), a koordinate krajnjih tačaka su:

- sever - istočni deo potesa Matej,

N 45⁰ 38` 37.26`` E 20<sup>0</sup> 11` 42.99``

- istok - istočna obala Okanj bare,

N 45⁰ 88` 36.44`` E 20<sup>0</sup> 18` 51.20``

- jug - potes Babatovo, zapadno od naselja Elemir,

N 45⁰ 26` 37.62`` E 20<sup>0</sup> 14` 25.40``

- zapad - istočni deo potesa Vrit (severozapadno od naselja Taraš),

N 45⁰ 29` 55.12`` E 20<sup>0</sup> 10` 03.88``

3.1.1. Geomorfološke karakteristike ispitivanog područja

Ispitivano područje u Projektu geomorfološki pripada dvema celinama (slika 5; *Košćal i sar., 2005*):

- aluvijalnoj ravni Tise i
- banatskoj lesnoj terasi

U aluvijalnoj ravni Tise nema jasno istaknute aluvijalne terase koja bi bila genetski i vremenski ekvivalent dunavskoj aluvijalnoj terasi. Proces formiranja aluvijalne terase u Potisju se prekinuo pre nego što je dobila tipičan oblik stepenice.

Istočna granica aluvijalne ravni Tise u ispitivanom području je veoma razučena na štetu erodirane zapadne granice banatske lesne terase.

Od Novog Bečēja širina aluvijalne ravni se povećava i sve do dunavske ravni ona je prosečno oko 15 km.

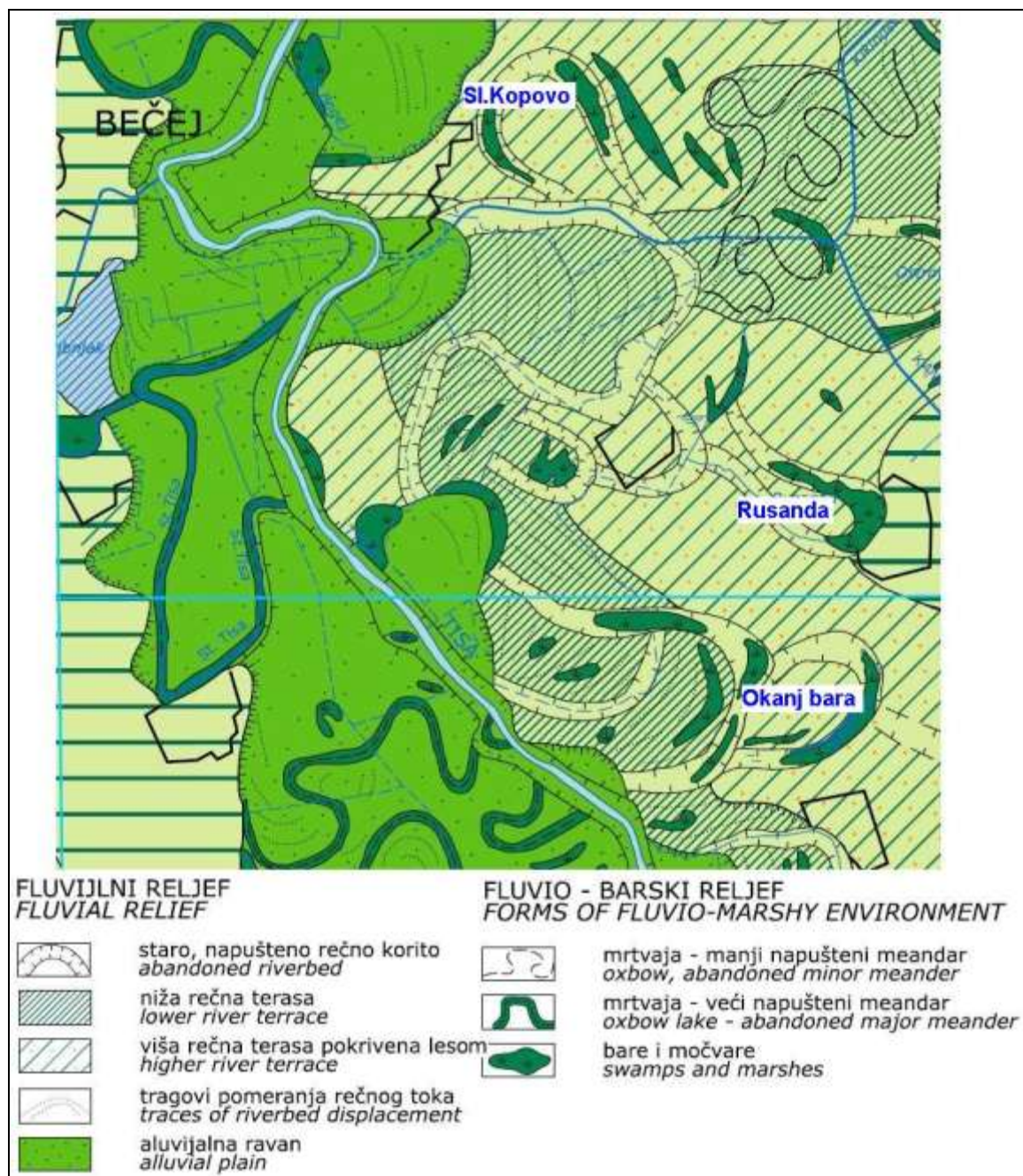
Geološki aluvijalna ravan je fluvijalnog porekla i sastoji se od peska, rečnog mulja i gline. Osim ovih nanosa u aluvijalnoj ravni Tise ima i fluvijalnog peska od kojega su vetrovi stvorili obalske brežuljke.

Mrtvaje ili meandre možemo podeliti na one koje su postale veštačkim odsecanjem (ukupno 14) i na one koje su u starijem vremenskom periodu prirodnim

putem otkinute od glavnog toka reke Tise. U drugu grupu spadaju meandri: Jaruge severno od Kumana, Kopovo oko Kumana, Jegdino Kopovo severno od Taraša, Okanj severno od Elemira i dr.

Od obalskih gredica koje su postale fluvijalnom akumulacijom i od rečnog peska koji je zaostajao na dnu isušenih ili napuštenih meandara stvaraju se obalski brežuljci. Oni su rezultat eolske akumulacije i pravac im je određivao glavni vetar. Na obalskim gredicama su izgrađena sela Kumane, Elemir, Aradac i deo Melenaca.

Slika 5 - Geomorfološka karta ispitivanog područja



Manji, zapadni deo ispitivanog područja zauzima geomorfološka celina banatska lesna terasa.

Ona predstavlja nadmorski višu geomorfološku celinu u odnosu na aluvijalnu ravan Tise.

Sastavljena je subaerskog materijala koji je padao na uglavnom močvarnom, a manje suvom predelu. Pored ovog materijala na terasi ima i fluvijalnih nanosa koji su vrlo često pomešani sa prvim. Na dijagenezu materijala veliki uticaj je imala podzemna voda čiji se nivo menjao. Petrografski materijal terase je les ili prelaz od tipskog lesa ka slatkovodnim barskim sedimentima (indikator ovog prelaza su ostaci suvozemne i močvarne faune).

3.1.2. Pedološke karakteristike ispitivanog područja

U tabeli broj 5 i na slici br. 6 prikazane su najzastupljenije klasifikacione jedinice zemljišta (*Nejgebauer i sar. 1963*) na ispitivanom području u Projektu, kao i uporedno odgovarajuće klasifikacione jedinice prema aktuelnoj domaćoj i međunarodnoj FAO - WRB klasifikaciji:

Tab. 5 - Klasifikacione jedinice zemljišta na ispitivanom području

Oznaka na karti	Klasifikaciona jedinica na legendi karte ¹	Klasifikaciona jedinica prema aktuelnoj domaćoj klasifikaciji zem. ²	Klasifikaciona jedinica prema međunarodnoj klasifikaciji zem. ³
84	solonjec solončakasti	solonjec podtip solonjec – solončak	salic Solonetz (sz SN) ⁴
72	ritska crnica beskarbonatna	ritska crnica, podtip karbonatna	mollic Gleysol (mo GL) - no calcic
16	černozem karbonatni na lesnoj terasi	černozem, varijetet karbonatni	calcic Chernozem (cc CH)
20	černozem sa znacima oglejavanja u lesu	černozem, varijetet oglejeni	gleyic Chernozem (gl CH)
26	černozem solonjecasti	černozem, varijetet alkalizovan	alcalic Chernozem (ax CH)
63	livadska crnica za znacima zaslanjivanja	černozem, varijetet zaslanjeni	salic Chernozem (sz CH)
82	solončak	solončak	Solonchak (SC) ⁴

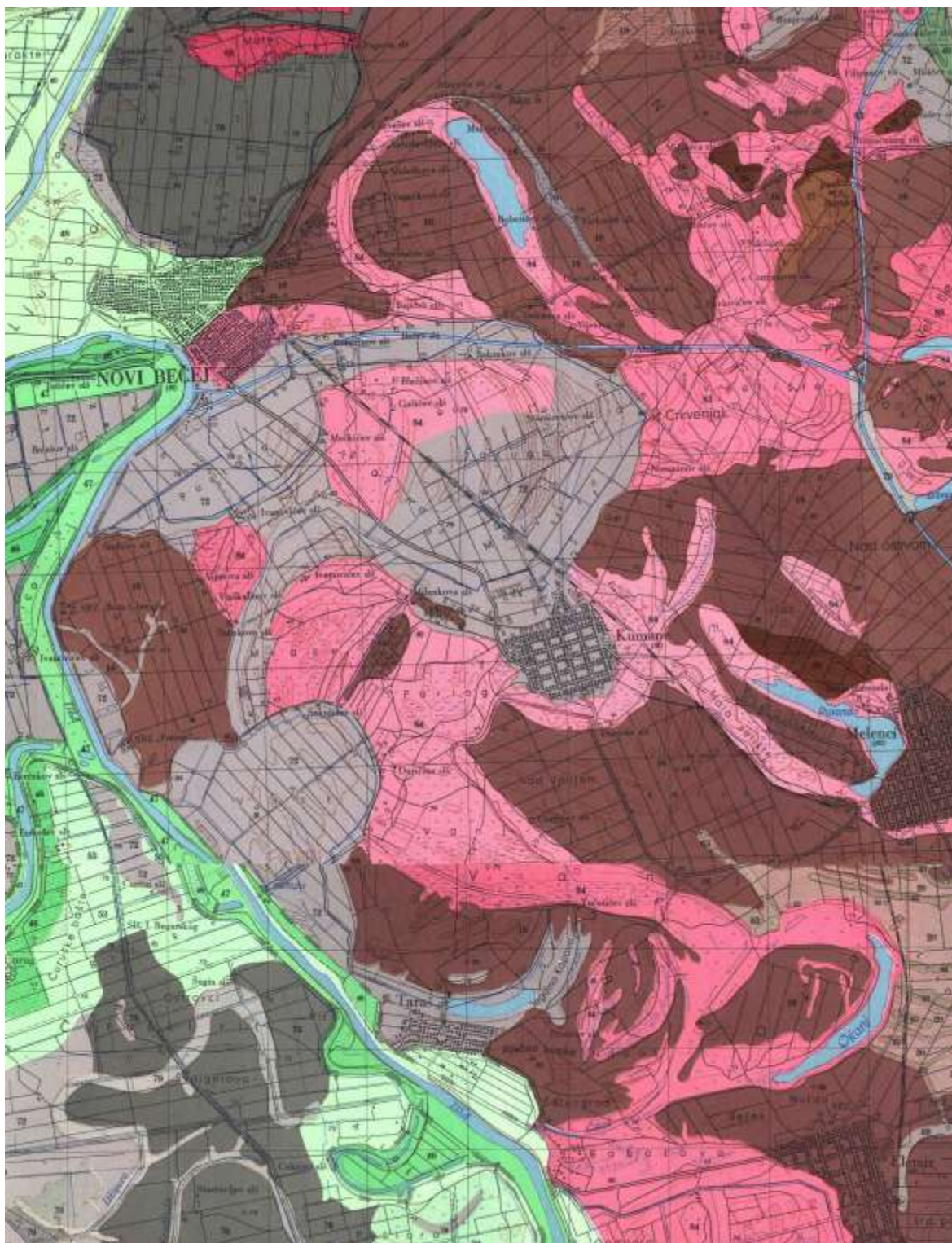
¹ - prema *Nejgebaueru i sar. 1963*

² - prema *Živkoviću i sar. 1985*

³ - prema *FAO-WRB 2006*

⁴ - detaljnije o solončaku i solonjecu na ispitivanom području u *Vasin, 2010*

Slika 6 - Pedološka karta ispitivanog područja (Nejgebauer 1971)



Solonjec pripada klasi halomorfnih (zaslanjenih) zemljišta. Solonjec je najrasprostranjeniji tip slatina u Vojvodini, a najzastupljeniji je u Banatu.

Osnovni tipski pedogenetski proces je alkalizacija tj. adsorpcija natrijumovih jona (Na^+) iz zemljišnog rastvora u adsorptivni kompleks.

Manja koncentracija soli u površinskom sloju u odnosu na solončake omogućuje obrastanje solonjeca raznovrsnijom i bogatijom travnom vegetacijom, pa se koriste kao slabi pašnjaci. Ovo su zemljišta niske plodnosti, jer podpovršinski iluvijalni alkalizovan i glinovit B horizont ograničava razvoj korena, čemu doprinose i ostala nepovoljna vodno-fizička i hemijska svojstva za većinu kulturnih biljaka.

Ritska crnica (humoglej) pripada hidromorfnoj klasi zemljišta. Zauzima znatne površine u priterasnoj zoni u dolinama većih reka.

Prvi tipičan pedogenetski proces je akumulacija humusa u aerobnim i anaerobnim uslovima. Drugi tipičan pedogenetski proces je oglejavanje u zoni oscilacije nivoa podzemne vode.

Zbog pretežno glinovitog sastava karakterišu se lošim vodno-vazдушnim odnosima. U vlažnom delu godine pore su zasićene vodom, a leti, u najsuvljim mesecima, dolazi do isušivanja pri čemu se zemljišna masa skuplja te nastaju vertikalne pukotine. Tada je aeracija normalna te se biodinamički procesi aktiviraju čime se oslobađaju hranljive materije kojima su ritske crnice u ukupnom obliku dobro obezbeđene. Stoga se ritske crnice smatraju potencijalno plodnim zemljištima. Međutim, zbog dužeg vlažnog perioda sa anaerobnim uslovima i nepovoljnih vodno-fizičkih svojstava puna produktivnost ritskih crnica je ograničena. Meliorativne mere opeskavanja, odvodnjavanja i dubokog rastresanja zbijenih glinovitih slojeva doprinosi podizanju proizvodnog potencijala ovih zemljišta.

Černozem je, u pogledu poljoprivredne biljne proizvodnje, jedan od najproduktivnijih tipova zemljišta („ideal zemljišta“) zbog svojih uravnoteženih vodnih, fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava. Pripada klasi automorfnih zemljišta.

Tipski pedogenetski proces černozema je akumulacija humusa i formiranje površinskog humusnog A horizonta različite moćnosti.

S obzirom da se evidentirani černozem na ispitivanom području srednjeg Banata nalazi na geomorfološkoj celini lessna terasa, za njega je karakterističan povišen nivo podzemne vode. Ovaj nivo ostavlja tragove redukcije i sekundarne oksidacije u dubljem delu pedološkog profila, tj. u matičnom supstratu – lesu.

Na ispitivanom području manje površine černozema imaju i zastupljene procese alkalizacije, te je izdvojena kartografska jedinica černozem solonjecasti, kao i proces salinizacije, te je izdvojena kartografska jedinica livadska crnica sa znacima zaslanjivanja..

Solončak je tip zemljišta koji predstavlja akutno zaslanjene površine. Kao i solonjec pripada klasi halomorfnih zemljišta.

Na ispitivanom području srednjeg Banata glavni uzrok tipskog pedogenetskog procesa akumulacije vodorastvorljivih soli je površinsko nakupljanje mineralizovanih voda u depresijama.

Visoke koncentracije soli na površini i u zoni aktivne rizosfere deluju fitotoksično za većinu biljaka. Često i otporne vrste venu pa na površini ostaju tzv. „čelava mesta“ tj. oaze bez vegetacije. Stoga se solončaci mogu koristiti samo kao ekstenzivni pašnjaci i to samo u pojedinim delovima godine (proleće i rano leto).

3.2. Fizička svojstva

Od fizičkih svojstava zemljišta u okviru projekta određen je mehanički sastav, tj. tekstura zemljišta.

Mehanički sastav zemljišta (granulometrijski sastav, tekstura) podrazumeva procentualnu zastupljenost čestica različitih dimenzija u zemljištu. Od mehaničkog sastava zavisi vodni, vazdušni i toplotni režim zemljišta, a od njih i brojna hemijska i biogena svojstva zemljišta. Mehaničkim sastavom zemljišta uslovljen je i interval pogodnosti zemljišta za obradu.

Od mehaničkog sastava zavisi i izbor mehanizacije i način korišćenja zemljišta. Sa agronomskog stanovišta smatra se da su najbolja ona zemljišta koja imaju odnos frakcija *pesak : prah : glina*, od 40 % : 40 % : 20 %. Takva zemljišta sadrže dovoljno vazduha i vode, nisu hladna, dobro upijaju vodu i sprovode je kroz zemljište, nisu teška za obradu, imaju intenzivnu mikrobiološku aktivnost i najzad, pružaju dobro stanište biljkama.

Od mehaničkog sastava i sadržaja humusa zavisi rastvorljivost i pristupačnost makro- i mikrohranljivih elemenata, opasnih i štetnih materija u zemljištu. Humozna i teža zemljišta (sa većim sadržajem frakcije gline) imaju veći kapacitet adsorpcije, a time i pufernu sposobnost.

Vremensko trajanje toksičnosti u zemljištu zavisi od sadržaja organske materije i gline u njemu. Ukoliko je, zbog ispiranja, njihov sadržaj manji izloženost teškim metalima je kraća. S druge strane, u težim i humoznijim zemljištima teški metali se vezuju za adsorptivni kompleks te njihov veći deo nije pristupačan za biljke (puferna sposobnost).

Tab.6 – Mehanički sastav pojedinačnih uzoraka

Lab. br.	Vrsta uzorka	Krupan pesak %	Sitan pesak %	Prah %	Glina %	Teksturna klasa (prema Tommerup-u)
		2-0,2 mm	0,2-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm	
BR01	pašnjak	3,32	55,56	23,68	17,44	glinovita ilovača
BR02	pašnjak	3,77	40,87	29,56	25,80	ilovasta glina
BR03	pašnjak	4,86	37,06	39,60	18,48	glinovita ilovača
BR04	obr.zem.	24,71	51,01	13,32	10,96	sitnopeskovita ilovača
BR05	obr.zem.	28,49	48,55	13,00	9,96	sitnopeskovita ilovača
BR06	sediment	24,83	56,41	11,24	7,52	sitnopeskovita ilovača
BR07	obr.zem.	2,16	38,96	28,64	30,24	ilovasta glina
BR08	pašnjak	3,36	33,36	32,24	31,04	ilovasta glina
BR09	sediment	3,12	22,32	23,76	50,80	teška glina
BR10	sediment	2,42	34,50	22,44	40,64	ilovasta glina
BR11	sediment	6,10	42,46	23,72	27,72	glinovita ilovača
BR12	sediment	6,74	54,18	19,44	19,64	peskov.-glinovita ilovača
BR13	obr.zem.	10,02	48,70	20,92	20,36	glinovita ilovača
BR14	obr.zem.	5,56	50,20	24,84	19,40	glinovita ilovača
BR15	sedim.	6,74	46,34	26,56	20,36	glinovita ilovača
BR16	pašnjak	4,03	40,05	29,48	26,44	ilovasta glina
BR17	sediment	4,10	39,10	30,88	25,92	ilovasta glina
BR18	pašnjak	17,61	45,75	24,00	12,64	ilovača
BR19	sediment	59,68	23,24	10,88	6,20	krupno peskovita ilovača
SK1	pašnjak	13,46	61,34	17,84	7,36	sitnopeskovita ilovača
SK2	obr.zem.	1,21	58,11	18,64	22,04	peskov.-glinovita ilovača
SK3	pašnjak	2,01	76,11	12,12	9,76	sitnopeskovita ilovača
SK4	obr.zem.	0,30	63,46	16,40	19,84	peskov.-glinovita ilovača
SK5	pašnjak	3,98	32,10	29,88	34,04	ilovasta glina
SK6	obr.zem.	3,31	43,93	28,84	23,92	glinovita ilovača
EK1	sediment	1,76	50,72	26,76	20,76	glinovita ilovača
EK2	obr.zem.	4,17	51,99	21,16	22,68	glinovita ilovača
EK3	pašnjak	3,04	33,76	35,68	27,52	ilovasta glina
EK4	obr.zem.	1,85	60,23	18,40	19,52	peskov.-glinovita ilovača
EK5	pašnjak	4,92	33,84	29,68	31,56	ilovasta glina
EK6	obr.zem.	1,44	46,76	24,24	27,56	ilovasta glina
OB1	pašnjak	9,43	39,05	34,88	16,64	glinovita ilovača
OB2	pašnjak	3,78	29,70	30,08	36,44	ilovasta glina
OB3	obr.zem.	0,81	34,75	33,08	31,36	ilovasta glina
OB4	pašnjak	2,93	35,39	28,16	33,52	ilovasta glina
OB5	obr.zem.	1,23	35,41	34,32	29,04	ilovasta glina
OB6	sediment	4,54	51,26	24,44	19,76	glinovita ilovača
OB7	obr.zem.	1,65	38,83	30,80	28,72	ilovasta glina

BR - banja Rusanda; SK - Slano kopovo; EK - ekološki koridor; OB - Okanj bara
 obr.zem. – obradivo zemljište

Tab.7 – Prosečne vrednosti mehaničkog sastava na lokalitetu banja Rusanda (BR)

Vrsta uzorka	Krupan pesak %	Sitan pesak %	Prah %	Glina %	Teksturna klasa (prema Tommerup-u)
	2-0,2 mm	0,2-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm	
pašnjak	6,16	42,11	29,76	21,97	glinovita ilovača
obr.zem.	14,19	47,48	20,14	18,18	glinovita ilovača
sediment	14,22	39,82	21,12	24,85	glinovita ilovača

Tab.8 – Prosečne vrednosti mehaničkog sastava na lokalitetu Slano kopovo (SK)

Vrsta uzorka	Krupan pesak %	Sitan pesak %	Prah %	Glina %	Teksturna klasa (prema Tommerup-u)
	2-0,2 mm	0,2-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm	
pašnjak	6,48	56,52	19,95	17,05	glinovita ilovača
obr.zem.	1,61	55,17	21,29	21,93	glinovita ilovača

Tab.9 – Prosečne vrednosti mehaničkog sastava na lokalitetu „ekološki koridor“ (EK)

Vrsta uzorka	Krupan pesak %	Sitan pesak %	Prah %	Glina %	Teksturna klasa (prema Tommerup-u)
	2-0,2 mm	0,2-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm	
pašnjak	3,98	33,80	32,68	29,54	ilovasta glina
obr.zem.	2,49	52,99	21,27	23,25	glinovita ilovača
sediment*	1,76	50,72	26,76	20,76	<i>glinovita ilovača</i>

* - vrednosti za sediment nisu prosečne, jer je sa lokaliteta uzorkovan jedan uzorak sedimenta

Tab.10 – Prosečne vrednosti mehaničkog sastava na lokalitetu Okanj bara (OB)

Vrsta uzorka	Krupan pesak %	Sitan pesak %	Prah %	Glina %	Teksturna klasa (prema Tommerup-u)
	2-0,2 mm	0,2-0,02 mm	0,02-0,002 mm	< 0,002 mm	
pašnjak	5,38	34,71	31,04	28,87	ilovasta glina
obr.zem.	1,23	36,33	32,73	29,71	ilovasta glina
sediment*	4,54	51,26	24,44	19,76	<i>glinovita ilovača</i>

* - vrednosti za sediment nisu prosečne, jer je sa lokaliteta uzorkovan jedan uzorak sedimenta

Na osnovu rezultata prikazanih u tabelama 6-10 može se zaključiti da su vrednosti sadržaja pojedinih teksturnih frakcija (krupnog i sitnog peska, praha i gline) prilično ujednačene između lokaliteta, ali i između vrsta uzoraka (pašnjaci, obradiva zemljišta i sedimenti).

Najteža zemljišta (najveći sadržaj gline) su kod Okanj bare i pripadaju teksturnoj klasi ilovasta glina, ali i zemljišta sa ovog lokaliteta nisu značajno glinovitija od onih sa drugih lokaliteta.

Uzorkovani pašnjaci pripadaju tipu zemljišta solonjec koji je poznat kao teško, glinovito zemljište, ali u svom podpovršinskom iluvijalnom B horizontu. Površinski humusno-akumulativni i iluvijalni A/E horizont solonjeca je međutim, po mehaničkom sastavu (a i po drugim svojstvima), prilično drugačiji od podpovršinskog B horizonta. Kako je dubina uzorkovanja od 20 cm uglavnom zahvatala A/E horizont, rezultati analize mehaničkog sastava sa pašnjaka su slični onima sa obradivih površina koji pripadaju tipu zemljišta černoze.

Ako posmatramo sve uzorke oni su dominantno ilovaste teksture (teksturna klasa glinovita ilovača). Posmatrano po vrstama uzorka može se zaključiti da su uzorci sa pašnjaka najtežeg mehaničkog sastava (57 % uzoraka, odnosno 8 od 14 su ilovaste gline), zatim slede uzorci sedimenata (40 % uzoraka, odnosno 4 od 10 su ilovaste i teške gline), dok su uzorci obradivog zemljišta pretežno ilovaste teksture (64 % uzoraka, odnosno 9 od 14 su glinovite ilovače).

3.3. Osnovna hemijska svojstva

U tab. 11-15 (na str. 23) prikazani su rezultati osnovnih hemijskih svojstava zemljišta na izabranim lokalitetima.

pH vrednost zemljišta (reakcija zemljišta) ima presudni faktor na dinamiku, kako biljkama hranljivih elemenata u zemljištu, tako i teških metala. U kiselj sredini se oslobađaju veće količine teških metala u zemljišni rastvor, što može biti i toksično za biljke. Kod kiselih zemljišta podizanje pH vrednosti do 6,5 hemijskom meliorativnom merom - kalcijacijom, znatno smanjuje toksičnost teškim metalima. U alkalnoj sredini je opet usled stvaranja nerastvornih jedinjenja otežana pristupačnost biljkama pojedinih hranljivih mikroelemenata. Sa aspekta ishrane biljaka optimalna pH vrednost (merena u suspenziji zemljišta sa rastvorom KCl) je neutralna (6,5-7,2 pH jedinice) ili blago kisela (5,5-6,5 pH jedinice).

Reakcija ispitivanog poljoprivrednog zemljišta u Projektu je u relativno širokom dijapazonu. Potencijalna kiselost (pH u KCl) zemljišta sa pašnjaka kreće se od 4,56 do 8,51 pH jedinica, odnosno od kisele do alkalne klase zemljišta.

Uopšteno, uzorci zemljišta pod pašnjacima su nešto niže pH vrednosti (6,21) u odnosu na uzorke obradivog zemljišta (6,63) i sedimenata (7,43).

Najveći broj ispitivanih uzoraka pripada klasi slabo kiselih i neutralnih zemljišta, što je povoljan podatak, jer je ovakva reakcija optimalna za usvajanje većine biljkama neophodnih makro- i mikrohraniva. Takođe ovakva reakcija nema ograničenja za primenu nijedne vrste đubriva.

Uzorci sedimenata skoro isključivo (80 % - 8 od 10 uzoraka) pripadaju blago alkalnoj klasi. Ovo je posledica ispiranja CaCO_3 i vodorastvorljivih soli na niže terene jezera i kanala iz kojih su sedimenti uzorkovani.

Tab.11 - Osnovna hemijska svojstva zemljišta ispitivanih lokaliteta

Lab. br.	Vrsta uzorka	pH		CaCO ₃ %	Humus %	Ukup. N %	AL-P ₂ O ₅ mg/100g	AL-K ₂ O mg/100g
		u KCl	u H ₂ O					
BR01	pašnjak	4,71	6,76	0,41	4,33	0,278	3,2	13,6
BR02	pašnjak	5,58	7,08	0,49	4,13	0,265	11,1	36,0
BR03	pašnjak	4,80	7,01	0,33	5,10	0,327	1,8	15,9
BR04	obr.zem.	7,53	8,49	1,37	2,34	0,174	144,5	72,5
BR05	obr.zem.	5,23	6,23	0,33	1,77	0,152	89,5	68,0
BR06	sediment	7,94	9,04	2,47	3,31	0,227	166,5	95,5
BR07	obr.zem.	7,72	8,39	2,53	3,00	0,223	14,2	33,6
BR08	pašnjak	6,84	8,67	0,17	3,13	0,215	7,2	34,5
BR09	sediment	7,60	9,51	2,11	1,95	0,168	10,6	59,0
BR10	sediment	7,74	9,75	1,69	2,33	0,173	8,0	40,5
BR11	sediment	7,46	9,09	0,56	3,71	0,254	25,6	27,3
BR12	sediment	7,83	9,33	1,27	2,55	0,189	80,7	68,0
BR13	obr.zem.	6,70	7,61	0,00	2,93	0,218	110,0	59,0
BR14	obr.zem.	7,56	8,40	11,40	2,94	0,218	187,5	104,5
BR15	sediment	7,57	8,42	10,98	4,68	0,300	149,5	104,5
BR16	pašnjak	7,74	8,68	8,44	2,83	0,210	108,0	82,0
BR17	sediment	8,00	8,78	13,93	2,55	0,189	42,3	95,5
BR18	pašnjak	6,44	8,30	0,00	4,59	0,294	8,9	22,3
BR19	sediment	7,04	7,60	1,27	2,80	0,208	10,9	16,4
SK1	pašnjak	5,77	7,06	0,00	3,26	0,223	7,4	20,9
SK2	obr.zem.	5,50	6,65	0,00	2,76	0,205	5,1	25,0
SK3	pašnjak	8,51	10,14	1,17	0,76	0,080	10,5	17,3
SK4	obr.zem.	5,54	6,69	0,00	1,99	0,171	5,9	26,4
SK5	pašnjak	7,69	9,15	5,03	3,36	0,230	16,0	40,0
SK6	obr.zem.	7,64	8,55	12,58	2,47	0,184	20,8	40,0
EK1	sediment	5,70	6,83	0,00	2,84	0,211	10,6	37,3
EK2	obr.zem.	6,81	7,78	0,28	2,37	0,176	11,5	46,0
EK3	pašnjak	6,26	8,39	0,00	2,70	0,201	6,3	26,4
EK4	obr.zem.	7,47	8,35	1,26	2,12	0,158	27,2	31,8
EK5	pašnjak	7,13	8,65	0,25	2,64	0,196	9,4	35,5
EK6	obr.zem.	6,41	7,56	0,14	2,55	0,189	7,2	28,2
OB1	pašnjak	4,56	6,48	0,00	3,96	0,271	5,8	15,9
OB2	pašnjak	5,34	6,96	0,00	3,56	0,244	17,1	49,0
OB3	obr.zem.	6,30	7,43	0,14	3,14	0,215	6,6	39,5
OB4	pašnjak	5,55	7,73	0,00	3,40	0,233	7,9	24,5
OB5	obr.zem.	5,02	6,60	0,28	3,96	0,271	8,5	30,9
OB6	sediment	7,42	8,67	6,71	3,85	0,264	10,5	31,4
OB7	obr.zem.	7,32	8,35	5,45	2,98	0,221	11,0	40,0
prosek	pašnjak	6,21	7,93	1,16	3,41	0,233	15,8	33,7
	obr.zem.	6,63	7,65	2,55	2,67	0,198	46,4	46,1
	sediment	7,43	8,70	4,10	3,06	0,218	51,5	57,5

BR - banja Rusanda; SK - Slano kopovo; EK - ekološki koridor; OB - Okanj bara;
obr.zem. – obradivo zemljište

Tab.12 - Prosečne vrednosti osnovnih hemijskih svojstava na lokalitetu banja Rusanda (BR)

Vrsta uzorka	pH		CaCO ₃ %	Humus %	Ukup. N %	AL-P ₂ O ₅ mg/100g	AL-K ₂ O mg/100g
	u KCl	u H ₂ O					
pašnjak	6,02	7,75	1,64	4,02	0,265	23,37	34,05
obr.zem.	6,95	7,82	3,13	2,60	0,197	109,14	67,52
sediment	7,65	8,94	4,29	2,99	0,214	61,76	63,34

Tab.13 - Prosečne vrednosti osnovnih hemijskih svojstava na lokalitetu Slano kopovo (SK)

Vrsta uzorka	pH		CaCO ₃ %	Humus %	Ukup. N %	AL-P ₂ O ₅ mg/100g	AL-K ₂ O mg/100g
	u KCl	u H ₂ O					
pašnjak	7,32	8,78	2,07	2,46	0,178	11,30	26,07
obr.zem.	6,23	7,30	4,19	2,41	0,187	10,60	30,47

Tab.14 - Prosečne vrednosti osnovnih hemijskih svojstava na lokalitetu „ekološki koridor“ (EK)

Vrsta uzorka	pH		CaCO ₃ %	Humus %	Ukup. N %	AL-P ₂ O ₅ mg/100g	AL-K ₂ O mg/100g
	u KCl	u H ₂ O					
pašnjak	6,70	8,52	0,13	2,67	0,199	7,85	30,95
obr.zem.	6,90	7,90	0,56	2,35	0,174	15,30	35,33
sediment*	5,70	6,83	0,00	2,84	0,211	10,60	37,30

* - vrednosti za sediment nisu prosečne, jer je sa lokaliteta uzorkovan jedan uzorak sedimenta

Tab.15 - Prosečne vrednosti osnovnih hemijskih svojstava na lokalitetu Okanj bara (OB)

Vrsta uzorka	pH		CaCO ₃ %	Humus %	Ukup. N %	AL-P ₂ O ₅ mg/100g	AL-K ₂ O mg/100g
	u KCl	u H ₂ O					
pašnjak	5,15	7,06	0,00	3,64	0,249	10,27	32,47
obr.zem.	6,21	7,46	1,96	3,36	0,236	8,70	36,80
sediment*	7,42	8,67	6,71	3,85	0,264	10,50	31,40

* - vrednosti za sediment nisu prosečne, jer je sa lokaliteta uzorkovan jedan uzorak sedimenta

Značaj sadržaja CaCO₃ u zemljištu se ogleda pre svega preko smanjenog uticaja Ca jona na strukturu kod zemljišta sa njegovim niskim sadržajem. Ekstremno visoke vrednosti (već preko 10 %) su štetne zbog imobilizacije usvajanja pojedinih mikroelemenata od strane biljaka. Vrednosti sadržaja CaCO₃ u zemljištu se sporo menjaju tokom vremena, a kao i reakcija direktna su posledica procesa pedogeneze.

Sadržaj CaCO₃ u zemljištu ispitivanih lokaliteta je u širokom rasponu klasa od beskarbonatnog do jako karbonatnog zemljišta (0 do 13,93 %). Najveći broj uzoraka (71 % - 27 od 38 uzorka) ima nezadovoljavajući sadržaj CaCO₃ (manji od 2 %) što se negativno odražava na nepovoljnu strukturu zemljišta.

Takođe nepovoljan, ali visok sadržaj CaCO_3 imaju i pojedini uzorci obradivog zemljišta.

Posmatrano po vrstama uzorka, kao i kod reakcije, sadržaj CaCO_3 raste od uzoraka sa pašnjaka (1,16 %), preko obradivog zemljišta (2,55 %) do sedimenata (4,10 %).

Jedan od vrlo važnih pokazatelja plodnosti zemljišta je kvantitativni sadržaj humusa, kao i njegov kvalitet. Zemljišta bogata humusom sadrže velike zalihe biogenih elemenata koje humus čuva od ispiranja, a po mineralizaciji stavlja biljkama na raspolaganje. Humus predstavlja pufer sistem za ublažavanje npr. efekata zagađenja zemljišta.

Sadržaj humusa na pašnjacima varira u širokom intervalu od 0,76 - 5,10 %. Površina pašnjaka koju predstavlja uzorak SK3 je prema ranijim istraživanjima (Vasin, 2010) klasifikovana kao tip zemljišta solončak. Karakteristika solončaka je vrlo oskudna vegetacija, tako da nema uslova za akumulaciju veće količine humusa. Ostali pašnjaci pripadaju tipu zemljišta solonjec kod kojeg ispitivani sloj 0-20 cm predstavlja jedino povoljnu sredinu za rast korena, tako da je u ovom sloju sadržaj humusa viši.

Na svim lokalitetima je sadržaj humusa kod pašnjaka viši u odnosu na obradive površine (prosečne vrednosti 3,41 % u odnosu na 2,67 %). Ovo se može objasniti pojačanom mineralizacijom organske materije nastalom usled obrade zemljišta i njegove bolje aeracije.

Posledica dosadašnjeg neprimenjivanja organskih đubriva je da 79 % uzoraka obradivog zemljišta (11 od 14 uzoraka) ima potrebu za povećanim, meliorativnim količinama organskih đubriva (stajnjaka, komposta i dr.). Na ostalim obradivim površinama potrebno je pridržavati se principa dobre poljoprivredne prakse, tj. đubriti redovnim količinama organskih đubriva i zaoravati žetvene ostatke prethodnih gajenih biljnih vrsta, a nikako ih ne spaljivati.

Viši sadržaj humusa u sedimentima u odnosu na uzorke zemljišta sa pašnjaka i obradivih površinama može se objasniti nepovoljnim uslovima za mineralizaciju organske materije, tj. anaerobnim uslovima u kojima se ispitivani sedimenti nalaze u većem delu godine.

S obzirom da je najveći deo ukupnog azota organskog porekla njegov sadržaj u potpunosti (i po vrstama uzorka i po lokalitetima) prati sadržaj humusa.

Sadržaj pristupačnog fosfora (AL P_2O_5) i kalijuma (AL K_2O), biljkama makrohranljivih elemenata koji se dodaju đubrenjem, predstavlja dobar pokazatelj kvaliteta rada i znanja poljoprivrednih proizvođača. Na osnovu analiza zemljišta neophodno je obezbediti njihovu optimalnu količinu pravilnim đubrenjem organskim i mineralnim đubrivima. Nepravilno đubrenje može imati za posledicu snižavanje sadržaja ovih elemenata u zemljištu ispod optimalnog ukoliko je đubrenje nedovoljno. U suprotnom slučaju ukoliko se đubri previše, posledice su opadanje prinosa gajenih biljaka, nepotrebno povećanje troškova proizvodnje, pa čak i zagađenje sredine.

Kod pašnjaka je sadržaj ovih makroelemenata uglavnom na niskom (fosfor) ili zadovoljavajućem nivou (kalijum). Izuzetak je uzorak BR16 sa lokaliteta banja Rusanda

kod kojeg je sadržaj ovih elemenata znatno povećan. Kako je ova površina u urbanom području, ovakvi rezultati se mogu tumačiti uticajem 1) ili komunalnog otpada i otpadnih voda ili 2) đubrenja ovog površinski malog pašnjaka neadekvatnom količinom đubriva.

Na osnovu rezultata ispitivanja obradivog zemljišta na svim lokalitetima može se zaključiti da je đubrenje u prethodnom periodu na skoro svim parcelama bilo neplansko, tj. bez prethodne analize zemljišta i proračuna đubrenja. Tako je zabeleženo da 57 % uzoraka (8 od 14) ima nizak, a 29 % (4 od 14 uzoraka) štetno do toksično visok sadržaj pristupačnog fosfora (sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalijuma preko 50 mg/100 g zemljišta). Na parcelama sa ovako visokim sadržajem pristupačnog fosfora se preporučuje izostavljanje đubrenja ovim elementom u naredne četiri godine (do sledećeg ispitivanja zemljišta prema ciklusu Sistema kontrole plodnosti zemljišta).

Sadržaj pristupačnog kalijuma je na boljem nivou u odnosu na fosfor zahvaljujući prirodnoj dinamičkoj ravnoteži različitih oblika kalijuma u zemljištu. Dinamička ravnoteža obezbeđuje manje oscilacije pristupačnog oblika kalijuma u odnosu na fosfor, kao i njegove optimalne vrednosti. Međutim i kod kalijuma su zabeleženi uzorci obradivog zemljišta sa većim sadržajem od optimalnog.

Karakteristično je da skoro svi ispitivani uzorci obradivog zemljišta sa lokaliteta banja Rusanda (4 od 5) imaju štetno do toksično visok sadržaj pristupačnog fosfora i kalijuma.

Ovi podaci (i izuzetno niskog i visokog sadržaja hraniva) pokazuju da poljoprivredni proizvođači nedovoljno poznaju osobine svojih proizvodnih parcela, osobine gajene biljne vrste, tj. pojedine sorte i hibrida i da ne primenjuju odredbe Sistema kontrole plodnosti zemljišta i racionalne upotrebe đubriva.

Kao posledica, prvenstveno neodgovarajućeg mineralnog đubrenja obradivih površina, a kod jednog uzorka sedimenta verovatno od uticaja komunalnog otpada, zabeležen je visok sadržaj pristupačnog oblika fosfora i kalijuma u 40 % uzoraka sedimenata (4 od 10). Svi ovakvi uzorci sedimenta su lokaliteta banja Rusanda.

3.4. Opasne i štetne materije (mikroelementi i teški metali)

Za nesmetan rast i razvoj biljaka, neophodno je da zemljište bude optimalno obezbeđeno kako makro biogenim elementima (N, P, K) tako i mikro biogenim elementima (S, Mg, Fe, Cu, Zn, Co...).

Biogeni elementi su esencijalni za biljne i životinjske organizme, istovremeno u velikim koncentracijama mogu biti toksični po živi svet. Zemljište predstavlja glavni izvor metala za biljne organizme, bilo da je on nutrijent ili toksikant. Iz ovog razloga je veoma važno poznavati njegov sadržaj i distribuciju u zemljištu.

Postoji više faktora koji utiču na mobilnost i pristupačnost metala u zemljištu, generalno oni su geohemijskog, klimatskog i biološkog porekla (Kabata-Pendias, 2004).

Izrazom "teški metali" se označava velika grupa elemenata koja ispoljava izuzetnu toksičnost po žive organizme, odnosno životnu sredinu. Epitet "teški" potiče od činjenice

da većina ovih elemenata ima zapreminsku masu veću od 6 kg/dm³, međutim zbog svoje poznate toksičnosti u ovu grupu se ubrajaju i neki metali sa manjom zapreminskom masom, (npr. Be) zatim metaloidi (As i At) pa čak i neki nemetali (Se). Prema ovome, upotreba izraza "toksični elementi" bi bolje odgovarala, međutim neki od ovih elemenata (Co, Cr, Cu, Mn, Mo i Zn) su u niskim koncentracijama esencijalni za žive organizme a tek pri višim koncentracijama ispoljavaju toksično delovanje. Nova težnja u terminologiji ovih elemenata je da se oni označe kao "elementi u tragovima" (eng. trace elements) jer se u prirodi nalaze u malim količinama. Danas se u veoma brojnim i opsežnim istraživanjima u ovoj oblasti ravnopravno koriste oba izraza: "teški metali" (eng. heavy metals) i "elementi u tragovima" (eng. trace elements) a u upotrebi je, sve češće, i termin „potencijalno toksični elementi“ ili (PTE). U našem zakonodavstvu za poljoprivredno zemljište (Sl. Glasnik RS 23/94), ovi elementi su označeni kao štetne (Cu, Zn i B) i opasne materije (Cd, Pb, Hg, As, Cr, Ni, F).

Teški metali u zemljištu su poseban rizik po agroekosistem budući da su veoma postojani, te se u cilju postizanja održivosti poljoprivrede, najveća pažnja posvećuje upravo preventivnim merama njihovog unosa (Moolenaar and Beltrami, 1998).

Teški metali dospevaju u zemljište raspadanjem stena i minerala na kojima se formira zemljište (matični supstrat), a koji u svom sastavu sadrže i teške metale najčešće: Cu, Zn, Ni, Pb, Al, Cr. Prirodni sadržaj teških metala u zemljištu je geohemijskog porekla i najčešće je toliko mali da nema značajnijeg uticaja na zagađivanje agroekosistema.

Glavni izvor teških metala u poljoprivrednom zemljištu je primena agrohemikalija, u prvom redu mineralnih i organskih đubriva (Adriano 2001, Kabata-Pendias and Pendias 2001). Postoje brojna aktuelna istraživanja koja dokazuju da usled intenzivne primene agrohemikalija, u nekim poljoprivrednim zemljištima dolazi do akumulacije teških metala antropogenim poreklom u poređenju sa prirodnim sadržajem koji potiče od matičnog supstrata.

Globalno, uzrok povećanom sadržaju teških metala u nekim zemljištima je može biti i veliki broj industrijskih postrojenja za preradu metala (rudnici, topionice metala), koji zagađuju vazduh teškim metalima, i koji u vidu kiše, gasova i čađi atmosferskom dispozicijom dospevaju na površinu zemljišta. Sagorevanje fosilnih goriva (uglji, nafta) u termoelektranama, industriji, domaćinstvima takođe značajno doprinosi zagađivanju životne sredine teškim metalima. Poseban problem predstavljaju izduvni gasovi automobila, koji olovom zagađuju zemljište u neposrednoj blizini puteva (do 100 m).

Pojedini teški metali dospevaju u zemljište primenom hemijskih sredstava za zaštitu biljaka. Pre pojave sintetičkih organskih preparata, korišćeni su preparati koji su sadržali As, Hg, Zn, Cu i Pb i koji su dosta korišćeni u voćarsko-vinogradarskoj proizvodnji. Dugotrajna primena fungicida na bazi bakra takođe doprinosi povećanju koncentracije bakra u zemljištu. Pored toga i mineralna đubriva, u prvom redu fosforna, mogu da budu izvor teških metala u zemljištu, posebno ako se ova đubriva proizvode od sirovih fosfata koji mogu da sadrže veću količinu teških metala. Na ovaj način u zemljište dospevaju Cd, Zn i Ni.

Nekontrolisana upotreba otpadnih industrijskih i komunalnih voda za zalivanje i korišćenje komposta, gradskog smeća i kanizacionog mulja za organsko đubrivo,

takođe predstavlja značajan izvor teških metala za zemljište. Pored neophodnih elemenata za ishranu biljaka ova organska đubriva često sadrže i teške metale. Kako sastav komposta, gradskog smeća i kanalizacionog mulja može da bude veoma različit, pre njegove primene u poljoprivredi, neophodno je proveriti njegov sastav i poštovati pravila o dozvoljenom sadržaju zagađujućih materija i načinu njegove primene.

Na rastvorljivost i pristupačnost mikroelemenata i teških metala u zemljištu, u najvećoj meri, utiče pH reakcija zemljišta, sadržaj organske materije, mehanički sastav zemljišta (udeo frakcije gline), zatim sadržaj kalcijum karbonata i pristupačnog fosfora u zemljištu. Transfer teških metala iz zemljišta u biljke je deo hemijskog kruženja elemenata u prirodi. To je veoma složen proces koji zavisi od brojnih faktora bilo da su oni prirodni ili antropogeni (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007).

Tokom poslednje tri decenije istraživanja, nedvosmisleno je dokazano da poznavanje ukupnog sadržaja metala u životnoj sredini nije dovoljan podatak za poimanje geohemijskih (mobilnost, reaktivnost) i bioloških (pristupačnost, toksičnost) osobina metala (Temminghoff et al., 1997; Zembryova et al., 2006; Kabata-Pendias, 2004; Pueyo et al., 2004; Menzies et al., 2007). Iz ovog razloga, danas se neprestano razvijaju i primenjuju nove sofisticirane metode: unapređene tehnike uzorkovanja zemljišta, instrumentalne analitičke tehnike i matematičko modeliranje.

Postoje izvesne nedoumice u naučnoj literaturi oko definisanja termina pristupačnost. U domaćoj literaturi se pored izraza pristupačnost, često koriste i termini kao što su biodostupnost i lakopristupačnost. Pristupačnost je koncept koji je još uvek teško kvantifikovati, pa samim tim i definisati.

Pristupačnost prema Landner and Reuther (2005) uključuje:

- 1) fizičko-hemijsku dostupnost metala u posmatranom medijumu,
- 2) aktuelnu potrebu živog sveta (biote) za ispitivanim metalom
- 3) toksičnosti metala po biotu.

U literaturi se pristupačnost tretira u većoj meri kvanitativno, kao deo ukupnog sadržaja metala u zemljištu koji može biti usvojen korenovim sistemom posmatrane biljne vrste (Lee et al. 1992; Brun et al. 2001).

Prema ISO rečniku (SRPS ISO 11074-1:2001) izraz pristupačnost biljkama je definisan kao sposobnost nekih supstancija da se premeštaju iz zemljišta u biljku, uz napomenu da pristupačnost zavisi od brojnih faktora kao što su uslovi zemljišta, svojstva supstancije i priroda biljke.

Aktuelna istraživanja potvrđuju da se teški metali poreklom od antropogenih izvora u zemljištu, nalaze u oblicima koji su lakše pristupačni, u odnosu na njihovo prirodno poreklo (Kabata-Pendias and Pendias, 2001; Gunkel et al. 2003; Yu et al., 2004, Arias-Estevez et al., 2007).

Prilikom procenjivanja da li je neko zemljište zagađeno teškim metalima ili ne, važnu smernicu predstavljaju granične vrednosti za maksimalno dozvoljene koncentracije

teških metala u zemljištu. Najčešće se maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) teških metala u standardima za kvalitet zemljišta odnose na tzv. ukupni ili pseudo-ukupni sadržaj metala, odnosno na koncentracije dobijene razaranjem zemljišta jakim mineralnim kiselinama (Zeremski-Škorić i Ninkov, 2008). Pojedine zemlje sveta imaju različito definisane vrednosti MDK za metale. U našoj zemlji, MDK-e teških metala za poljoprivredno zemljište, definisane su Pravilnikom o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja (Sl. gl. RS 23/1994).

Od nedavno (novembar 2010. godine), na snazi je Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (Sl. gl. RS 88/2010). Ova uredba definiše granične vrednosti GV i remedijacione vrednosti pojedinih zagađujućih materija u zemljištu nepoljoprivredne namene i podzemnoj vodi. Prema Uredbi: „u slučaju prekoračenja GV, vrše se dodatna istraživanja na kontaminiranim lokacijama radi utvrđivanja stepena zagađenosti i izrade remedijacionih programa. Remedijacioni programi se realizuju ukoliko prosečna koncentracija bilo koje zagađujuće materije prelazi RV u više od 25 m³ zapremnine zemljišta“.

Budući da u našem zakonodavstvu, ne postoje propisane granične i maksimalne koncentracije za sediment, sadržaj metala u ovom medijumu, će se porediti po holandskim i kanadskim kriterijumima. Prema kriterijumima Holandije iz 2000. godine (Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment Directorate – General for Environmental Protection, 2000); GV i RV za sediment su identične sa navedenim vrednostima za zemljište prema Uredbi (Sl. gl. RS 88/2010). U Kanadi, prema dokumentu iz 2000. godine, koncentracije pojedinih zagađujućih materija u sedimentu su kategorizovane po još oštrijim kriterijumima (Canadian Council of Ministers of Environment, 2001). Prema ovom dokumentu, GVS je ona vrednost za koncentraciju zagađujućih materija iznad koje su moguće promene na bentičkim organizmima, a RVS je vredost iznad koje su verovatne promene na bentičkim organizmima (Đukić, 2003).

U ovom istraživanju, posmatrane površine zemljišta su poljoprivredne namene koje su podeljene u dve grupe: obradivo zemljište i pašnjaci, te je za dobijene rezultate važeći kriterijum MDK prema Sl. gl. RS 23/1994. Istovremeno, površine pod pašnjacima pripadaju zaštićenim ili potencijalno zaštićenim područjima, te će sadržaj mikrolelemenata i teških metala biti poređen i sa GV i RV prema Uredbi (Sl. gl. RS 88/2010). Koncentracija zagađujućih materija u sedimentu biće poređena prema holandskim (GV i RV vrednosti identične sa Uredbom za zemljište) i kanadskim kriterijumima (GVS, RVS).

U ispitivanim uzorcima zemljišta i mulja, određen je ukupni (razaranjem zemljišta sa HNO₃ i H₂O₂) i pristupačni (ekstrakcija zemljišta u 0,05 mol/L EDTA) sadržaj metala (tab. 16 i 17). Na ispitivanom području se ne očekuje prisustvo većih količina pristupačnih formi metala usled prisutne visoke pH vrednosti i visokog udela čestica gline i praha na ispitivanom zemljištu. Ove karakteristike zemljišta utiču na manju mobilnost metala i njihovu pristupačnost biljkama.

Tab. 16 - Ukupni sadržaj mikroelemenata i teških metala u zemljištu (u mg/kg)

Lab.br	Vrsta uzorka	Cu	Zn	Co	Mn	As	Pb	Cd	Ni	Cr
BR1	pašnjak	20.1	52.6	11.6	821.2	9.5	25.4	nd	30.9	20.9
BR2	pašnjak	28.3	62.3	13.9	896.5	10.2	26.7	nd	40.8	29.9
BR3	pašnjak	22.1	59.3	14.5	1011.0	8.9	33.0	0.04	33.1	27.6
BR4	obr. zemljište	33.9	53.7	6.4	353.7	3.1	12.5	nd	18.1	11.7
BR5	obr. zemljište	189.1	112.3	7.3	409.5	4.0	18.7	0.12	19.7	12.9
BR6	sediment	89.2	91.1	6.1	310.1	3.3	24.4	0.09	15.7	10.8
BR7	obr. zemljište	21.2	67.0	10.8	585.5	8.3	21.0	nd	38.0	48.1
BR8	pašnjak	28.4	72.3	19.3	1406.0	18.8	32.9	nd	60.9	68.8
BR9	sediment	33.1	93.6	16.5	1025.0	15.7	30.5	nd	55.7	61.2
BR10	sediment	25.5	73.8	12.1	632.8	8.7	25.2	nd	45.5	52.0
BR11	sediment	23.8	77.7	14.2	928.6	11.6	31.5	nd	44.3	49.2
BR12	sediment	26.4	67.2	9.7	537.0	4.3	18.7	nd	29.9	34.7
BR13	obr. zemljište	60.1	79.6	9.9	606.3	6.4	23.1	nd	32.9	33.4
BR14	obr. zemljište	32.9	105.0	8.2	480.2	6.3	28.4	nd	34.4	34.1
BR15	sediment	27.5	88.7	8.1	477.9	7.4	22.0	nd	40.6	40.4
BR16	pašnjak	27.0	71.0	9.5	556.5	8.9	20.5	nd	34.2	42.1
BR17	sediment	21.6	70.3	8.9	518.9	9.4	18.8	nd	30.4	34.5
BR18	pašnjak	15.0	49.3	11.5	732.9	8.4	28.0	nd	28.6	38.2
BR19	sediment	22.9	228.3	7.5	335.8	8.4	58.1	0.24	19.5	42.5
SK1	pašnjak	10.8	36.9	7.8	581.5	3.5	18.0	nd	19.0	23.2
SK2	obr. zemljište	16.2	48.4	10.1	685.0	6.9	18.9	nd	31.7	35.4
SK3	pašnjak	5.7	26.5	5.0	315.9	2.3	11.5	nd	15.7	19.8
SK4	obr. zemljište	14.4	47.3	9.8	575.2	5.9	17.7	nd	30.2	29.9
SK5	pašnjak	25.1	71.8	11.9	657.8	11.3	24.0	nd	43.0	53.4
SK6	obr. zemljište	16.7	55.3	8.2	507.6	8.2	16.1	nd	27.8	32.0
EK1	sediment	18.9	58.5	10.1	402.7	5.5	20.7	nd	32.5	39.9
EK2	obr. zemljište	18.0	60.3	10.3	604.1	6.0	19.5	nd	36.2	37.1
EK3	pašnjak	23.4	70.1	15.1	1054.0	8.1	29.3	nd	46.1	42.4
EK4	obr. zemljište	17.7	59.1	10.0	559.4	5.7	17.3	nd	33.5	33.3
EK5	pašnjak	25.1	72.3	13.7	813.7	7.7	25.4	nd	49.8	54.0
EK6	obr. zemljište	19.4	58.1	11.1	677.1	6.6	21.2	nd	38.1	26.4
OB1	pašnjak	20.6	56.9	14.3	934.4	9.1	32.9	nd	28.8	25.2
OB2	pašnjak	28.3	82.1	15.2	887.0	9.3	30.4	nd	43.3	33.9
OB3	obr. zemljište	23.6	69.1	12.4	780.7	6.6	25.4	nd	41.2	28.3
OB4	pašnjak	25.1	65.6	15.7	982.2	8.8	29.0	nd	47.6	35.7
OB5	obr. zemljište	27.8	69.2	13.8	884.8	7.0	28.3	nd	41.3	28.7
OB6	sediment	18.0	57.1	9.1	602.4	6.9	19.7	nd	32.0	23.1
OB7	obr. zemljište	18.1	57.8	9.9	594.1	6.9	19.7	nd	35.4	23.8
MDK ¹	polj.	100.0	300.0	/	/	25.0	100.0	3.0	50.0	100.0
GV ²	nepolj./sedim.	36.0	140.0	9.0	/	29.0	85.0	0.8	35.0	100.0
RV ³	nepolj./sedim.	190.0	720.0	240.0	/	55.0	530.0	12.0	210.0	380.0
GVS ⁴	sediment	35.7	123.0	/	/	/	35.0	0.6	/	37.3
RVS ⁵	sediment	197.0	315.0	/	/	/	91.3	3.5	/	90.0

Tab. 16a - Legenda

nd	Nije detektovano primenjenom analitičkom metodom
MDK ¹	Maksimalno dozvoljena količina (MDK) za poljoprivredno zemljište prema Pravilniku o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja (Sl. Gl. RS 23/1994)
GV ²	Granična vrednost za nepoljoprivredno zemljište prema Uredbi o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (Sl. gl. RS 88/2010) Granična vredost za sediment za sediment u Holandiji (Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment Directorate – General for Environmental Protection, 2000)
RV ³	Remedijaciona vrednost za nepoljoprivredno zemljište prema Uredbi o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (Sl. gl. RS 88/2010) Remedijaciona vrednost za sediment u Holandiji (Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment Directorate – General for Environmental Protection, 2000)
GVS ⁴	Granična vrednost za sediment u Kanadi (Canadian Council of Ministers of Environment, 2001)
RVS ⁵	Remedijaciona vrednost za sediment u Kanadi (Canadian Council of Ministers of Environment, 2001)

U okviru istraživanja u ovom projektu, od 38 analizirana uzorka zemljišta kao i sedimenta, samo u 3 uzorka izmeren je sadržaj metala veći od MDK za poljoprivredno zemljište. Povišen sadržaj metala zabeležen je u slučaju jednog uzorka za bakar sa obradivog zemljišta iz vinograda (uzorak BR5) i nikla za dva uzorka pašnjaka (BR8 i EK5) (tab. 16). Na osnovu graničnih vrednosti GV za nepoljoprivredno zemljište, 12 uzoraka sa područja pašnjaka prelazi ovu vrednost za sadržaj kobalta i 7 uzoraka za sadržaj nikla. Svi ispitivani uzorci zemljišta se nalaze u zoni daleko manjoj od propisanih remedijacionih vrednosti RV, koje zahtevaju dalju remedijaciju i sanaciju zemljišta, osim uzorka BR5 sa visokim sadržajem bakra. Od ukupno 11 analiziranih uzoraka sedimenta, prema holandskom kriterijumu za GV, jedan uzorak ima povišen sadržaj bakra (BR6), jedan uzorak prelazi GV za cink (BR19), 7 uzoraka imaju višu koncentraciju od GV za kobalt (BR9-12, 19; EK1; OB6) i četiri uzorka imaju višu koncentraciju od GV za Ni (BR9-11, 15). Prema kanadskim kriterijumima, koji su strožiji, jedan uzorak ima povišen sadržaj Pb (BR19) i šest uzoraka ima povišen sadržaj hroma (BR9-11, 15, 19; EK1). Istovremeno sadržaj metala u ispitivanom sedimentu je daleko manji od predviđenih remedijacionih vrednosti (RM, RMS) i po holandskom i po kanadskom kriterijumu (tab. 16).

Nakon detaljnijih istraživanja pristupačnog sadržaja metala, zabeležen povišen sadržaj nikla i kobalta u ispitivanom zemljištu je geohemijskog porekla, dok je sadržaj bakra antropogenog porekla kao posledica primene fungicida na bazi bakra u ispitivanom vinogradu (uzorak BR5).

Tab. 17 - Pristupačni sadržaj mikroelemenata i teških metala u zemljištu (u mg/kg)

Lab.br	Vrsta uzorka	Cu	Zn	Co	Mn	As	Pb	Cd	Ni	Cr
BR1	pašnjak	6,1	2,7	3,53	334,3	0,14	7,2	nd	7,6	nd
BR2	pašnjak	9,3	3,1	3,85	373,0	0,19	6,9	nd	9,5	nd
BR3	pašnjak	5,3	2,2	4,51	370,9	0,27	8,7	nd	7,2	nd
BR4	obr. zemljište	13,6	12,6	0,20	71,8	0,21	5,7	nd	1,9	nd
BR5	obr. zemljište	166,0	29,6	2,89	339,2	0,15	9,0	nd	4,7	nd
BR6	sediment	70,1	30,5	0,86	149,3	0,39	7,0	nd	1,3	nd
BR7	obr. zemljište	2,2	0,7	0,32	73,0	nd	4,3	nd	1,7	nd
BR8	pašnjak	13,0	1,8	5,00	518,1	0,28	12,0	nd	12,6	nd
BR9	sediment	15,7	1,2	1,10	246,8	nd	11,2	nd	4,1	nd
BR10	sediment	11,5	1,7	2,23	289,6	0,19	10,8	nd	5,8	nd
BR11	sediment	9,2	3,2	2,28	296,8	0,24	10,6	nd	6,3	nd
BR12	sediment	17,9	5,2	1,39	274,1	0,95	10,5	nd	4,4	nd
BR13	obr. zemljište	34,2	13,5	4,44	412,4	0,49	13,5	nd	8,9	nd
BR14	obr. zemljište	7,7	25,8	0,04	21,5	0,28	8,7	nd	1,7	nd
BR15	sediment	14,1	18,8	0,38	68,4	0,50	8,7	nd	5,6	nd
BR16	pašnjak	4,9	3,3	0,09	54,5	nd	5,6	nd	1,6	nd
BR17	sediment	7,2	6,1	0,83	105,7	nd	6,3	nd	3,0	nd
BR18	pašnjak	8,3	4,2	3,27	345,2	0,26	10,5	nd	5,9	nd
BR19	sediment	12,0	38,0	0,54	99,6	nd	30,0	nd	1,8	nd
SK1	pašnjak	4,6	3,2	3,07	337,6	0,23	8,7	nd	4,9	nd
SK2	obr. zemljište	3,9	1,5	4,60	435,8	0,23	7,7	nd	7,9	nd
SK3	pašnjak	2,6	1,3	0,76	131,8	0,25	5,2	nd	1,8	nd
SK4	obr. zemljište	3,7	1,1	4,40	350,2	0,28	6,1	nd	7,0	nd
SK5	pašnjak	4,5	1,3	0,09	36,5	nd	5,2	nd	1,2	nd
SK6	obr. zemljište	1,8	1,1	0,03	16,7	nd	3,7	nd	0,8	nd
EK1	sediment	12,7	2,5	2,34	221,5	0,18	9,4	nd	6,1	nd
EK2	obr. zemljište	4,0	1,3	3,81	342,7	0,24	5,9	nd	6,8	nd
EK3	pašnjak	5,8	2,1	4,90	418,3	0,20	7,0	nd	9,9	nd
EK4	obr. zemljište	2,9	2,6	0,25	59,6	nd	2,8	nd	1,5	nd
EK5	pašnjak	5,8	1,4	3,15	321,1	nd	6,1	nd	8,4	nd
EK6	obr. zemljište	4,8	1,5	4,47	407,1	0,26	5,9	nd	7,9	nd
OB1	pašnjak	9,1	1,5	3,97	414,1	0,35	9,8	nd	6,1	nd
OB2	pašnjak	15,7	4,3	4,23	420,8	0,30	11,7	nd	10,6	nd
OB3	obr. zemljište	6,7	2,5	4,65	412,7	0,32	8,0	nd	9,4	nd
OB4	pašnjak	9,7	2,1	4,69	416,7	0,16	8,5	nd	11,5	nd
OB5	obr. zemljište	7,4	3,1	4,01	344,5	0,28	7,9	nd	10,4	nd
OB6	sediment	7,8	2,2	0,76	174,6	nd	8,5	nd	3,1	nd
OB7	obr. zemljište	1,5	0,7	0,07	23,9	nd	3,4	nd	1,0	nd

nd – Nije detektovano primenom analitičkom metodom

Bakar je esencijalni elemenat za biljne i životinjske organizme, istovremeno u velikim koncentracijama može biti toksičan po živi svet. Zemljište predstavlja glavni izvor bakra za biljne organizme, bilo da je on nutrijent ili toksikant. Iz ovog razloga je veoma važno poznavati njegov sadržaj i distribuciju u zemljištu. Na smanjenu rastvorljivost i pristupačnost, u prvom redu, utiče vezivanje bakra za minerale gline, organsku materiju i Fe/Mn okside zemljišta. Pored toga, na smanjenu rastvorljivost utiče kalcifikacija tj. alkalizacija zemljišta. Deficit bakra može biti prouzorkovan i visokom količinom fosfora, azota, mangana, cinka i molibdena u zemljištu. Na povećanu rastvorljivost i pristupačnost utiče povećana koncentracija vodonikovih jona (zakišeljavanje), unošenje fiziološki kiselih mineralnih đubriva, te lakši mehanički sastav zemljišta. Bakar je označen kao "tvrdoglav" metal koji se dugotrajno zadržava u površinskom sloju zemljišta (0-15 cm) sa velikim afinitetom vezivanja za organsku materiju. Jednom unet ima mogućnost akumulacije veoma dugi niz godina.

U cilju dobijanja visokog i stabilnog prinosa grožđa, opšte je poznato da je proizvođačima, pored primene ostalih mera agrotehnike, najvažniji zadatak prevencija bolesti vinove loze. Od 1885. godine u vinogradima Francuske preparat Bordovska čorba ($\text{Ca(OH)}_2 + \text{CuSO}_4$) ima tradicionalnu primenu kao zaštitno sredstvo protiv prouzorkovača plamenjače (*Plasmopara viticola*) jednog od najopasnijih patogena vinove loze. Od tada pa sve do danas, već više od jednog veka, fungicidi na bazi bakra (najčešće u obliku bakar-oksihlorida $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu(OH)}_2$ a zatim i u obliku CuO i Cu(OH)_2), se koriste u vinogradima širom sveta kao i na plantažama kafe, hmelja, voćnjacima i u povrtarstvu.

Brojna aktuelna istraživanja pokazuju da intenzivna i dugotrajna primena ovih preparata ima negativni efekat na životnu sredinu, jer dovodi do zagađenja zemljišta bakrom (Besnard et al., 2001). Akumulacija bakra u zemljištu ima negativno dejstvo na zemljišni živi svet (Paoletti et al. 1998; Merrington et al. 2002). Takođe može biti fitotoksičan (Kabata-Pendias and Pendias, 2001) negativno uticati na kvalitet vina i visinu prinosa (Mirlean et al., 2005; Garcia-Esparza et al., 2006). Veća koncentracija bakra u zemljištu može dovesti do zagađenja rečnog sedimenta šireg područja (Fernandez-Calvino et al., 2008). Istraživanja sadržaja bakra u zemljištima pod vinogradima širom sveta ukazuju na veoma ozbiljan rizik korišćenja bakarnih preparata, koji su se do sada, paradoksalno, smatrali bezbednim u odnosu na ostale pesticide (Dixon, 2004). Prema dosadašnjim istraživanjima zemljišta Srbije, ovaj problem je prisutan i na našim prostorima (Ristić et al., 2006; Ninkov i sar., 2008; 2010). Najveće koncentracije bakra su pronađene upravo u malim vinogradima tzv. okućnicama i baštama, gde se često bakarni preparati primenjuju u većoj dozi od preporučene, odnosno sadržaj jedne prskalice se utroši na mnogo manjoj površini od predviđene. Sadržaj bakra je takođe veći u starijim vinogradima usled njegove akumulacije, međutim velike razlike između pojedinih vinograda ukazuju da je upravo način gazdovanja presudan u pogledu dobijenih rezultata (Ninkov i sar., 2008).

Najnovija istraživanja ukazuju na paradoks da zemljišta u organskoj proizvodnji sadrže više bakra od zemljišta pod konvencionalnom proizvodnjom, kao posledica primene zaštitnih sredstava na bazi bakra (Vavoulidou et al., 2005; Bjorn et al., 2008). Iz navedenih razloga u Evropskoj Uniji je, počev od 2002. godine (EC No. 473/2002), smanjena dozvoljena količina primene bakarnih fungicida u organskoj proizvodnji sa 8

kg/ha Cu godišnje na 6 kg/ha, što je ostalo sadržano i u važećoj direktivi iz 2008. (EC No. 889/2008). Prema sadašnjim saznanjima, potrebno je potpuno zabraniti upotrebu bakarnih preparata na već oštećenim zemljištima, međutim, budući da ne postoji odgovarajuća alternativa, proizvođači grožđa su tvrdili, da u tom slučaju, ne bi postojalo organsko vino. Na nivou EU usvojena je smernica koja preporučuje zemljama članicama da pokrenu istraživačke projekte iznalaženja alternative tj. zamene bakarnih sredstava u organskoj proizvodnji.

Prema domaćem *Pravilniku*, maksimalno dozvoljene koncentracija bakra MDK iznosi 100 mg/kg, međutim prema literaturnim navodima (Scharmell et al., 2000), sve detektovane koncentracije iznad 60 mg/kg Cu zahtevaju procenu rizika i monitoring zemljišta.

U okviru istraživanja, od 38 analiziranih uzoraka, 3 uzoraka imaju povišen sadržaj bakra po nekom od posmatranih kriterijuma. Sva tri uzorka su sa lokaliteta banja Rusanda, gde je i vršena procena uticaja primene fungicida na bazi bakra u vinogradima na širu životnu sredinu. Dva uzorka su iz vinograda, a jedan uzorak predstavlja sediment u zoni uticaja vinograda. Na ispitivanom lokalitetu banja Rusanda uzeto je 2 uzorka obradivog zemljišta iz vinograda (BR5 i BR13), jedan uzorak obradivog zemljišta (BR4) pod usevom deteline u zoni uticaja vinograda i dva uzorka sedimenta iz jezera, takođe, u zoni uticaja vinograda (BR6 i BR12).

Ukupni sadržaj bakra u uzorku BR5 je veoma visok 189,1 mg/kg, prelazi MDK i Pristupačni sadržaj bakra od 166,0 mg/kg je, takođe, veoma visok. Sve koncentracije pristupačnog bakra preko 50,0 mg/kg smatraju se potencijalno fitotoksičnim. Udeo pristupačnog oblika bakra u ukupnom iznosi 88%, što je još jedan dokaz njegovog antropogenog porekla. Zemljište iz analiziranog vinograda se, prema sadržaju bakra, nalazi na nivou gde je potrebno uraditi dalju sanaciju i remedijaciju. Budući da je ispitivan vinograd relativno male površine potrebno je izvršiti procenu količine zemljišta koja je zagađena bakrom.

Zemljište ispod ispitivanog vinograda BR4, a koje je u zoni njegovog uticaja, nije opterećeno povišenim sadržajem bakra, što je povoljna situacija. Zemljišta pod vinogradima su, u poređenju sa ostalim načinima korišćenja, u najvećem stepenu podložna eroziji. Očekivano je da bakar, putem vodne i eolske erozije dospe na područje nižeg terena, budući da se bakar čvrsto vezuje za komponente zemljišta u površinskom sloju. Iako je područje uzorka BR4, prema sadržaju ukupnog bakra od 33,9 mg/kg ispod GV (36,0 mg/kg), detaljnijim istraživanjima, dokazan je antropogeni uticaj i na ovom području. Sadržaj pristupačnog bakra u uzorku BR4 iznosi 13,6 mg/kg. U poređenju sa ostalim obradivim zemljištem (osim uzoraka pod vinogradom BR5 i 13), ovo je najveći sadržaj za pristupačni bakar. U ostalim uzorcima obradivog zemljišta, sadržaj pristupačnog bakra se kreće u opsegu od 1,5 do 7,7 mg/kg (tab. 17). Udeo pristupačnog sadržaja u ukupnom u uzorku BR4 pod zonom uticaja vinograda, iznosi 40%, dok se u ostalim uzorcima obradivog zemljišta ovaj udeo kreće u rasponu od 8 do 29%.

Sediment iz jezera pod zonom uticaja vinograda je, takođe opterećen, visokim sadržajem bakra od 89,2 mg/kg. Pristupačni sadržaj bakra u ovom uzorku iznosi 70,1 mg/kg; a udeo pristupačnog sadržaja u ukupnom iznosi 79%. Na osnovu izloženih

činjenica, bakar u sedimentu jezera je antropogenog porekla. Sadržaj bakra u ovom uzorku ne dseže koncentraciju potrebnu za dalju remedijaciju i sanaciju (RV i RVS). U istraživanjima Fernandez-Calvino et al. (2008) sedimenta reke Mino koja protiče kroz vinogradarski rejon u Španiji, utvrđeno je da je, usled erozije zemljišta pod vinogradom opterećenog bakrom, došlo da zagađenja sedimenta reke, ali ne i rečne vode. Prosečan sadržaj bakra u zemljištu je bio 246 mg/kg (157-434 mg/kg), a u sedimentu 18 do 209 mg/kg, zavisno od mesta uzorkovanja.

Sadržaj bakra u drugom posmatranom uzorku vinograda BR13 je takođe povišen i antropogenog porekla. Ukupni sadržaj bakra od 60,1 mg/kg se nalazi na samoj granici kritične koncentracije prema literaturnim podacima (Scharmell et al., 2000). Pri tome se *kritična koncentracija* definiše kao kvantitativna procena unošenja jedne ili više zagađujućih supstancija ispod koje se, po dosadašnjim saznanjima, ne pojavljuju značajni štetni efekti na specifične osetljive delove životne sredine (zemljište) (SRPS ISO 11074-1:2001). Prema istom izvoru, *ocenjivanje rizika* se definiše kao ocenjivanje štetnih efekata zagađenog lokaliteta na čoveka i okolinu, uzimajući u obzir prirodu, obim i verovatnoću pojavljivanja. Pristupačan sadržaj bakra u uzorku iz vinograda BR13 iznosi 34,2 mg/kg, a udeo pristupačnog oblika u ukupnom 57%. Sediment u zoni uticaja vinograda BR12 sadrži 26,4 mg/kg ukupnog bakra, što je ispod GV vrednosti. Sadržaj pristupačnog bakra u ovom uzorku sedimenta je 17,9 mg/kg, a udeo pristupačnog u ukupnom je visok i iznosi 68% što ide u prilog činjenici njegovog antropogenog porekla.

Sadržaj bakra u uzorcima sa područja pašnjaka se kreće u intervalu od 5,7 do 21,8 mg/kg za ukupni sadržaj i intervalu od 2,6 do 15,7 mg/kg za pristupačni sadržaj (tab. 16 i 17). Prosečna vrednost udela pristupačnog oblika u ukupnom iznosi 35,6% za zemljišta pod pašnjakom.

Na osnovu rezultata istraživanja, sadržaj bakra u zemljištu iz vinograda na području uzorka BR5 je veoma visok i dostiže koncentraciju gde je potrebna dalja sanacija zemljišta. Uzorak sedimenta iz jezera pod zonom uticaja ovog vinograda je takođe opterećen visokom koncentracijom bakra. Na ovom prostoru je potrebno izvršiti procenu količine zagađenog zemljišta. Budući da je površina vinograda, relativno mala, potrebno je napraviti prenamenu ovog zemljišta. Najbolje rešenje je da se zemljište ne koristi u poljoprivredne svrhe. Na ovom području, svakako, terba prestati sa deljom primenom fungicida na bazi bakra.

Na području vinograda koji predstavlja uzorak BR13 zabeležena je kritična koncentracija za sadržaj bakra. Ovde je potrebno primeniti supstituciju primene fungicida na bazi bakra sa sintetičkim preparatima.

Cink, takođe, predstavlja esencijalni mikroelemenat za biljne i životinjske organizme kao učesnik u brojnim enzimskim reakcijama u učesnik u sintezi auksina, nasuprot tome suvišak cinka u zemljištu deluje fitotoksično. Sadržaj Zn u zemljištu je uslovljen nizom faktora a jedan od njih je svakako i matični supstrat od koga je zemljište nastalo, po pravilu zemljišta težeg mehaničkog sastava sadrže više cinka u odnosu na laka zemljišta.

U ovom istraživanju, nijedan ispitivan uzorak zemljišta ne prelazi MDK za sadržaj cinka kao ni propisanu GV (tab 16). Lokalitet banja Rusanda se izdvaja sa nešto

višim sadržajem Zn u obradivom zemljištu u odnosu na ostale lokalitete. Prosečan sadržaj ukupnog cinka iznosi 68,2 mg/kg za obradivo zemljište u celom istraživanju, a 60,6 mg/kg za zemljišta pod pašnjakom (tab. 18). Sadržaj pristupačnog cinka je u visokoj korelaciji sa njegovim ukupnim sadržajem ($r=0,7690$). Sadržaj pristupačnog cinka je relativno visok ($> 5\text{ mg/kg}$) u 4 uzorka zemljišta od 27 analiziranih (tab. 17). Sva 4 uzorka su sa lokaliteta banja Rusanda i predstavljaju obradivo zemljište (BR4, 5, 13 i 14). Istovremeno, ovi uzorci imaju i najviše vrednosti udela pristupačnog oblika cinka u ukupnom od 17% do 26%, dok vrednosti udela za zemljišta ostalog dela istraživanja, iznose od 1 do 9%. Sadržaj cinka u uzorku sedimenta BR19 od 228,3 mg/kg prelazi GV za sediment, ali se nalazi ispod RV i RVS (720 i 315 mg/kg). Budući da je ovo jedini uzorak, od 11 analiziranih, koji prelazi granične vrednosti, njegov povišen sadržaj je, najverovatnije, lokalnog karaktera. Pristupačni sadržaj cinka u uzorku BR19 je, takođe, najviši u istraživanju u iznosu od 38,0 mg/kg (tab. 17). Istovremeno, udeo pristupačnog sadržaja u ukupnom iznosi 17%, dok je ovaj udeo u uzorku BR6 33%, gde je pristupačni sadržaj cinka iznosi 30,5 mg/kg.

Sadržaj cinka u jednom uzorku sedimenta prelazi GV za sediment, ali se nalazi ispod RV i RVS. Budući da je ovo jedini uzorak, od 11 analiziranih, koji prelazi granične vrednosti, njegov povišen sadržaj je, najverovatnije, lokalnog karaktera.

Kobalt je esencijalni mikroelemenat za žive organizme, ima izuzetan značaj u oksidacionim procesima i ulazi u sastav kobalamina koenzima vitamina B12. Mnogi autori svrstavaju Co u grupu teških metala usled njegove toksičnosti u prekomernim koncentracijama. Kobalt se u zemljištu nalazi u više oblika: u sastavu zemljišnih alumosilikata, adsorbovan na površini mineralnih i organskih koloida, u helatnom obliku. Pri visokom sadržaju u zemljištu, Co može da bude toksičan za biljke i da izazove nedostatak gvožđa i mangana.

Za sadržaj Co u zemljištu ne postoji propisana maksimalno dozvoljena koncentracija MDK za poljoprivredna zemljišta. Granična vredost GV od 9 mg/kg za nepoljoprivredno zemljište je strog kriterijum, budući da se sadržaj kobalta u zemljištu Banata, u zaštićenim prirodnim dobrima, kreće u intervalu od 7,6 do 17,2 mg/kg (Brankov i sar., 2006). Istovremeno, maksimalna koncentracija Co u ovom istraživanju u iznosu od 19,3 mg/kg (BR8) je daleko niža od remedijacione vrednosti RM od 240 mg/kg. Prema prosečnim vrednostima istraživanja (tab. 18) srednje vrednosti za obradivo zemljište, pašnjak i ispitivani sediment su veoma bliske (kako za celo istraživanje, tako i po pojedinim lokalitetima), te ne možemo govoriti o antropogenom uticaju. Sadržaj ukupnog Co se u obradivom zemljištu kreće u intervalu od 6,4 do 13,8 mg/kg; na pašnjacima od 5,0 do 19,3 mg/kg; dok u ispitivanom sedimentu sadržaj Co varira od 6,1 do 16,5 mg/kg. Koncentracija pristupačnog kobalta (tab. 17) je niska u celom istraživanju. Sadržaj pristupačnog Co u uzorcima sedimenta iz jezera je zanačajno niža od vrednosti za zemljišta, kao posledica specifičnih uslova sredine. Udeo pristupačnog oblika u ukupnom je, takođe, niži u ispitivanom sedimentu u poređenju sa vrednostima za zemljište. Iako su prosečne vrednosti udela pristupačnog Co u ukupnom bliske između obradivog zemljišta i zemljišta sa područja pašnjaka (24 i 23%), ovaj udeo varira u veoma širokom opsegu od 0-46%. Na pojedinim područjima (BR7, 14, 16; SK5; EK4; OB7) nizak udeo pristupačnog Co može biti limitirajući za normalan rast i razvoj biljaka.

Sadržaj pristupačnog kobalta je u visokoj korelaciji sa ukupnim sadržajem ($r=0,5868$; $n=32$), što je još jedan dokaz njegovog geohemijskog porekla. Od 11 posmatranih, sedam uzoraka sedimenta ima povišenu vrednost za sadržaj Co po holandskom kriterijumu za GV. Maksimalna vrednost istraživanja sadržaja kobalta u sedimentu iznosi 16,5 mg/kg, što je vrednost daleko manja od remedijacionih vrednosti po holandskom kriterijumu od 240 mg/kg.

Iako 12 uzoraka sa područja pašnjaka, sva četiri ispitivana lokaliteta, prelazi propisanu GV, na osnovu ispitivanja pristupačnog sadržaj Co, njegovo poreklo je geohemijsko i ne postoji antropogeni uticaj tj., zagađenje ispitivanog područja ovim elementom.

Mangan je jedan od nepohodnih elemenata, izuzetna uloga mu se pripisuje u oksido – redukcionim procesima. Povišen sadržaj Mn negativno utiče na usvajanje N, P, K i Ca od strane biljaka. Poznato je da hidroksi oksidi Fe i Mn i organska materija predstavljaju konstituente zemljišta, kontrolišu sorpciju teških metala u zemljištu i imaju važnu ulogu u procesu kruženja elemenata. Kristalisane i nekristalisane forme oksida u glinenoj frakciji stvaraju slobodna mesta za hemosorpciju metala (Adriano 2001).

Ukupan sadržaj mangana u zemljištu je praktično poreklom iz matičnog supstrata. Sve stene u Zemljinoj kori sadrže mangan u koncentracijama koje su uopšteno veće od svih drugih mikroelementa, osim gvožđa. Za sadržaj Mn ne postoje posebno propisani kriterijumi ni za zemljište (poljoprivredno i nepoljoprivredno), ni za sediment. Prema prosečnoj vrednosti (tab. 18), sadržaj mangana je viši u zemljištima pod pašnjacima u odnosu na obradivo zemljište. Po pojedinim lokalitetima, ovo pravilo se ponavlja, osim za lokalitet Slano Kopovo. Sadržaj ukupnog i pristupačnog mangana je u visokoj korelaciji ($r=0,661$).

Arsen gradi veliki broj jedinjenja različite toksičnosti. Jedinjenja As u zemljištu nisu visoke toksičnosti u poređenju sa drugim delovima životne sredine. Antropogeni izvori arsena u zemljištu su, najčešće, blizina industrije za preradu metala i nekadašnja primena pesticida na bazi arsena.

U okviru ovog istraživanja, nijedan ispitivan uzorak ne prelazi MDK za poljoprivredno zemljište, niti GV za nepoljoprivredno zemljište, odnosno sediment po holandskom kriterijumu. Maksimalna vrednost istraživanja ukupnog sadržaja arsena iznosi 18,8 mg/kg na području pašnjaka u Banji Rusandi (BR8). Minimalna vrednost istraživanja je 2,3 mg/kg na lokalitetu Slano Kopovo u zemljištu pod pašnjakom. (tab. 16). Prema prosečnim vrednostima, sadržaj ukupnog arsena u obradivom zemljištu iznosi 6,1 mg/kg, u zemljištu pod pašnjakom 8,9 mg/kg, a u sedimentu 8,1 mg/kg (tab. 18). Sadržaj pristupačnog arsena je nizak i ne prelazi 1 mg/kg. Od ukupno 38 analiziranih uzoraka, sadržaj arsena nije detektovan u 11 uzoraka (tab. 17). Udeo pristupačnog oblika u ukupnom je, takođe nizak, osim u uzorku sedimenta BR12, gde je zabeležena maksimalna vrednost ovog udela od 22%.

Tab. 18 – Minimalne, maksimalne i srednje vrednosti istraživanja za ukupni i pristupačni sadržaj metala (mg/kg)

Lokalitet	područje	vrednost	ukupni									pristupačni (EDTA)						
			Cu	Zn	Co	Mn	As	Pb	Cd	Ni	Cr	Cu	Zn	Co	Mn	As	Pb	Ni
BR	obradivo	prosek	67,4	83,5	8,5	487,0	5,6	20,7	0,024	28,6	28,0	44,7	16,4	1,58	183,6	0,23	8,2	3,8
	pašnjak	prosek	23,5	61,1	13,4	904,0	10,8	27,8	0,007	38,1	37,9	7,8	2,9	3,38	332,7	0,19	8,5	7,4
	sediment	prosek	33,7	98,8	10,4	595,8	8,6	28,6	0,041	35,2	40,7	19,7	13,1	1,20	191,3	0,28	11,9	4,0
SK	obradivo	prosek	15,3	47,9	10,0	630,1	6,4	18,3	0,000	30,9	32,7	3,8	1,3	4,50	393,0	0,25	6,9	7,5
	pašnjak	prosek	13,9	45,1	8,2	518,4	5,7	17,8	0,000	25,9	32,1	3,9	1,9	1,31	168,6	0,16	6,4	2,6
EK	obradivo	prosek	18,4	59,1	10,5	613,5	6,1	19,3	0,000	35,9	32,3	3,9	1,8	2,84	269,8	0,17	4,9	5,4
	pašnjak	prosek	24,2	71,2	14,4	933,9	7,9	27,3	0,000	47,9	48,2	5,8	1,8	4,03	369,7	0,10	6,6	9,2
	sediment		18,9	58,5	10,1	402,7	5,5	20,7	0,000	32,5	39,9	12,7	2,5	2,34	221,5	0,18	9,4	6,1
OB	obradivo	prosek	23,2	65,4	12,1	753,2	6,8	24,4	0,000	39,3	26,9	5,2	2,1	2,91	260,4	0,20	6,4	6,9
	pašnjak	prosek	24,7	68,2	15,1	934,5	9,1	30,8	0,000	39,9	31,6	11,5	2,6	4,30	417,2	0,27	10,0	9,4
	sediment		18,0	57,1	9,1	602,4	6,9	19,7	0,000	32,0	23,1	7,8	2,2	0,76	174,6	0,00	8,5	3,1
ukupno	obradivo	max	189,1	112,3	13,8	884,8	8,3	28,4	0,121	41,3	48,1	166,0	29,6	4,65	435,8	0,49	13,5	10,4
	obradivo	min	14,4	47,3	6,4	353,7	3,1	12,5	0,000	18,1	11,7	1,5	0,7	0,04	21,5	0,00	2,8	1,0
	obradivo	prosek	37,9	68,2	10,0	599,7	6,1	20,9	0,009	33,1	29,5	19,9	7,4	2,63	253,4	0,21	6,8	5,4
ukupno	pašnjak	max	28,4	82,1	19,3	1406,0	18,8	33,0	0,044	60,9	68,8	15,7	4,3	5,00	518,1	0,35	12,0	12,6
	pašnjak	min	5,7	26,5	5,0	315,9	2,3	11,5	0,000	15,7	19,8	2,6	1,3	0,09	36,5	0,00	5,2	1,2
	pašnjak	prosek	21,8	60,6	12,8	832,2	8,9	26,2	0,003	37,3	36,8	7,5	2,5	3,22	320,9	0,19	8,1	7,1
ukupno	sediment	max	89,2	228,3	16,5	1025,0	15,7	58,1	0,238	55,7	61,2	70,1	38,0	2,34	296,8	0,95	30,0	6,3
	sediment	min	16,7	55,3	6,1	310,1	3,3	16,1	0,000	15,7	10,8	1,8	1,1	0,03	16,7	0,00	3,7	0,8
	sediment	prosek	29,4	87,4	10,0	570,8	8,1	26,0	0,030	34,0	38,2	16,4	10,0	1,16	176,6	0,22	10,6	3,8

Sadržaj **olova** u zemljištima zavisi od tipa zemljišta i antropogenog zagađenja koje se ostvaruje prvenstveno atmosferskom dispozicijom olova na zemljište (zagađenje iz izduvnih gasova automobila – ukoliko je Pb aditiv benzina, rudnici i topionice olova, razni industrijski procesi, korišćenje otpadnih muljeva u poljoprivredi...). Toksični efekat olova po biljne organizme ogleda se u poremećaju procesa fotosinteze, aktivnosti enzima, usvajanja pojedinih biogenih elemenata; a po životinjske organizme olovo ima izuzetan toksičan i kumulativan efekat i nakuplja se najviše u mekim tkivima.

U okviru ovog istraživanja, nijedan ispitivan uzorak ne prelazi MDK za poljoprivredno zemljište, niti GV za nepoljoprivredno zemljište, odnosno sediment po holandskom kriterijumu. Jedan uzorak sedimenta na lokalitetu banja Rusanda BR19 prelazi GVS po kanadskom kriterijumu (tab. 16). Istovremeno, je ova maksimalna vrednost od 58,1 mg/kg, niža od predviđene vrednosti za remedijaciju GVS od 91,3 mg/kg po kanadskom kriterijumu i mnogo niža od predviđene RV od 530,0 mg/kg po holandskom kriterijumu. Prema prosečnim vrednostima (tab. 18), srednji sadržaj ukupnog olova u obradivom zemljištu iznosi 20,9 mg/kg, u zemljištu na području pašnjaka 26,2 mg/kg, a u sedimentu jezera 26,0 mg/kg. Ukupan sadržaj olova u istraživanju varira u opsegu od 11,5 mg/kg (pašnjak SK3) do 58,1 mg/kg (sediment BR 19). Sadržaj pristupačnog i ukupnog olova su u visokoj korelaciji ($r=0,8072$). Tako je maksimalna vrednost za pristupačni sadržaj olova od 30,0 mg/kg, takođe, zabeležena u uzorku sedimenta BR19 (tab. 17).

Kadmijum predstavlja element koji je redak u zemljinoj kori i prirodi. Zagađenje životne sredine ovim elementom ima tendenciju povećanja poslednjih decada što je posledica veće upotrebe Cd u industriji i upotrebe fosfornih đubriva (Zeremski-Škorić i sar., 2010). Visoke koncentracije kadmijuma imaju toksičan efekat po sve žive organizme. Kadmijum je dosta mobilan u zemljištu i zbog toga je više pristupačan za biljke od drugih teških metala uključujući i Pb i Cu.

Sadržaj kadmijuma u ovom istraživanju je veoma nizak. Od 38 uzoraka, kadmijum je detektovan u samo 4 uzorka na lokalitetu banja Rusanda (BR3, 5, 6 i BR 19). Maksimalna vrednost od 0,24 mg/kg (BR19) je još uvek značajno niža od svih graničnih vrednosti (tab. 16). Zemljišta bogata glinom i slobodnim CaCO_3 imaju manji sadržaj pristupačnog Cd. U ovom istraživanju, sadržaj pristupačnog Cd nije detektovan ni u jednom analiziranom uzorku (tab. 17).

Poreklo **nikla** u zemljištu se najčešće povezuje matičnim supstratom. Nikal je esencijalni element za životinjske organizme potreban za rast i resorpciju Fe. Visok sadržaj Ni u životnoj sredini deluje toksično na sve žive organizme. Najveći deo Ni u zemljištu nalazi se u nerastvorljivom obliku, a samo mali deo čini izmenjivi Ni u organskoj frakciji. Mobilnost Ni u zemljištu povećava se sa smanjenjem pH i smanjenjem kapaciteta za izmenu jona.

Prema kriterijumu za poljoprivredno zemljište dva uzorka zemljišta sa područja pašnjaka prelazi MDK (BR8 i EK5), dok je ispitivano obradivo zemljište ispod ovog limita. Maksimalna vrednost istraživanja iznosi 60,9 mg/kg (BR8) što je vrednost relativno bliska MDK od 50 mg/kg. Na osnovu graničnih vrednosti GV za

nepoljoprivredno zemljište, još 5 uzoraka (BR2; SK5; EK3; OB2, 4) sa područja pašnjaka prelazi ovu vrednost za sadržaj nikla (tab. 16). Istovremeno, povišen sadržaj Ni u ovim uzorcima je daleko manji od remedijacionih vrednosti u iznosu od 210 mg/kg. Prosečne vrednosti po lokalitetima ukupnog sadržaja nikla (tab. 18) su bliske za obradivo i zemljište pod pašnjakom za sva 4 ispitivana lokaliteta. Ukupni sadržaj Ni za obradivo zemljište varira u opsegu od 18,1 do 41,3 mg/kg; a za zemljište pod pašnjakom od 15,7 do 60,9 mg/kg (tab. 18). Prema predhodnim istraživanjima (Brankov i sar., 2006), ukupni sadržaj nikla u zemljištu Banata pod različitim kategorijama zaštite se kretao u intervalu od 16,8 do 41,9 mg/kg. Na osnovu ranijih istraživanja (Vasin i sar. 2004), utvrđeno je da zemljišta Fruške gore imaju sadržaj Ni koji se kreće u intervalu od 40-60 mg/kg, a na osnovu njegovog niskog pristupačnog sadržaja, utvrđeno je da je Ni geohemijskog porekla. Sadržaj pristupačnog nikla (tab. 17) je nizak. Prosečna vrednost pristupačnog nikla za obradivo zemljište iznosi 5,4 mg/kg, za zemljišta pod pašnjakom 7,1 mg/kg, a za sediment 3,8 mg/kg (tab. 18). Udeo pristupačnog sadržaja nikla u ukupnom je ispod 20% za zemljište (obradivo 16%, pašnjak 19%), što je još jedna činjenica u prilog njegovog geohemijskog porekla. Prosečna vrednost udela pristupačnog Ni u ukupnom u analiziranom sedimentu je 11%. Od 11 posmatranih, sedam uzoraka sedimenta, četiri uzorka imaju višu koncentraciju od GV za Ni (BR9-11, 15) po holandskom kriterijumu. Svi uzorci su sa lokaliteta jezera banja Rusanda. Maksimalna vrednost istraživanja sadržaja nikla u sedimentu iznosi 55,7 mg/kg, što je vrednost daleko manja od remedijacionih vrednosti po holandskom kriterijumu od 210 mg/kg.

Iako 2 uzorka sa područja pašnjaka prelaze MDK i još 5 uzoraka propisanu GV na sva četiri ispitivana lokaliteta, na osnovu ispitivanja pristupačnog sadržaj Ni, njegovo poreklo je geohemijsko i ne postoji antropogeni uticaj tj., zagađenje ispitivanog područja ovim elementom.

Osim iz matičnog supstrata, **hrom** u zemljište dospeva i antropogenim putem (iz mineralnih đubriva, atmosferskog depozita i dr.). Hrom ima važnu ulogu u animalnim organizmima jer je sastavni deo glukoznog faktora tolerancije (GFT), dok visoke koncentracije hroma deluju toksično na životinjske organizme, takođe visoke koncentracije hroma u zemljištu deluju fitotoksično. U većini zemljišta dominantana jedinjenja hroma čini Cr(III) nerastvorljiv i manje pokretan u oksidima i hidroksidima.

U istraživanju, nijedan od ispitivanih 38 uzoraka ne prelazi MDK za poljoprivredna zemljišta, kao ni GV za nepoljoprivredno zemljište i sediment po holandskom kriterijumu. Maksimalna vrednost istraživanja iznosi 68,8 mg/kg na području pašnjaka (BR8), a minimalna 10,8 mg/kg u sedimentu istog lokaliteta (BR6) (tab 16). Prema prosečnoj vrednosti (tab 18), obradiva zemljišta sadrže 29,5 mg/kg, zemljišta pod pašnjakom 36,8 mg/kg, a sediment 38,2 mg/kg. Sadržaj pristupačnog hroma nije detektovan u celom istraživanju (tab. 17). Prema kanadskom kriterijumu za sediment, od 11 posmatranih uzoraka, 6 uzoraka prelazi GVS (BR9-11, 15, 19, EK1). Maksimalna vrednost sedimenta od 61,2 mg/kg (BR9), je ispod remedijacione vrednosti RVS od 90,0 mg/kg. Budući da pristupačan sadržaj hroma nije detektovan ni u ovim uzorcima, može se smatrati da je kanadski kriterijum za GVS i RVS veoma strog.

Prema kanadskom kriterijumu za sediment, Od 11 posmatranih uzoraka sedimenta, 6 uzoraka prelazi graničnu vrednost GVS. Budući da pristupačan sadržaj

hroma nije detektovan u svim analiziranim uzorcima, može se smatrati da je kanadski kriterijum za GVS veoma strog i da ne postoji opasnost od zagađenja ovim elementom.

3.4. Organski kontaminanti zemljišta

Dugotrajne organske zagađivače čine sintetizovana organohalogeno jedinjenja (aldrin, hlordan, DDT i njihovi metaboliti DDD, DDE, dieldrin, endrin, heptahlor, mireks i toksafen) i druge supstance koje delimično mogu imati biogeno poreklo, kao što su policiklični aromatični ugljovodonici (PAHs). Industrijski proizvedene POPs-ove čine heksahlorbenzeni (HCBs), heksahlorcikloheksani (HCHs), polihlorovani bifenili (PCBs) i polibromovani difenil etri (PBDEs), i neželjeni sporedni proizvodi polihlorovani dibenzo-p-dioksini i dibenzofurani (PCDD/Fs) (UNEP, www.chem.unep.ch/Pops/POPs).

Zbog svoje znatne nepolarnosti slabo se rastvaraju u vodi, dok im mala isparljivost ograničava veće prisustvo u vazduhu. Pored toga dugotrajni organski zagađivači poseduju osobine kojima se prenos na velike razdaljine odvija na nekoliko načina:

- atmosferski – u obliku pare, adsorbovani na suspendovanim česticama ili rastvoreni u vodenim kapljicama oblaka
- rastvoreni u vodi ili adsorbovani na suspendovanim česticama u okeanima i rekama
- u tkivima migratornih životinja
- antropogenim transportom i to u obliku raznih proizvoda ili otpada

Najznačajniji procesi degradacije ovih jedinjenja su fotoliza, hidroliza i biodegradacija. Fotoliza i reakcija sa hidroksilnim radikalom koji nastaje u atmosferi pod uticajem sunčeve svetlosti je najefikasniji način razgradnje. Degradacioni procesi zavise od meteoroloških uslova, temperature sredine, pH vrednosti zemljišta, sastava zemljišta i vlage u vazduhu. Sadržaj organske materije i količina gline doprinosi povećanoj adsorpciji dugotrajnih organskih zagađivača u zemljištu, a njihovo zadržavanje zavisi od isparljivosti i njihove tendencije za adsorpciju u zemljištu (Wania F, 1996).

Isparavanje je glavni način uklanjanja većine ovih jedinjenja iz površinskog sloja zemljišta. Vlaga u zemljištu pogoduje isparavanju dugotrajnih organskih zagađivača, jer se molekuli vode takmiče sa njima za adsorpciona mesta, dok organska materija zbog tendencije da vezuje POPs-ove ima obrnut uticaj na njihovu isparljivost. Atmosferski uslovi imaju znatan uticaj na transport dugotrajnih organskih zagađivača. Brza horizontalna i ograničena vertikalna vazдушna kretanja kao i odsustvo padavina potrebni su za efikasan dugodometni transport. Transport POPs-ova je pojačan dnevnim i godišnjim promenama temperatura. U peskovitom zemljištu je moguć prodor izvesne količine POPs-ova i do podzemnih voda, pri čemu se vezuju za organsku materiju, a male količine ostaju rastvorene ili suspendovane. Smanjenje DDT-a putem isparavanja u zemljištu sa malim sadržajem organske materije iznosi i do 50% za 5 meseci, a zemljišta sa većim sadržajem organske materije imaju smanjenje DDT-a znatno manji od 17-18%

tokom 5 godina. Vreme poluživota za POPs-ove u vodi, zemljištu i sedimentu (izraženo u danima) prikazano je u tabeli 19.

Tab. 19 - Vremena poluživota za pojedine POPs-ove u vodi, zemljištu i sedimentu (izraženo u danima)

Supstanca	Voda *	Zemljište *	Sediment *
Aldrin	760	> 20	
DDT	> 4380	> 15 godina	> 1100
Dieldrin	> 1460	> 175	
Endrin	> 112	> 1460	
Heksahlorbenzen	< 1	> 986	
Heksahlorcikloheksan	26 godina na 5°C, pH 8		
Heptahlor			

* Toxic Substances Management Policy, 1995 Environment Canada

Prve zakonske regulative vezane za redukciju proizvodnje i upotrebe zagađivača datiraju iz kasnih sedamdesetih godina prošlog veka tačnije od 1995. godine. UNEP u cilju zaštite ljudskog zdravlja i životne sredine, formuliše internacionalni akcioni plan usmeren ka redukciji ili eliminaciji 12 jedinjenja iz grupe POPs-ova, što rezultira Stokholmskom konvencijom (Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutant) donešenom 2001. godine. Stokholmska konvencija, predstavlja prvi globalni i pravno obavezujući instrument koji je baziran na naučnim kriterijumima ukazuje na potencijalnu stabilnost i toksičnost ove grupe organskih zagađivača (www.pops.int). Pregled POPs-ova koji su primarno obuhvaćeni Stokholmskom konvencijom, dodate komponente koje uzima u obzir LRTAP konvencija, kao i supstance koje predstavljaju potencijalne kandidate ove grupe polutanata (tab. 20).

Tab. 20 - POPs-ovi koji su obuhvaćeni Stokholmskom konvencijom i LRTAP konvencijom

Supstance zabranjene Stoholmskom konvencijom	Supstance zabranjene LRTAP POPs protokolom	Potencijalni kandidati
Aldrin	DDT	Heksahlorobutadien
Hlordan	DDT u Dicofolu	Pentabromodifenil etar
Toksafen	Heptahlor	Pentahlorbenzen
Dieldrin	Lindan	Polihlorovani naftaleni
Endrin	Polihlorovani terfenili (PCBs)	

Vlade država potpisnica Konvencije, među kojima je i Srbija obavezuju se na kontrolu, redukciju ili eliminaciju proizvodnje i upotrebe specificiranih zagađivača, sa tendencijom utvrđivanja kriterijuma po kojima bi se lista proširila. Pored Stokholmske konvencije doneta je konvencija o ograničnom zagađenju vazduha na velikim

udaljenostima (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, LRTAP), i protokoli vezani za 16 definisanih članova POPs-ova. (www.unece.org/env/lrtap/pops_h1.htm).

Površinski sloj zemljišta analiziran je na sadržaj ostataka organohlornih pesticida: DDD, DDE, DDT, endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulfat, dieldrin, aldrin, endrin, endrin aldehyd, endrin keton, heptahlor, heptahlor epoksid, α -HCH, β -HCH, lindan, δ -HCH i metoksihlor (tabele 5-7). Pored navedenih insekticida detektovano je prisustvo dva herbicida (acetohlor i metolohlor) i prisustvo ciprodinil fungicida (tabele 5-7). Odabrane lokacije su zone naselja i lokacije u neposrednoj blizini poljoprivrednog zemljišta za koje postoji verovatnoća da je tretirano pesticidima i može predstavljati jedan od izvora organskih zagađivača. Pored poljoprivrednog za analizu su uzeti uzorci i nepoljoprivrednog zemljišta (sediment).

U našoj zemlji ne postoji zakonom regulisana vrednost za maksimalno dozvoljene količine (MDK) ostataka pesticida, u poljoprivrednom zemljištu. Postoji samo predlog da MDK za zbir lindana i njegovih metabolita bude 0,06 mg/kg a.s.z. (a.s.z. - apsolutno suvog zemljišta), dok je predlog za zbir DDT-a i njegovih metabolita 0,1 mg/kg a.s.z. (Šovljanski i sar. 1989).

Prema nemačkom zakonu (Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance – BbodSchV, 12.07.1999) razgraničen je uticaj prisustva organskih kontaminanata u zemljištu na ljude, biljke i na podzemne vode.

Od novembra 2010.godine na snazi je Uredba o programu sistematskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatora za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (Sl.glasnik RS, br. 88/2010). Ova uredba definiše maksimalno dozvoljene i remedijacione koncentracije pojedinih opasnih i štetnih materija u zemljištu nepoljoprivredne namene.

Uticaj kontaminacije zemljišta na ljude podrazumeva definisanje maksimalno dozvoljene koncentracije kontaminanta u zemljištu koja neće uticati na zdravlje ljudi ukoliko dođe do direktne ingestije zemljišta. Ovako su zemljišta svrstana po nameni: na zemljišta za igrališta, za stanovanje (izgradnju stambenih naselja), za parkove i za industrijske objekte, a MDK vrednosti su prikazane u tabeli 21.

Tab. - 21 MDK (maks. dozvoljene kol.) organskih kontaminanata u zemljištu (za slučaj ingestije) sa različitim namenama korišćenja (BbodSchV, 12.07.1999) (mg/kg a.s.z.)

ZEMLJIŠTE→ČOVEK (direktna ingestija zemljišta)				
Supstanca	Igrališta	Naselja	Parkovi	Industrija
Aldrin	2	4	10	
DDT	40	80	200	
HCH zbir	5	10	25	400

U analiziranim uzorcima zemljišta na lokalitetu **banja Rusanda**, detektovano je prisustvo pesticida: endosulfan sulfat, DDE, DDD, DDT, metoksihlor, acetohlor, metolohlor i ciprodinil (tab. 22). Metoksihlor je detektovan u 3 uzorka poljoprivrednog

zemljišta od 11 analiziranih i 4 uzorka nepoljoprivrednog zemljišta od 7, odnosno prisutan je u 27% slučajeva u poljoprivrednom zemljištu i 57% slučajeva nepoljoprivrednog zemljišta, ovog istraživanja.

Zbir DDT i njegovih metabolita detektovan je u 4 uzorka poljoprivrednog zemljišta od ukupno 11 analiziranih i 3 uzorka nepoljoprivrednog zemljišta od 7 analiziranih, odnosno prisutan je u 36% slučajeva za poljoprivredno zemljište, što je od 1,5 do 6 puta niža koncentracija od predložene maksimalno dozvoljene 0,100 mg/kg. U uzorcima nepoljoprivrednog zemljišta zbir DDT i metabolita prisutan je u 43% uzoraka, u tri prelazi graničnu vrednost za nepoljoprivredno zemljište od 0,010 mg/kg na osnovu Uredbe 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). Povišena koncentracija zbira DDT i njegovih metabolita se kreću u rasponu od 1,9 do 4,6 puta više u odnosu na graničnu vrednost. Istovremeno, ova povišena koncentracija je niža od one koja se smatra značajnom kontaminacijom, čak 87 do 210 puta (tab. 22).

U slučaju zbira endosulfana i njegovih metabolita, utvrđeno je prisustvo u 2 uzorka poljoprivrednog zemljišta i jednom uzorku nepoljoprivrednog zemljišta, odnosno u 18% slučajeva za poljoprivredno zemljište i 14% slučajeva nepoljoprivrednog zemljišta. Od sedam analiziranih u jednom uzorku sedimenta, prelazi graničnu vrednost za nepoljoprivredno zemljište od 0,000010 mg/kg na osnovu Uredbe i to 500 puta, ali ova koncentracija je mnogo niža od propisane za značajnu kontaminaciju čak 800 puta.

Prisustvo herbicida acetohlor utvrđeno je u 7 uzoraka poljoprivrednog zemljišta od toga samo u jednom uzorku je određen sadržaj (ostale vrednosti su bile ispod LOD) i 2 uzorka nepoljoprivrednog zemljišta, ili u 64% slučajeva poljoprivredno zemljište i 28% uzoraka nepoljoprivredno zemljišta, dok je prisustvo herbicida metolahlora utvrđeno u 4 uzoraka poljoprivrednog zemljišta, odnosno prisutan je u 36% slučajeva poljoprivrednog zemljišta, dok u nepoljoprivrednom zemljištu nije detektovan.

Ciprodinil je prisutan u 7 uzoraka poljoprivrednog zemljišta od toga u tri uzorka se nalazio ispod LOD vrednosti i 3 uzorka nepoljoprivrednog zemljišta, odnosno prisutan je u 64% uzoraka poljoprivrednog zemljišta i 43% uzoraka nepoljoprivrednog zemljišta.

Sa lokaliteta **Slano kopovo** uzeto je 6 uzoraka poljoprivrednog zemljišta u kojima je detektovano prisustvo zbira DDT i njegovih metabolita i metoksihlor (tabela 23). Metoksihlor je detektovan u 3 uzoraka zemljišta od 6 analiziranih, odnosno prisutan je u 50% uzoraka ovog istraživanja.

Zbir DDT i njegovih metabolita detektovan je u 4 uzorka, odnosno prisutan je u 67% slučajeva, a sadržaj se kretao u opsegu od 0,003 mg/kg do 0,029 mg/kg, što je od 3 do 33 puta niža koncentracija od predložene maksimalno dozvoljene 0,100 mg/kg.

U analiziranim uzorcima zemljišta sa lokaliteta **ekološki koridor**, detektovano je prisustvo DDT, metoksihlor, acetohlor i ciprodinil u pet uzoraka poljoprivrednog zemljišta, i jednom uzorku nepoljoprivrednog zemljišta (tab. 23). Metoksihlor i DDT detektovan je svih pet uzoraka poljoprivrednog zemljišta i u jednom uzorku nepoljoprivrednog zemljišta, broj pozitivnih nalaza iznosi 100%, odnosno ova jedinjenja su prisutna u svim analiziranim uzorcima. Sadržaj DDT u uzorcima poljoprivrednog

zemljišta je niži od 8 do 100 puta od predložene maksimalno dozvoljene koncentracije 0,100 mg/kg, dok je u jednom analiziranom uzorku nepoljoprivrednog zemljišta na ovom lokalitetu sadržaj DDT prelazio graničnu vrednost za nepoljoprivredno zemljište od 0,010 mg/kg na osnovu Uredbe i to 0,4 puta i istovremeno je ova koncentracija mnogo niža od propisane za značajnu kontaminaciju 1000 puta (tab. 23).

Metaboliti DDT-a nisu detektovani ni u jednom uzorku sa oba navedena lokaliteta.

Ciprodinil je prisutan u jednom uzorku poljoprivrednog i jednom uzorku nepoljoprivrednog zemljišta ispod LOD vrednosti, odnosno u 20% slučajeva poljoprivrednog i 100% slučajeva nepoljoprivrednog zemljišta.

U analiziranim uzorcima zemljišta sa lokaliteta **Okanj bara**, detektovano je prisustvo DDT, metoksihlor, acetohlor i ciprodinil u pet uzoraka poljoprivrednog zemljišta i jednom uzorku nepoljoprivrednog zemljišta (tab. 24). U četiri uzoraka poljoprivrednog zemljišta, odnosno u 80% slučajeva izmerene koncentracije DDT (0,004 mg/kg do 0,045 mg/kg) su niže od 2 do 25 puta od predložene maksimalno dozvoljene vrednosti 0,100mg/kg. Broj pozitivnih nalaza za slučaj nepoljoprivrednog zemljišta iznosi 100%, izmerena vrednost prelazi graničnu vrednost za nepoljoprivredno zemljište 4,5 puta i istovremeno je ova koncentracija mnogo niža od propisane za značajnu kontaminaciju 90 puta. (tab. 24).

Sadržaj metoksihlora i acetohlora je detektovan u dva uzorka poljoprivrednog zemljišta, odnosno ova jedinjenja su prisutna u 40% slučajeva svim analiziranih uzoraka sa ovog lokaliteta, dok se ciprodinil nalazio u svih pet uzoraka poljoprivrednog zemljišta ispod LOD vrednosti.

Prema definicijama važeće Uredbe za nepoljoprivredno zemljište, granične minimalne vrednosti, jesu one vrednosti na kojima su potpuno dostignute funkcionalne osobine zemljišta, odnosno one označavaju nivo na kome je dostignut održiv kvalitet zemljišta.

Prema ovoj Uredbi (član 15) u slučaju prekoračenja graničnih vrednosti vrše se dodatna istraživanja na kontaminiranim lokacijama radi utvrđivanja stepena zagađenosti i izrade remedijacionih programa.

Sve izmerene koncentracije organskih kontaminanata u uzorcima poljoprivrednog zemljišta su daleko ispod MDK vrednosti nemačkog zakona o zemljištu (BodSchV, 12.07.1999).

Ostaci lindana i njegovih metabolita nisu detektovani.

Tab. 22 - Ostaci pesticida u zemljištu i sedimentu sa loklita Rusanda, mg/kg a.s.z.

Lab.broj OCP		BR 1	BR 2	BR 3	BR 4	BR 5	BR 6	BR 7	BR 8	BR 9	BR 10	BR 11	BR 12	BR 13	BR 14	BR 15	BR 16	BR 17	BR 18
1	α -HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2	β -HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
3	Lindan	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
4	δ -HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 1-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Heptachlor	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
6	Hept.epoxid	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Endrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
8	Aldrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
9	Dieldrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
10	Endrin keton	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11	Endrin aldeh.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 7-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Endosulfan (α -isomer)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13	Endosulfan (β -isomer)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
14	Endosulfan sulfat	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.013	0.005	0.003	n.d.	n.d.
	Σ 12-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.013	0.005	0.003	0	0
15	p,p'-DDE	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.013	0.005	0.003	n.d.	n.d.
16	p,p'-DDD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.001	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
17	o,p'-DDT	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.016	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.037	0.018	0.049	0.041	0.025	0.019	n.d.
	Σ 15-17	0	0	0	0	0	0	0.016	0	0	0	0	0.037	0.018	0.064	0.046	0.028	0.019	0
18	Metoksihlor	-	-	-	-	-	-	n.d.	0.003	0.008	0.022	0.007	0.009	0.004	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.004
19	Acetohlor	<LOD	<LOD	<LOD	n.d.	0.003	n.d.	<LOD	<LOD	n.d.	n.d.	<LOD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<LOD	<LOD	n.d.
20	Metolahlor	0.016	n.d.	0.031	n.d.	0.045	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<LOD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21	Ciprodinil	0.005	0.004	0.025	n.d.	0.023	<LOD	n.d.	n.d.	<LOD	n.d.	n.d.	n.d.	<LOD	<LOD	<LOD	n.d.	n.d.	<LOD

n.d.- nije detektovano; LOD-manje od donje granice detekcije primenjene gasno-hromatografske metode

Tab. 23 - Ostaci pesticida u zemljištu i sedimentu sa lokaliteta Slano kopovo (SK) i „ekološki koridor“ (EK)

Lab.broj OCP		SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	EK 1	EK 2	EK 3	EK 4	EK 5	EK 6
1	α -HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2	β -HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
3	Lindan	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
4	δ -HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 1-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Heptachlor	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
6	Hept.epoxid	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Endrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
8	Aldrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
9	Dieldrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
10	Endrin keton	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11	Endrin aldeh.	n.d.	<LOD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 7-11	0	<LOD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Endosulfan (α -isomer)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13	Endosulfan (β -isomer)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
14	Endosulfan sulfat	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 12-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	p,p'-DDE	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
16	p,p'-DDD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
17	o,p'-DDT	n.d.	0.003	n.d.	0.009	0.009	0.029	0.0041	0.0086	0.0013	0.0117	0.0029	0.0048
	Σ 15-17	0	0.003	0	0.009	0.009	0.029	0.004	0.009	0.001	0.012	0.003	0.005
18	Metoksihlor	n.d.	0.004	0.002	n.d.	n.d.	0.011	0.014	0.004	0.004	0.0036	0.004	0.004
19	Acetohlor	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<LOD	<LOD
20	Metolahlor	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21	Ciprodinil	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<LOD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<LOD

n.d.- nije detektovano; LOD-manje od donje granice detekcije primenjene gasno-hromatografske metode

Tab. 24 - Ostaci pesticida u zemljištu i sedimentu sa lokaliteta Okanj bara

Lab.broj		OB 2	OB 3	OB 4	OB 5	OB 6	OB 7
OCP							
1	α -HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2	β -HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
3	Lindan	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
4	δ -HCH	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 1-4	0	0	0	0	0	0
5	Heptachlor	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
6	Hept.epoxid	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 5-6	0	0	0	0	0	0
7	Endrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
8	Aldrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
9	Dieldrin	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
10	Endrin keton	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11	Endrin aldeh.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 7-11	0	0	0	0	0	0
12	Endosulfan (α -isomer)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13	Endosulfan (β -isomer)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
14	Endosulfan sulfat	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Σ 12-14	0	0	0	0	0	0
15	p,p'-DDE	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
16	p,p'-DDD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
17	o,p'-DDT	0.005	0.017	n.d.	0.004	0.045	0.016
	Σ 15-17	0.005	0.017	0	0.004	0.045	0.016
18	Metoksihlor	0.008	n.d.	0.009	n.d.	n.d.	n.d.
19	Acetohlor	n.d.	<LOD	n.d.	n.d.	<LOD	n.d.
20	Metolahlor	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21	Ciprodinil	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	n.d.	<LOD

n.d.- nije detektovano; **LOD**-manje od donje granice detekcije primenjene gasno-hromatografske metode

Kada nafta dospe u zemljište širi se u druge delove ekosistema, isparavanjem u vazduh i ispiranjem u podzemnu vodu. Nafta i naftni derivati mogu da izazovu ekološke katastrofe usled akcidentnih izlivanja, havarija na postrojenjima za crpljenje, transport i preradu nafte. Zbog potencijalne opasnosti koju naftni ugljovodonicima predstavljaju za čoveka i životnu sredinu, javila se potreba za ispitivanjem i karakterizacijom procesa biodegradacije i biotransformacije u zemljištu zagađenom ugljovodonicima, do nivoa koji obezbeđuje njegovo bezbedno odlaganje ili ponovno korišćenje. Molekuli ugljovodonika se adsorbuju na mineralne i čestice organske materije iz nevodene tečnosti, para ili iz vodene faze. Povećanjem vlage zemljišta transport u parnu fazu opada kao i zadržavanje u porama zemljišta, sorpcija na čestice zemljišta se smanjuje što rezultuje povećanom mobilnošću tečne mase ugljovodonika (Fine i sar. 1997).

Na procese biodegradacije značajno utiče tip tj. strukturni sastav zagađenja. Na primer alkani srednje dužine (C_{10} - C_{20}) se najbrže biodegradiraju i preferirani su supstrati od strane mikroorganizama, dok su n-alkani dugog niza (C_{20} - C_{40}) hidrofobna čvrsta jedinjenja koja se teško razgrađuju zbog njihove loše rastvorljivosti u vodi i male biodostupnosti. Račvasti alkani i cikloalkani se takođe degradiraju znatno sporije od odgovarajućih normalnih alkana.

Visoko kondenzovane aromatične i cikloparafinske strukture, smole, bitumen i asfaltni materijali imaju najvišu tačku ključanja, a samim tim su i najrezistentniji na biodegradaciju.

Osim od strukture, biodegradacija naftnih ugljovodonika u zemljištu značajno zavisi i od vremena proteklog od kontaminacije zbog procesa starenja, koji smanjuje biodostupnost zagađujućih materija za mikroorganizme (Trindade, 2005; Brassington, 2007).

Sadržaj ukupnih ugljovodonika (UU) u zemljištu nije definisan zakonom u našoj zemlji.

U SAD-u u državi Masačusets dozvoljena količina UU je 0,5 g/kg u zemljištima koje se neposredno koristi za ljudske aktivnosti, dok je za ostala zemljišta dozvoljeno 2,5 g/kg. Definisana dozvoljena količina ugljovodonika dizel opsega u zemljištu Luizijane za rezidencijalnu upotrebu je 65 mg/kg, dok je za zemljišta industrijske namene 510 mg/kg i 65 mg/kg za zemljišta koja ne ugrožavaju podzemnu vodu (RECAP, 2003).

U Merilendu je dozvoljena količina ugljovodonika dizel opsega u zemljištu za rezidencijalnu upotrebu 230 mg/kg, a u zemljištu za ne rezidencijalnu upotrebu 620 mg/kg (State of Maryland, 2001)

U Meksiku je sadržaj UU u zemljištu ograničen na 2 g/kg (Rosario, 2004).

U Kaliforniji je definisan nivo od 0,1 g/kg do kojeg je rekultivacijom potrebno dovesti kontaminirano zemljište (CRWQCBSFBR, 1997).

Rezultati ispitivanja sadržaja ukupnih ugljovodonika u uzorcima sedimenta uzetih sa lokaliteta banja Rusanda i Okanj bara (tabela 25) su ispod donje granice primenjene gasno hromatografske metode i ukazuju da su biotički faktori uticali da se sadržaj ukupnih ugljovodonika smanji u površinskom sloju sedimenta. Nizak sadržaj ukupnih ugljovodonika se može pripisati pojavi rizodegradacije koja podrazumeva biotransformacione procese u rizosferi kao posledicu lučenja različitih enzima od strane različitih mikroorganizama kao i relativno visoke temperature koje su pomogle isparavanju nižih frakcija ugljovodonika iz sedimenta.

Tab. 25 - Sadržaj ukupnih ugljovodonika u uzorcima sedimenta

Lab.broj	Dubina cm	Ukupni ugljovodonici (UU) (g/kg)
BR 19	0-20	< LOD
OB 01	0-20	< LOD

LOD-manje od donje granice detekcije primenjene gasno-hromatografske metode (0,05 g/kg)

4. ZAKLJUČAK

U okviru Projekta „ISPITIVANJE KVALITETA ZEMLJIŠTA U BLIZINI POTENCIJALNE LOKALNE EKOLOŠKE MREŽE NA PROSTORU SREDNJEG BANATA“ ispitani su uzorci zemljišta uzeti sa lokaliteta banja Rusanda, Slano kopovo, ekološki koridor i Okanj bara. Uzorkovano je poljoprivredno zemljište (pašnjaci i obradive površine) i sediment (stajaćih voda i kanala).

Na osnovu rezultata terenskog i laboratorijskog istraživanja u pogledu kvaliteta zemljišta mogu se doneti zaključci dati u daljem tekstu.

Ispitivano područje potencijalne lokalne ekološke mreže pripada dvema geomorfološkim celinama: aluvijalnoj ravni reke Tise i banatskoj lesnoj terasi.

Reljef je, uz matični supstrat, bio dominantan pedogenetski faktor. Tako su se na ispitivanom području formirali sledeći tipovi zemljišta: u aluvijalnoj ravni solonjec, solončak i ritska crnica (matični supstrat recentni aluvijalni nanosi i pretaložen les), a na lesnoj terasi černoziem (matični supstrat pretaložen les, a na manjoj površini tipski les). Uzorci sa obradivih površina su uglavnom uzorkovani sa lesne terase, a uzorci sa pašnjaka i sedimenti sa nižeg terena aluvijalne ravni.

Vrednosti sadržaja pojedinih teksturnih frakcija (krupnog i sitnog peska, praha i gline) prilično su ujednačene između lokaliteta, ali i između vrsta uzoraka (pašnjaci, obradiva zemljišta i sedimenti). Uzorci su dominantno ilovaste teksture (teksturna klasa glinovita ilovača). Posmatrano po vrstama uzorka može se zaključiti da su uzorci sa pašnjaka najtežeg mehaničkog sastava, zatim slede uzorci sedimenata, dok su uzorci obradivog zemljišta pretežno ilovaste teksture.

Reakcija zemljišta (pH vrednost), kao i sadržaj CaCO_3 , direktna su posledica procesa pedogeneze. Sadržaj humusa, a pogotovo sadržaj biljnih hraniva u zemljištu, su međutim, pod jakim antropogenim uticajem, kako na obradivim površinama (usled mineralnog đubrenja), tako i na pašnjacima i sedimentima (zagađenje usled neodgovarajućih količina mineralnih đubriva).

Najveći broj ispitivanih uzoraka pripada klasi slabo kiselih i neutralnih zemljišta, što je povoljan podatak, jer je ovakva reakcija optimalna za usvajanje većine biljkama neophodnih makro- i mikrohraniva. Takođe ovakva reakcija nema ograničenja za primenu nijedne vrste đubriva.

Uopšteno, uzorci zemljišta pod pašnjacima su nešto niže pH vrednosti u odnosu na uzorke obradivih zemljišta i sedimenata.

Uzorci sedimenata skoro isključivo pripadaju blago alkaloj reakciji. Ovo je posledica ispiranja CaCO_3 i vodorastvorljivih soli na niže terene stajaćih voda i kanala iz kojih su sedimenti uzorkovani.

Najveći broj uzoraka ima nezadovoljavajući sadržaj CaCO_3 (manji od 2 %) što se negativno odražava na nepovoljnu strukturu zemljišta.

Posmatrano po vrstama uzorka, kao i kod reakcije, sadržaj CaCO_3 raste od uzorka sa pašnjaka, preko obradivog zemljišta do sedimenata.

Na svim lokalitetima je sadržaj humusa kod pašnjaka viši u odnosu na obradive površine. Ovo se može objasniti pojačanom mineralizacijom organske materije nastalom usled obrade zemljišta i njegove bolje aeracije.

Posledica dosadašnjeg neprimenjivanja organskih đubriva je da većina parcela obradivog zemljišta ima potrebu za povećanim, meliorativnim količinama organskih đubriva (stajnjaka, komposta i dr.).

Na osnovu rezultata ispitivanja obradivog zemljišta na svim lokalitetima može se zaključiti da je đubrenje u prethodnom periodu na skoro svim parcelama bilo neplansko, tj. bez prethodne analize zemljišta i proračuna đubrenja. Tako je zabeleženo da preko polovine uzoraka ima nizak, a nepuna trećina štetno do toksično visok sadržaj pristupačnog fosfora. Karakteristično je da skoro svi ispitivani uzorci obradivog zemljišta sa lokaliteta banja Rusanda imaju štetno do toksično visok sadržaj pristupačnog fosfora i kalijuma.

Kao posledica, prvenstveno neodgovarajućeg mineralnog đubrenja obradivih površina, a kod jednog uzorka sedimenta verovatno i od uticaja komunalnog otpada, zabeležen je visok sadržaj pristupačnog oblika fosfora i kalijuma u 40 % uzoraka sedimenata. Svi ovakvi uzorci sedimenta su lokaliteta banja Rusanda.

Ovi podaci (i izuzetno niskog i visokog sadržaja hraniva) pokazuju da poljoprivredni proizvođači nedovoljno poznaju osobine svojih proizvodnih parcela, osobine gajene biljne vrste, tj. pojedine sorte i hibrida i da ne primenjuju odredbe Sistema kontrole plodnosti zemljišta i racionalne upotrebe đubriva.

Zaključak je u saglasnosti sa konstatacijama datim u Strategiji ruralnog razvoja, gde se kao jedan od uzroka negativnog uticaja poljoprivrede na okruženje navodi nizak nivo svesti poljoprivrednih proizvođača o nužnosti zaštite životne sredine u korišćenju takozvanih „dobrih poljoprivrednih praksi“, odnosno održive poljoprivrede koja ne ugrožava životnu sredinu – „High Nature Value farming“.

U okviru istraživanja u ovom projektu, od 38 analizirana uzorka zemljišta i sedimenata, samo u 3 uzorka izmeren je sadržaj metala veći od MDK (maksimalno dozvoljene količine) za poljoprivredno zemljište.

Povišen sadržaj metala zabeležen je u slučaju jednog uzorka za bakar sa obradivog zemljišta iz vinograda (uzorak BR5) i nikla za dva uzorka pašnjaka (BR8 i EK5).

Na osnovu graničnih vrednosti GV za nepoljoprivredno zemljište, 12 uzoraka sa područja pašnjaka prelazi ovu vrednost za sadržaj kobalta i 7 uzoraka za sadržaj nikla. Svi ispitivani uzorci zemljišta se nalaze u zoni daleko manjoj od propisanih remedijacionih

vrednosti RV, koje zahtevaju dalju remedijaciju i sanaciju zemljišta, osim uzorka BR5 sa visokim sadržajem bakra.

Od ukupno 11 analiziranih uzoraka sedimenta, prema holandskom kriterijumu za GV, jedan uzorak ima povišen sadržaj bakra (BR6), jedan uzorak prelazi GV za cink (BR19), 7 uzoraka imaju višu koncentraciju od GV za kobalt (BR9-12, 19; EK1; OB6) i četiri uzorka imaju višu koncentraciju od GV za Ni (BR9-11, 15). Prema kanadskim kriterijumima, koji su strožiji, jedan uzorak ima povišen sadržaj Pb (BR19) i šest uzoraka ima povišen sadržaj hroma (BR9-11, 15, 19; EK1). Istovremeno sadržaj metala u ispitivanom sedimentu je daleko manji od predviđenih remedijacionih vrednosti (RM, RMS) i po holandskom i po kanadskom kriterijumu.

Nakon detaljnijih istraživanja pristupačnog sadržaja metala, zabeležen povišen sadržaj nikla i kobalta u ispitivanom zemljištu je geohemijskog porekla, dok je sadržaj bakra antropogenog porekla nastao kao posledica primene fungicida na bazi bakra u ispitivanom vinogradu (uzorak BR5).

U analiziranim uzorcima zemljišta na lokalitetu banja Rusanda detektovano je prisustvo pesticida: endosulfan sulfat, DDE, DDD, DDT, metoksihlor, acetohlor, metolahlor i ciprodinil. Zbir DDT i njegovih metabolita u uzorcima poljoprivrednog zemljišta na pomenutom lokalitetu je niži od 1,5 do 6 puta od predložene maksimalno dozvoljene vrednosti za poljoprivredna zemljišta, dok za nepoljoprivredna zemljišta koncentracija DDT i njegovih metabolita prelaze graničnu vrednost propisanu 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), ali se istovremeno nalaze se na nižem nivou 210 puta od vrednosti koje mogu ukazati na značajnu kontaminaciju, takođe propisane ovom Uredbom. U slučaju endosulfana koncentracija u sedimentu na pomenutom lokalitetu je 800 puta niža od propisane za značajnu kontaminaciju nepoljoprivrednog zemljišta.

Na lokalitetu Slano kopovo detektovano je prisustvo metoksihlora i zbira DDT i njegovih metabolita koji je u uzorcima poljoprivrednog zemljišta niži 3 do 33 puta od predložene maksimalno dozvoljene vrednosti.

Na lokalitetu ekološki koridor u uzorcima poljoprivrednog zemljišta, detektovani sadržaj metoksihlora, acetohlora ciprodinila i DDT na pomenutom lokalitetu niži je 8 do 100 puta od predložene maksimalno dozvoljene koncentracije za poljoprivredna zemljišta, dok je u uzorcima nepoljoprivrednog zemljišta prelazio graničnu koncentraciju na osnovu Uredbe 0,4 puta, ali ova koncentracija je mnogo niža od propisane za značajnu kontaminaciju 1000 puta, takođe propisane ovom Uredbom.

U analiziranim uzorcima zemljišta sa lokaliteta Okanj bara detektovano je prisustvo DDT, metoksihlor, acetohlor i ciprodinil. Koncentracije DDT su bile niže 2 do 25 puta od predložene maksimalno dozvoljene vrednosti za poljoprivredna zemljišta, dok za slučaj nepoljoprivrednog zemljišta izmerena vrednost DDT prelazi graničnu vrednost 4,5 puta, što je niže 90 puta od propisane za značajnu kontaminaciju prema Uredbi.

Imajući u vidu da su detektovani perzistentni insekticidi u analiziranim uzorcima izabranih lokaliteta smatramo da dobijeni rezultati ukazuju da bi ih trebalo pratiti. Zbog toga se preporučuje nastavak praćenja prisustva DDT-a i njegovih metabolita, tako što bi izabrane lokalitete analizirali sa većim brojem uzetih uzoraka zemljišta.

Ni u jednom uzorku nije detektovano prisustvo lindana i njegovih metabolita.

Rezultati ispitivanja sadržaja ukupnih ugljovodonika u uzorcima sedimenta uzetih sa lokaliteta banja Rusanda i Okanj bara u blizini naftne bušotine i trase naftovoda su ispod donje granice primenjene gasno hromatografske metode i ukazuju da su verovatno biotički faktori uticali da se sadržaj ukupnih ugljovodonika smanji u površinskom sloju sedimenta, a može se pripisati i pojavi rizodegradacije koja podrazumeva biotransformacione procese u rizosferi kao posledicu lučenja različitih enzima od strane različitih mikoorganizama. Moguće je da su i relativno visoke temperature pomogle isparavanju nižih frakcija ugljovodonika iz sedimenta.

Sa jedne strane, značaj biodiverziteta u održanju i obnavljanju resursa za poljoprivrednu proizvodnju i obavljanju brojnih ekosistemskih usluga za potrebe očuvanja agrarnih površina, a sa druge, važnost poštovanja principa dobre poljoprivredne prakse u očuvanju biodiverziteta, ukazuju na neophodnost kontinualne saradnje sektora poljoprivrede, zaštite prirode i zaštite životne sredine na svim nivoima upravljanja prirodnim resursima. U okruženju zaštićenih oblasti, ovo se posebno odnosi na razmatranje mogućnosti uvođenja organske poljoprivrede (ili poboljšanja konvencionalnih vidova poljoprivredne proizvodnje pravilnim rukovanjem stajnjakom, planiranjem đubrenja i korišćenja pesticida, poštovanjem principa rotacije kultura), zatim podizanjem i održavanjem poljozaštitnih pojaseva i međa, sprovođenjem ispaše u skladu sa karakteristikama i kapacitetom pašnjaka i sl.

Imajući u vidu činjenicu da su (relativno) povoljni rezultati istraživanja uticaja ostataka pesticida na kvalitet životne sredine verovatnije posledica dugogodišnje nepovoljne ekonomske situacije nego njihove racionalne upotrebe, sa poboljšanjem kupovne moći poljoprivrednih proizvođača može se očekivati povećanje koncentracija ovih zagađujućih materija, sa negativnim posledicama na kvalitet okruženja i stanje biodiverziteta.

Iz tog razloga, neophodno je organizovati kontinualno praćenje ključnih parametara stanja elemenata životne sredine u zoni uticaja na zaštićena područja. Na osnovu rezultata monitoringa, potrebno je organizovati odgovarajuće obrazovanje poljoprivrednih proizvođača u cilju što efektivnije realizacije pripremnih aktivnosti na uvođenju adekvatnih agroekoloških mera i lokalnih strategija ruralnog razvoja (što je u saglasnosti sa principima Strategije ruralnog razvoja).

Kada Srbija dobije status „zemlje kandidata“ za članstvo u EU, očekuje se da će ovakva područja imati prioritet za korišćenje međunarodnih agroekoloških fondova.

5. LITERATURA

- Adriano D (2001): Trace Elements in Terrestrial Environments, Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. Second Edition. Springer. New York.
- Albert E. (2001): Effect of long-term different mineral and organic fertilization on yields, humus content, net N - mineralization and - balance. Arch Acker-Pfl. Boden., 46: 197-21.
- Altieri, A. M. (1999): The ecological role of biodiversity in agroecosystems, Agriculture, Ecosystems and Environment 74 (19–31)
- Araya M., Pizarro F., Olivares M., Arredondo M., Gonzales M. and Mendez M. (2006): Understanding copper homeostasis in humans and copper effects on health, Biological Research, 39: 183-187.
- Arias-Estevez M., Novoa-Munoz J.C., Pateiro M., Lopez-Periago E. (2007): Influence of aging on copper fractionation in an acid soil. Soil Science. (172) 3: 225-232.
- Beare M.H., Cameron K.C., Williams P.H., Doscher C. (1997): Soil quality monitoring for sustainable agriculture. Proceedings of a Workshop. Lincoln University, New Zealand.
- Bennett, G., Wit, P. (2001): The Development and Application of Ecological Networks, A Review of Proposals, Plans and Programmes, Advice and Research for Development and Environment, IUCN
- Besnard E., Chenu C., Robert M. (2001): Influence of organic amendments on copper distribution among particle-size and density fractions in Champagne vineyard soils, Environmental Pollution, 112: 329-337.
- Bjorn P., Shuler C. and Joergensen R.G. (2008): Vineyard soils under organic and conventional management - microbial biomass and activity indices and their relation to chemical properties. Biology and Fertility of Soils. 44: 443-450.
- Brankov M., Ubavić M., Sekulić P., Vasin J. (2006): Sadržaj mikroelemenata i teških metala u poljoprivrednim i nepoljoprivrednim zemljištima Banata. Zbornik radova. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo. 42: 169-177.
- Brun L.A., Maillet J., Hinsinger P., Pepin M. (2001): Evaluation of copper availability to plants in copper-contaminated vineyard soils. Environmental Pollution. 111: 293-302.
- Chomchoei R., Miro M., Hansen E.H. and Shiowatana J. (2005): Automated sequential injection-microcolumn approach with on-line flame atomic absorption spectrometric detection for implementing metal fractionation schemes of homogeneous and nonhomogeneous solid samples of environmental. Analytical Chemistry. (77) 9: 2720-2726.
- Cox G.W., Atkins M.D. (1979): Agricultural Ecology. An analysis of world food production systems. Freeman and Company. San Francisco, CA, USA.

- Covaci A., Hura Carmen, Schepens P.: Selected persistent organochlorine pollutants in Romania, *The Science of The Total Environment*, Volume 280, Issues 1-3, 3 December 2001, Pages 143-152.
- Cuvaradic (Manojlović) M., Ubavic M., Bogdanovic D. (1997): The soil fertility of vegetable gardens in the vicinity of Novi Sad. *Proc. First Balkan Symp. Vegetables and Potatoes*. Eds. S. Jevtic, B. Lazic. *Acta Hort.* 462, ISHS 1997, 459-465.
- Davies B.E., Conway D., Holt S. (1979): Lead pollution of London soils: a potential restriction on their use for growing vegetables. *J. Agric. Sci. Camb.* 93: 749-752.
- Dixon B. (2004): Pushing Bordeaux mixture, *The LANCET Infectious Diseases*, 4: 594.
- Dokumentacija Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode, Novi Sad
- Đukić M.: Raspodela nekih opasnih materija u sistemima sediment-voda na lokalitetu Ratno ostrvo u Novom Sadu. Magistarska teza. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za hemiju. 2003.
- Garcia, C. Ake, B. Clement, H. J. Huebner, K. C. Donnelly and S. L. Shalat: Initial results of environmental monitoring in the Texas Rio Grande Valley. *Environment International*, Volume 26, Issues 7-8, June 2001, Pages 465-474.
- Garcia-Esparza M.A., Capri E., Pirzadeh P., Trevisan M. (2006): Copper content of grape and wine from Italian farms, *Food Additives and Contaminants*, 23-3: 274-280.
- Gong Z. M., Tao S., Xu F. L., Dawson R., Liu W. X., Cui Y. H., Cao J., Wang X. J., Shen W. R., Zhang W. J., Quing B. P., Sun R.: Level and distribution of DDT in surface soils from Tianjin, China, *Chemosphere*, Volume 54, Issue 8, February 2004, Pages 1247-125
- Gunkel P., Roth E., Fabre B. (2003): Copper distribution in chemical soil fractions and relationships with maize crop yield. *Environmental Chemistry Letters*. 1: 92-97.
- Food and Agriculture Organization (FAO), International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) and International Union of Soil Science (IUSS) (2006): *World Reference Base for Soil Resources*, 2nd edition, *World Soil Resources Reports No. 103.*, Rome
- Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (BBodSchV), 12. july, 1999.
- Feng K., Yu B. Y., Ge D. M., Wong M. H., Wang X. C., Cao Z. H.: Organo-chlorine pesticide (DDT and HCH) residues in the Taihu Lake Region and its movement in soil-water system: I. Field survey of DDT and HCH residues in ecosystem of the region, *Chemosphere*, Volume 50, Issue 6, February 2003, Pages 683-687.
- Hunter , H. And McDonald, A., 1992: The occurrence of coliform bacteria in the surface soils of two Catchment areas in the Yorkshire Dales. *J.IWEM*, 5: 534 – 538.
- Izvršno veće AP Vojvodine (2006): Program privrednog razvoja AP Vojvodine, Noveli-rana EX POST analiza privrede AP Vojvodine, Novi Sad
- Kabata-Pendias A. (2004): Soil-plant transfer of trace elements - an environmental issue. *Geoderma*. 122: 143-149.
- Kabata-Pendias A., Mukherjee A.B.: *Trace Elements from Soil to Human*. Springer, New York. 2007.

- Kabata- Pendias A. and Pendias H. (2001): Trace elements in soils and plants, 3rd ed., CRC Press, USA.
- Kicošev, V., Sabadoš, K., (2008): Primena principa održivosti u prostornom planiranju na području Vojvodine, I simpozijum „Zaštita prirode u Srbiji”, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Novi Sad
- Kicošev, V., Sabadoš, K., Kiš, A., (2010): Sprovođenje međunarodnih obaveza uspostavljanja Panevropske ekološke mreže u funkciji zaštite kvaliteta vazduha, XXXV Simpozijum sa međunarodnim učešćem – Zaštita vazduha 2010- Kvalitet vazduha i zakonska regulativa u oblasti zaštite životne sredine, Beograd, (21-24), Plenarno predavanje
- Kirchmann H., Thorvaldsson G. (2000): Challenging targets for future agriculture. European Journal of Agronomy. 12, 145-161.
- Košćal, M., Menković, LJ., Knežević, M., Mijatović, M. (2005): Geomorfološka karta Vojvodine sa tumačem. "Geozavod - Gemini" Beograd, Republika Srbija - AP Vojvodina - Izvršno veće AP Vojvodine Pokrajinski sekretariat za energetiku i mineralne sirovine Novi Sad
- Krauss M., Wilcke W., Zech W. (2000): Reactivity and bioavailability of PAHs and PSBs in urban soils of Beyreuth. Proceedings First International Conference Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (W.Burghardt and C.Dornauf Eds), Essen 12-18 July, Vol. III, 657-661.
- Lazić B., Đurovka M., Marković V. (1993): Povrtarstvo. Agencija Krstin, Novi Sad, 18-22.
- Landner L., Reuther R.: Metals in Society and in the Environment. A Critical Review of Current Knowledge on Fluxes, Speciation, Bioavailability and Risk for Adverse Effects of Copper, Chromium, Nickel and Zinc. Springer Science and Business Media, Inc. Kluwer Academic Publishers, USA. 2005.
- Lee K.E. (1992): The functional significance of biodiversity in soils. 15th World Congress of Soil Science. Acapulco, Mexico. 4: 168-182.
- Martin Krauss and Wolfgang Wilcke, Polychlorinated naphthalenes in urban soils: analysis, concentrations, and relation to other persistent organic pollutants, Environmental Pollution, Volume 122, Issue 1, March 2003, Pages 75-89
- Manojlović S. (1988): Sistem kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva – Naučna osnova za racionalnu upotrebu đubriva i kontrolu ekoloških faktora u biljnoj proizvodnji. Jugoslovenski naučni simpozijum «Sistem kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva u funkciji optimalnih prinosa danas i sutra. Novi Sad, 7-10. juna 1988.g., 11-90.
- Manz, M., Wenzel, K. -D., Dietze, U., Schüürmann, G.: Persistent organic pollutants in agricultural soils of central Germany, The Science of The Total Environment, Volume 277, Issues 1-3, 28 September 2001, Pages 187-198.
- Menzies N.W., Donn M.J. and Kopittke P.M. (2007): Evaluation of extractants for estimation of the phytoavailable trace metals in soils. Environmental Pollution. 145: 121-130.
- Merrington G., Rogers S.L., Van Zwieten L. (2002): The potential impact of long-term copper fungicide usage on soil microbial biomass and microbial activity in an avocado orchard, Australian Journal of Soil Research, 40-5: 749-759.

- Mihajlović A. (2002): Prostorna raspodela zagađenja gradskog zemljišta Novog Sada olovom iz pokretnih izvora. Magistarski rad. Univerzitet u Novom Sadu, CIMSI.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Jarak, Mirjana, 1997: Mikrobi zemljišta: značaj i mogućnosti, U: Dragović S. (ed), Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta, JDPZ, 389 -398.
- Milošević, Nada, Govedarica, M., Sekulić, P., 2003: Mikrobiološka svojstva zemljišta pod povrćem na lokalitetu Bačko Gradište. Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 39: 101-107.
- Milošević, Nada, Tintor, Branislava, Sekulić, P., Jokanović, Svetlana, 2006: Mikroorganizmi-indikatori kvaliteta / zdravlja zemljišta. Zbornik radova: Druga regionalna konferencija Životna sredina ka Evropi, CD, 5-7.06.2006, Beograd
- Milosevic Nada, Tintor, Branislava, Sekulic, P., 2007: Microbiological properties of soil in Novi Sad parks. XI International Eko Conference Environmental Protection of urban and suburban settlements, Proceeding I, 26-29.09.2007. 143-48.
- Mirlean N., Roisenberg A., Chies J.O. (2005): Copper-based fungicides contamination and metal distribution in Brazilian grape products, Environmental Contamination and Toxicology, 75: 968-974.
- Mielke H. W., Wang G., Gonzales C. R., Le B., Quach V. N., Mielke P. W.: PAH and metal mixtures in New Orleans soils and sediments, The Science of The Total Environment, Volume 281, Issues 1-3, 17 December 2001, Pages 217-227
- Moolenaar S.W., Beltrami P. (1998): Heavy metals balances of an Italian soil as affected by sewage sludge and Bordeaux mixture applications. Journal of Environmental Quality. (27) 4: 828-835.
- Nejgebauer, V., Filipovski, G., Ćirić, M., Škorić, A., Živković, M. (1963): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Zemljište i biljka, god. XII, No 1-3, str. 21-44
- Nejgebauer V., Živković B., Tanasijević Đ., Miljković N. (1971): Pedološka karta Vojvodine R 1 : 50.000, Institut za poljoprivredna istraživanja, Novi Sad
- Ninkov J., Sekulić P., Paprić Đ., Zeremski-Škorić T., Pucarević M. (2008): Zagađenje zemljišta vinograda bakrom kao posledica primene fungicida na bazi bakra. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo. Vol. 45, No. II, str. 233-239.
- Ninkov J., Zeremski-Škorić T., Sekulić P., Vasin J., Milić S., Paprić Đ., Kurjački I. (2010): Teški metali u zemljištima vinograda Vojvodine. Ratarstvo i povrtarstvo. Field and Vegetable Crops Research. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. Rat Pov/ Field Veg Res. 2010:47 (1). 273-279.
- Paoletti M.G., Sommaggio D., Favretto M.R., Petruzeelli G., Pezzarossa B., Barbaferi M. (1998): Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs, Applied Soil Ecology, 10: 137-150.
- Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja. Službeni Glasnik RS broj 23, 1994.
- Pueyo M., Lopez-Sanchez J.F., Rauret G. (2004): Assessment of CaCl_2 , NaNO_3 and NH_4NO_3 extraction procedures for the study of Cd, Cu, Pb and Zn extractability in contaminated soils. Analytica Chimica Acta. 504: 217-226.

- Purves (1967): Contamination of urban soils with copper, boron and lead. *Plant and Soil* 26 (2), 380-382.
- Rezolucija VI Kongresa Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta. Publikacija VI Kongres Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta, Novi Sad, 7-14.06.1980., str. 26-27.
- Sabadoš K., Panjković B. (edit) (2009): Uspostavljanje ekološke mreže u AP Vojvodini – pregled stanja, analiza i mogućnosti, Izveštaj, Zavod za zaštitu prirode Srbije Radna jedinica Novi Sad, Novi Sad
- Scharmell O., Michalke B., Kettrup A. (2000): Study of the copper distribution in contaminated soils of hop fields by single and sequential extraction procedures, *The Science of the Total Environment*, 236: 11-22.
- Sekulić P., Pucarević Mira, Jovanović Zora (2001): Soil fertility and levels of hazardous and harmful substances in the vegetable gardens of the city of Novi Sad. ECO-CONFERENCE 01, 26-29. 09. 2001., Novi Sad, "Environmental protection of urban and suburban settlements" The Proceedings, 217-222
- Službeni list Savezne Republike Jugoslavije, 51/2002.
- Spitler T.M., Feder W.A. (1979): A study of soil contamination and plant lead uptake in Boston urban gardens. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 10, 1195-1210.
- SRPS ISO 11074-1:2001 Kvalitet zemljišta, rečnik - Deo 1: Termini i definicije koji se odnose na zaštitu i zagađenje zemljišta, Identičan sa ISO 11074-1:1996.
- Strategija razvoja poljoprivrede Srbije (2005) "Službeni glasnik RS", br. 78/2005
- Strategija ruralnog razvoja Republike Srbije (2010-2013)–Nacrt, Vlada Republike Srbije
- Šovljanski, R. i sar. (1989): Studija o jedinstvenim kriterijumima za registrovanje zagađivača vode, vazduha i zemljišta na područjima SAP Vojvodine i potrebne hitne mere zaštite na mestima sa najizraženijim zagađivačima. Oblast: Zemljište I etapa II faze, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, PIV Novi Sad, 1989. (1-377)
- Temminghoff E., Van Der Zee S., De Haan (1997): Copper mobility in a copper - contaminated sandy soil as affected by pH and solid and dissolved organic matter. *Environmental Science and Technology*. (31) 4: 1109-1115.
- Tintor, Branislava, Milošević, Nada, Sekulić P., Vasin, J., 2006: Zastupljenost mikroorganizama i dehidrogenazna aktivnost poljoprivrednih zemljišta Vojvodine. EKO-konferencija 2006, Zdravstveno bezbedna hrana, Tematski zbornik I, 107-112.
- Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa ("Službeni glasnik RS", br. 88/2010).
- Vasin J., Sekulic P., Bogdanovic Darinka, Pucarevic Mira (2004): Contamination levels of non-agricultural and industrial soils in the Vojvodina Province. Eurosoil 2004, The proceedings on CD, 6-12 September 2004, Freiburg, Germany, <http://www.bodenkunde.uni-freiburg.de/eurosoil-en/startseite>

- Vasin J., Sekulić P., Hadžić V., Bogdanović Darinka, Pucarević Mira (2004): Stepen zagađenja nepoljoprivrednog zemljišta u Vojvodini. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Zbornik radova, sveska 40, str. 129-140.
- Vasin J., Sekulić P., Bogdanović Darinka (2007): Soils of protected natural resorts areas in the Vojvodina province. *Acta biologica Iugoslavica - serija A: Zemljište i biljke*, vol. 56, br. 2, str. 37-48
- Vasin J.(2010): "Solončaci Vojvodine - karakteristike i savremena klasifikacija", doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu
- Vavoulidou E., Avramides E.J., Papadopoulos P., Dimirkou A., Charoulis A., Konstantinidou-Doltsinis S. (2005): Copper content in agricultural soils related to cropping systems in different regions of Greece. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36: 759-773.
- Wolfgang Wilcke, Silke Müller, Nualsi Kanchanakool, Chalinee Niamskul and Wolfgang Zech Polycyclic aromatic hydrocarbons in hydromorphic soils of the tropical metropolis Bangkok, *Geoderma*, Volume 91, Issues 3-4, 1 September 1999, Pages 297-309
- Wu Q., Blume H.P., Rexilius L., Abend S., Schleuss U. (1998): Sorption of organic chemicals in Urbic Anthrosols. *Advances in GeoEcology* 31, 781-789.
- Yu S., He Z.L., Huang C.Y., Chen G.C., Calvert D.V. (2004): Copper fractionation and extractability in two contaminated variable charge soils. *Geoderma*. 123: 163-175.
- Zakon o poljoprivredi i ruralnom razvoju ("Službeni glasnik RS", br. 41/2009)
- Zakon o zaštiti prirode („Službeni glasnik RS“ br. 36/2009 i 88/2010)
- Zakon o zaštiti životne sredine („Službeni glasnik PC", br. 135/2004 i 36/2009)
- Zemberyova M., Bartekova J., Zavadska M., Šišolakova (2006): Determination of bioavailable of Zn, Cu, Ni, Pb and Cd in soils and sludges by atomic absorption spectrometry. *Talanta*. 71: 1661-1668.
- Zeremski-Škorić T., Ninkov J. (2008): Dozvoljene koncentracije teških metala u zemljištu za proizvodnju zdravstveno bezbedne hrane. U Manojlović M. ured.: *Đubrenje u održivoj poljoprivredi*. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad. 2008.
- Zeremski-Škorić T., Ninkov J., Sekulić P., Milić S., Vasin J., Dozet D., Jakšić S. (2010): Sadržaj teških metala u odabranim đubrivima koja su u upotrebi u Srbiji. *Ratarstvo i povrtarstvo*. 47 (1): 281-287.
- Zhang H.B., Luo Y.M., Zhao Q.G., Wong M.H., Zhang G.L.: Residues of organochlorine pesticides in Hong Kong soils, *Chemosphere*, In Press, Corrected Proof, Available online 5 December 2005 (1).
- Zhang Hong, Yonglong Lu, Dawson R.W., Yajuan Shi, Tieyu Wang: Classification and ordination of DDT and HCH in soil samples from the Guanting Reservoir, China. *Chemosphere*, Volume 60, Issue 6, August 2005 (2), Pages 762-769.