

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/167



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z4-3671
Naslov projekta	Uporaba in vitro in in vivo testov za določanje biološke dostopnosti organskih in anorganskih onesnažil v tleh kot pokazatelj uspešnosti remediacije onesnaženih tal
Vodja projekta	26538 Metka Udovič
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	05.2010 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 BIOTEHNIKA 4.03 Rastlinska produkcija in predelava 4.03.02 Tla in mikroklima
Družbeno-ekonomski cilj	02. Okolje

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	1.05
- Veda	1 Naravoslovne vede
- Področje	1.05 Vede o zemlji in okolju

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Onesnažila so v tleh prisotna v različnih kemijskih oblikah, od katerih je le del biološko dosegljiv organizmom in posledično nevaren zanje. Z remediacijo tal s spiranjem ob prisotnosti ligandov in kislin odstranimo iz tal le biološko dosegljivi del onesnažil (t. j. »bioavailability

stripping«), pri sanaciji s stabilizacijo pa s spreminjanjem kemijskih lastnosti onesnažil zmanjšamo njihovo biološko dostopnost (t. j. »bioavailability reduction«). Namen projekta je bil na podlagi *in vivo* testov akumulacije kovin v indikatorskih nevretenčarskih vrstah preveriti ustreznost obstoječih *in vitro* ekstrakcijskih testov za določanje biodosegljivosti onesnažil v tleh kot i) merila onesnaženosti tal in tveganja, ki ga predstavljajo za okolje in ljudi; ii) merila uspešnosti remediacije tal; iii) osnove za izbiro najprimernejšega remediacijskega postopka za določen tip tal oz. določen tip onesnaženja. V zaključni fazi projekta smo tako lahko uvedli v laboratorijsko prakso pomemben test določanja biodostopnosti kovin v tleh in v vodah (Unified BARGE Method, UBM), ki se pripravlja ob sodelovanju z evropsko skupino Bioaccessibility Research Group (BARGE) za uvedbo v evropsko zakonodajo o varovanju tal.

Zaradi onesnaženosti sta funkcionalnost in kakovost tal prizadeti, posledično tudi možnost kmetijske uporabe takih tal. Namen predlaganega projekta je bil raziskati vpliv i) remediacije tal s stabilizacijo z apatitom, Slovakitom in zelenim kompostom; ii) remediacije tal s spiranjem s kelatnim ligandom (EDTA) in kislino (HCl), na kakovost in funkcionalnost tal na podlagi i) testov encimske aktivnosti v tleh; ii) standardiziranim izogibalnim testom deževnikov (ISO 17512-1, 2008). Pokazali smo, da je stabilizacija zelo učinkovita metoda remediacije s kovinami onesnaženih tal, ki pa v splošnem ne vpliva negativno na biološko aktivnost v tleh. Pokazali smo tudi, da je učinkovitost te remediacije odvisna od talnih lastnosti (pH tal, vsebnost karbonatov, struktura itd.). Spiranje z EDTA se je izkazala za tlor bistveno prijaznejšo metodo remediacije kot pa spiranje s kislino. Slednja je močno poškodovala bodisi strukturo tal kot tudi biološko aktivnost v tleh.

Po vračanju remediranih tal v okolje pričnejo nanje delovati živi in neživi okoljski dejavniki, ki sčasoma lahko spremenijo lastnosti tal in onesnažil, ki so ostala v remediranih tleh v sicer biološko nedosegljivih kemijskih oblikah. Namen predlaganega projekta je bil raziskati vpliv deževnikov kot predstavnikov živih okoljskih dejavnikov na kakovost in lastnosti tal ter na kemijske lastnosti v tleh preostalih onesnažil. Pridobljeni rezultati so pomemben korak k razumevanju post-remediacijskih procesov in bistveno prispevajo k nadaljnji optimizaciji remediacijskih postopkov v smislu dolgotrajnejšega učinka remediacije.

ANG

Pollutants are present in soil in different chemical forms, of which only a share is biologically available for organisms and is consequently dangerous for them. Soil remediation by washing with ligands and acids are able to remove from the soil only part of the biologically available pollutants (i.e. "bioavailability stripping"). With soil remediation with stabilization we alter the chemical forms of pollutants in order to reduce their bioavailability (i.e. "bioavailability reduction"). The purpose of the project was to perform *in vivo* tests for metal accumulation in indicator invertebrate species, in order to examine the adequacy of the existing *in vitro* extraction tests for the assessment of the bioavailability of pollutants in soil. Further, this is to be used as i) measure for the assessment of soil pollution and the risks it poses to the environment and to humans, ii) as measure of soil remediation effectivity, iii) as basis for the selection of the most appropriate remediation approach for a particular soil type or pollution type. In the final phase of the project we introduced into the laboratory practice an important test for the assessment of the bioaccessibility of metals in soil and in water (Unified BARGE Method, UBM), which is being prepared in cooperation with the European group »the Bioaccessibility Research Group« (BARGE) for its introduction into the European legislation on soil protection.

Soil pollution negatively affects soil functionality and quality, and consequently also its agricultural potential. The proposed project was to explore the impact of i) soil remediation with stabilization using apatite, Slovakite and green compost ii) of soil remediation by washing with a chelating ligand (EDTA) and an acid (HCl), on soil quality and functionality, as assessed with i) soil enzyme activity tests, and ii) a standardized avoidance test (ISO 17512-1, 2008). We have shown that the stabilization is a very effective remediation method for metal contaminated soil, which generally does not adversely affect the biological activity in the soil. We have also shown that the effectiveness of the remediation largely depends on soil properties (soil pH, carbonate content, soil texture, etc.). Washing with EDTA has proven to be a more gentle soil remediation approach than washing with acid. The latter has shown to severely damage the soil structure and the biological activity in the soil.

After the re-introduction of remediated soils into the environment, environmental biotic and abiotic factors affect their characteristics and the remainder biologically non-available pollutants in soil. The aim of the project was to investigate the influence of earthworms as the most important representatives of biotic environmental factors on the soil characteristics and the on the chemical properties of the remaining metals. The obtained results represent an important step towards understanding the post-remediation processes and significantly contribute to the further optimization of remediation processes in terms of the long-lasting remediation effect.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V okviru DS 1 smo preučevali remediacijo dvoje nekarbonatnih tal, in sicer 1) tla z visoko vsebnostjo Pb, Zn in Cd kot posledica talilniške dejavnosti ter 2) onesnažena tla sadovnjaka, ki vsebujejo povišane koncentracije Pb in As zaradi uporabe svinčevega arzenata (insekticid) v preteklosti. V prvem primeru smo primerjali učinkovitost dodajanja apatita in komercialne zeolitne mešanice Slovakita na zmanjšanje biološke dosegljivosti Pb, Zn in Cd v nekarbonatnih tleh, kjer je povišana koncentracija Pb, Zn, Cd in Cu v zgornjem sloju tal prisotna zaradi deponiranja delcev kot posledica lokalne talilniške dejavnosti. Oba preizkušena dodatka sta uspešno znižala delež biološko dostopnih kovin v tleh brez večjih vplivov na talne lastnosti ter tako omejili potencialni privzem kovin v poljščine, ki jih gojijo na tem območju v prehrabene namene. Funkcionalnost tal, kot smo jo ovrednotili na podlagi testov encimske aktivnosti v tleh, se je izboljšala. Rezultati raziskave so pomembni, v kolikor ponujajo poceni in učinkovito remediacijsko rešitev za področja onesnažena s kovinami, ki pa so agronomsko pomembna in potencialno uporabna. Raziskavo smo izvajali v sodelovanju z dr. Wolfgangom Friesl-Hanl iz Environmental Resources & Technologies, Austrian Research Centers (Seibersdorf, Avstrija). Rezultate raziskave smo objavili v mednarodno indeksirani (SCI) reviji (Tica, D, Udovic, M, Lestan, D. 2011. Immobilization of potentially toxic metals using different soil amendments. *Chemosphere* 85, 577-583). V drugem primeru smo preučevali ustreznost uporabe komposta kot sredstva za zmanjševanje biološke dostopnosti Pb in As v onesnaženih tleh opuščenih sadovnjakov, ki so namenjeni za pridelavo zelenjave. Ugotovili smo, da je sicer kompostiranje zelo učinkovita in poceni rešitev za zmanjševanje mobilnosti in biološke dosegljivosti Pb v tleh, je pa neprimerna rešitev, če je v tleh prisoten tudi As, saj je v tem primeru učinek nasproten. Z bioakumulacijskim testom smo potrdili rezultate kemijskih ekstrakcijskih testov in izmed njih izbrali najustreznejšega za nadaljni hitri monitoring potencialne biološke dosegljivosti Pb in As v tleh. Raziskavo smo izvajali v sodelovanju s prof. Murray B. McBride iz Cornell University (Ithaca NY, ZDA) in rezultate objavili v mednarodno indeksirani (SCI) reviji (Udovic, M, McBride, MB. 2012. Influence of compost addition on lead and arsenic bioavailability in reclaimed orchard soil assessed using *Porcellio scaber* bioaccumulation test. *Journal of Hazardous Materials* 205-206, 144-149).

V okviru DS 1 smo tudi preverili učinkovitost izvedene stabilizacije v času, in sicer sicer z laboratorijskim simuliranjem staranja tal zaradi vpliva bioloških okoljskih dejavnikov. Kot modelni organizem smo izbrali avtohtoni vrsti deževnikov (*Dendrobaena veneta* in *Lumbricus terrestris*) in preučili njihov vpliv na potencialno biodosegljivost Pb, Zn, Cu in Cd v tleh remediranih z dodatkom apatita in Slovakita. Da bi preverili tudi razlike med vrstami, smo uporabili dve vrsti deževnikov v isti nalogi, namesto v dveh ločenih, kot najprej mišljeno. Tako zastavljen poskus je vsebinsko smiselno dopolnil in zaključil DS. Primerjali smo vpliv izbranih deževniških vrst na 1) biološko dostopnost Pb, Zn, Cd in Cu, in na 2) biološko aktivnost v tleh. V prvem primeru smo uporabili širši nabor kemijskih ekstrakcijskih testov, z namenom da bi med njimi izbrali najboljčutiljivejši in najprimernejši test za določanje biodostopnosti kovin v nekarbonatnih tleh za nadaljne raziskave in monitoring. Vendar se je izkazalo, da so rezultati kemijskih testov med seboj preveč variabilni in celo nasprotujoči si, tako da bi z uporabo enega samega testa lahko napačno interpretirali stanje onesnaženosti tal. V splošnem se je pokazalo, da deževniki zvišajo biodostopnost kovin v remediranih tleh, ravno tako vplivajo na biološko aktivnost v tleh. Pokazali smo, da je njihov vpliv vrstno odvisen, kar je pomembno upoštevati pri izbiri organizmov, ki jih vključujemo v tovrstne raziskave. Rezultate raziskave smo statistično obdelali in objavili v mednarodni indeksirani (SCI) reviji (Tica, D., Udovic, M., Lestan, D. 2013. Impact of two earthworm species (*Lumbricus terrestris* and *Dendrobaena veneta*) on lead, zinc, cadmium and copper bioaccessibility in polluted soil amended with two stabilizing agents, apatite and Slovakite. *Chemosphere* 91, 1-6).

Dodatno smo v okviru DS 1 preverili uporabnost lakazne aktivnosti v tleh kot indikatorja biodostopnosti kovin. Lakazna aktivnost se je v preliminarni študiji ocene stanja onesnaženosti tal na območju Jesenic izkazala kot variabilen parameter glede na delež biodostopnih kovin v tleh. Da bi preverili hipotezo o korelaciji med biodostopnostjo kovin v tleh in lakazno aktivnostjo, smo preučili lakazno aktivnost na poskusnem polju v Podklostru, kjer je raziskovalna skupina dr. Wolfganga Friesl-Hanl-a iz Environmental Resources & Technologies, Austrian Research Centers (Seibersdorf, Avstrija) leta 2004 preizkusila učinkovitost stabilizacije kovin v nekarbonatnih tleh z dodatkom boksitnega in prodnatega blata ter apnenca. Prednosti takih poskusnih ploskev so, da so bila tla že podvržena časovnim spremembam, da imajo vse ploskve enake talne lastnosti in da se med seboj razlikujejo le v biodostopnosti Pb, Zn, Cd in Cu. Študija ni pokazala značilnih razlik v lakazni aktivnosti med ploskvami, vendar so rezultati jasno pokazali, da laboratorijsko izvedeni testi na simuliranih sistemih, ki jih najdemo v literaturi, niso zadostni za vrednotenje kompleksnih naravnih sistemov. Rezultate smo statistično obdelali in pripravili za publikacijo v mednarodni indeksirani (SCI) reviji. Raziskava je bila izvedena v sodelovanju s skupino prof. Ines Mandić-Mulec z Oddelka za Živilstvo

Biotehniške fakultete UL.

V okviru DS 2 smo primerjali spiranje tal s kislino (solno kislino) in z ligandom (etilendiamin tetraacetno kislino, EDTA), in sicer na: 1) učinkovitost odstranjevanja kovin iz karbonatnih in nekarbonatnih tal; 2) funkcionalnost tal, kot jo vrednotimo s testi encimske aktivnosti. Rezultati so pokazali, da je kelatni ligand etilen diamin tetraacetatom (EDTA) učinkovitejši od kislinske (HCl) pri odstranjevanju Pb, Zn in Cd iz tal, saj za isti učinek odstranitve uporabimo manjšo količino EDTA kot HCl. Poleg tega se je spiranje z EDTA izkazalo kot tlor prijazna metoda remediacije, saj se biološka aktivnost tal ni zmanjšala kot v primeru spiranja s HCl. Rezultate raziskave smo objavili v mednarodno indeksirani (SCI) reviji (Udovic, M., Lestan, D. 2012. EDTA and HCl leaching of calcareous and acidic soils polluted with potentially toxic metals: Remediation efficiency and soil impact. *Chemosphere* 88, 718-724).

V okviru DS 4 smo raziskali uporabnost standardiziranega biološkega izogibalnega testa z deževniki kot potencialno uporaben test za hitro določanje uspešnosti remediacije tal v smislu izboljšanja kakovosti tal zaradi nižanja deleža biodosegljivih kovin v tleh in odstranjevanja za organizme negativne učinke onesnaženja. Izogibalni test z deževniki se je izkazal kot neobčutljiv za ločevanje ne-remediranih tal in tal remediranih s postopno višjo koncentracijo EDTA (t.j. s postopno višjim deležem odstranjenih kovin iz tal). Rezultati jasno kažejo na problematiko vrednotenja kakovosti onesnaženih tal na podlagi vedenjskih odzivov indikatorskih organizmov, saj so v tleh, poleg onesnažil samih, prisotni tudi ostali pomembni dejavniki (npr. pH tal, vsebnost organske snovi, hranila...), ki ravno tako vplivajo na vedenje organizmov (v našem primeru deževnikov).

V okviru DS 5 smo v dveh študijah raziskali uporabnost testa bioakumulacije kovin v izopodnem raku vrste *Porcellio scaber* kot merila biodosegljivosti Pb, Zn, Cd in As v tleh. S testom smo preverjali ustreznost običajno uporabljenih kemijskih ekstrakcijskih testov pri vrednotenju uspešnosti remediacije s stabilizacijo. Obe študije so inovativne, saj poleg uvajanja novega biološkega testa, predstavljajo prve rezultate v znanstveni literaturi o akumulaciji omenjenih kovin v stabiliziranih tleh in prvo poročanje o akumulaciji As v kratkotrajnem poskusu izpostavitve organizmov tlor brez dodatka hrane. Rezultati so pokazali, da je predlagan test bioakumulacije primeren za ugotavljanje biodosegljivosti Pb, Zn, Cd in As v tleh in s tem za vrednotenje uspešnosti remediacije, saj živali v času izpostavitve akumulirajo merljive količine kovin. Poleg tega je tak in vivo test nujno potreben v študijah o biodosegljivosti kovin v tleh, saj so rezultati pokazali, da z uporabo samo kemijskih ekstrakcijskih testov lahko napačno ocenimo biodosegljivost kovin v tleh. Raziskave smo izvajali v sodelovanju s prof. McBride-om iz Cornell University (NY, USA) v okviru Fulbrightove štipendije, in v sodelovanju s prof. Damjano Drobne z Oddelka za Biologijo Biotehniške fakultete UL. Rezultate smo objavili v dveh mednarodno indeksiranih (SCI) revijah (Udovic, M, McBride, MB. 2012. Influence of compost addition on lead and arsenic bioavailability in reclaimed orchard soil assessed using *Porcellio scaber* bioaccumulation test. *Journal of Hazardous Materials* 205-206, 144-149; Udovic, M., Drobne, D., Lestan, D. 2013. An in vivo invertebrate bioassay of Pb, Zn and Cd stabilization in contaminated soil. *Chemosphere*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.054>).

Ker je določanje biodostopnosti/biodosegljivosti kovin v tleh pomemben del tega projekta, smo se v letu 2011 vključili v evropsko skupino Bioaccessibility Research Group (BARGE), v okviru katere sodelujemo pri krožni evalvaciji nove *in vitro* UBM metode določanja fiziološke dostopnosti kovin v tleh.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Dosegli smo vse zastavljene raziskovalne cilje, ki so se nanašali na preučevanje onesnaženosti tal s kovinami. V med seboj povezanih delovnih sklopih smo preizkusili več tipov remediacije onesnaženih (stabilizacija z dodatkom apatita, zeolitov in komposta; spiranje tal s kislino in z ligandom). Pri vrednotenju učinkovitost posameznih remediacij na podlagi znižanja potencialne biodosegljivosti onesnažil v tleh smo uporabili širok nabor kemijskih ekstrakcijskih testov ter dva biološka testa, ki smo jih nato med seboj primerjali. Iz teh študij izhaja predlog za nov biološki test akumulacije kovin v izopodnih rakah kot merilo uspešnosti remediacije onesnaženih tal. Pri vrednotenju vpliva preučevanih remediacijskih postopkov na kakovost tal smo uporabili nabor testov encimske aktivnosti, s katerimi smo opisali funkcionalnost tal in preverili morebitno prizadetost tal zaradi remediacijskih postopkov. Raziskave učinkovitosti več tipov remediacije onesnaženih tal smo dopolnili s študijami o vplivu okoljskih dejavnikov na kovine v tleh po njihovi remediaciji. Nalogo 5 iz DS 1 smo nekoliko razširili, tako da smo lahko primerjali tudi medvrstne razlike in njihov vpliv na biodostopnost kovin v remediranih tleh. S tem smo pokazali pomen izbire organizmov, ki jih vključujemo v študije izpostavljenosti onesnažilom v okolju. Pri vrednotenju biodostopnosti kot merila uspešnosti remediacije, smo

uporabili širok nabor kemijskih testov, kateremu smo dodali tudi fiziološko osnovani ekstrakcijski test UBM v okviru skupine BARGE. V okviru projekta smo navezali pomembne aktivne stike s Cornell University in z British Geological Survey (v okviru skupine the Bioaccessibility Research Group of Europe). Nadaljevali smo s sodelovanjem s slovenskimi raziskovalci iz različnih oddelkov Biotehniške fakultete.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Pri izvajanju projekta ni prišlo do bistvenih odstopanj ali sprememb od vsebine zapisane v predlogu raziskovalnega projekta. Morebitne manjše razlike so posledica sprotnih odločitev o načinu obravnavanja zastavljenega cilja, ki izvirajo in rezultatov, dobljenih v teku projekta, saj so DS med seboj neobhodno povezani in drug od drugega odvisni. Njihov opis je podan v odstavku »Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu«.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	6954873
		Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Vpliv komposta na biodosegljivost svinca in arzena v tleh opuščene sadovnjaka, določenega z bioakumulacijskim testom z vrsto <i>Porcellio scaber</i>
	ANG	Influence of compost addition on lead and arsenic bioavailability in reclaimed orchard soil assessed using <i>Porcellio scaber</i> bioaccumulation test
Opis	SLO	Dolgotrajna uporaba svinčevega arzenata v sadovnjakih je povzročila kopičenje Pb in As v zgornjem sloju tal. Obnavljanje starih sadovnjakov za kmetijske namene pomeni posledično izpostavljenost ljudi Pb in As, ki pa jo je možno omejiti z ustrežno sanacijo. V študiji smo ocenili učinkovitost remediacije z uporabo komposta, ki se običajno uporablja v okviru sonaravne kmetijske prakse. Uspešnost remediacije smo ocenili na podlagi dveh ekstrakcijskih testov za določanje biodostopnosti Pb in As ter z bioakumulacijskim testom z enakonožnimi raki vrste <i>Porcellio scaber</i> . Vsi testi so pokazali, da dodajanje komposta dosledno zmanjšuje biološko dostopnost Pb, zvišala pa se je biološka dostopnost As. Biološka dostopnost As izmerjena na podlagi Morganovega ekstrakcijskega testa je bila 2,5-krat nižja od biodosegljivega deleža izmerjenega z bioakumulacijskim testom. Obratno je bila 7,2-krat višja ob uporabi fiziološko osnovanega testa, kar nakazuje, da lahko z uporabo zgolj kemijskih ekstrakcijskih testov pre- ali podcenimo biološko dostopnost As. V tej raziskavi se je prvič uporabila akumulacija As v <i>P. scaber</i> kot merilo biodosegljivosti As v onesnaženih kmetijskih tleh.
	ANG	Long-term application of lead arsenate in orchards has led to a significant accumulation of Pb and As in the topsoil. Reclamation of old orchards for agricultural purposes entails the exposure of humans to Pb and As, which can be reduced by adequate remediation actions. In this study, we assessed the remediation efficiency of compost addition, commonly used as a sustainable agricultural practice. The remediation was evaluated based on Pb and As bioavailability, assessed by means of two selective non-exhaustive chemical extractions and with a novel in vivo bioaccumulation test with isopods (<i>Porcellio scaber</i>). All the tests showed that compost addition consistently reduced Pb bioavailability but increased As bioavailability. However, the As bioavailable share assessed with the widely used modified Morgan extraction test was lower by factors up to 2.5 than when assessed with bioaccumulation. Conversely, it was higher by factors up to 7.2 when assessed with the physiologically based extraction test, indicating that the bioavailability of As could be under- or overestimated using solely chemical extraction tests. This is the first report on the use of

		As accumulation in P. scaber as a tool for the assessment of As bioavailability in contaminated orchard soil.
	Objavljeno v	Elsevier Scientific Publ. Co.; Journal of hazardous materials; 2012; Vol. 205-206; str. 144-149; Impact Factor: 4.173; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.895; A'': 1; A': 1; WoS: IH, IM, JA; Avtorji / Authors: Udovič Metka, McBride Murray B.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	6841465 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Mobilnost in dostopnost toksičnih kovin po spiranju tal s kelatnim ligandom
		<i>ANG</i> Mobility and availability of toxic metals after soil washing with chelating agents
	Opis	<p><i>SLO</i> Remediacijske tehnike za sanacijo tal onesnaženih s toksičnimi kovinami lahko razdelimo v dve glavni skupini. Imobilizacijske tehnologije ne odstranijo kovin iz tal, ampak zmanjšajo njihovo razpoložljivost, medtem ko tehnologije, kot so pranje tal z kelatnimi ligandi, odstranjujejo kovine iz tal. Kovine v tleh niso v celoti dostopne kelatorjem in jih zato ne moremo v celoti odstraniti. Preostale kovine ostanejo v tleh prisotene v kemijsko stabilnih oblikah, vezanih na ne-labilne talne frakcije in veljajo za ne-mobilne in biološko nedostopne ter zato neškodljive (koncept stripping). Vendar pa z vračanjem remediranih tal v okolje izpostavimo tla različnim okoljskim dejavnikom, ki bi lahko spodbudili oz. spožili prehajanje v tleh preostalih kovin v labilnejše kemijske oblike. S tem bi se povečala toksičnost preostalih kovin in posledično zmanjšala učinkovitost končne sanacije tal.</p> <p>Za vrednotenje učinkovitosti sanacije tal se uporabljajo različne kemijske ekstrakcijske metode z določanje biološke dostopnosti onesnažil v tleh. Ali nam ti testi podajo verodostojne informacije o dostopnosti kovin za talno favno?</p> <p>V poglavju smo obravnavali vpliv biotskih in abiotskih okoljskih dejavnikov na mobilnost in dostopnost kovin v tleh, preostalih po sanaciji, ter prednosti in vivo testov s talnimi organizmi za oceno učinkovitosti sanacije tal.</p>
		<p><i>ANG</i> Remediation techniques for soils polluted with toxic metals can be divided into two main groups. Immobilization technologies leave metals in the soil, but minimize their availability, while technologies such as soil washing with chelating agents remove metals from the soil. Metals in soil are not entirely accessible to chelating agents and they are consequently not entirely removed. Residual metals left in the soil after remediation remain present in chemically stable species bound to non-labile soil fractions and are considered non-mobile and non-bioavailable and thus not-toxic (bioavailability stripping remediation concept). However, with the re-introduction of remediated soil into the environment, we expose the soil to various environmental factors. They could eventually promote or initiate the transition of the residual metals back to more labile forms to re-establish the disturbed equilibrium. Such a shift would increase the toxicity of the residual metals and, consequently, decrease the final efficiency of soil remediation.</p> <p>Different extraction techniques are used to assess metals bioavailability and the efficiency of soil remediation. Reduced bioavailability of contaminants for organisms is most often assessed by established chemical extraction tests. However, do the chemical extraction tests really provide (include) reliable information on availability of metals for soil fauna?</p>
	Objavljeno v	Springer; Biomanagement of metal-contaminated soils; 2011; Str. 343-364; Avtorji / Authors: Leštan Domen, Udovič Metka
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji

3.	COBISS ID	6755449	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Imobilizacija potencialno toksičnih kovin z uporabo različnih remediacijskih sredstev	
	ANG	Immobilization of potentially toxic metals using different soil amendments	
Opis	SLO	In situ stabilizacija potencialno toksičnih kovin (PTK) z uporabo različnih lahko dobavljivih sredstev je stroškovno učinkovita metoda za sanacijo onesnaženih tal. V tej študiji smo raziskali učinkovitost apatita in komercialne zeolitne mešanice (Slovakit) za stabilizacijo Pb, Zn, Cu in Cd z zmanjšanjem njihove biološke dostopnosti v onesnaženih tleh iz Celja in Podkloštra (Arnoldstein, Avstrija). Prav tako smo raziskali vpliv 5% dodatka apatita in Slovakita na funkcionalnost tal, ki smo jo ocenili na podlagi z glukozo induciranega dihanja, dehidrogenazne, fosfatazne in β -glukozidazne aktivnosti. Oba dodatka sta povzročila zvišanje pH tal in znižanje biološke dostopnosti PTK v tleh. Pozitivni vpliv stabilizacije se je odražal v povečani stopnji dihanja in encimske aktivnosti v tleh. β -glukozidazna aktivnost se je izkazala kot občutljiv in odziven encimski test za preverjanje vpliva stabilizacije.	
	ANG	The in situ stabilization of potentially toxic metals (PTMs), using various easily available amendments, is a cost-effective remediation method for contaminated soils. In the present study, we investigated the effectiveness of apatite and a commercial mixture of dolomite, diatomite, smectite basaltic tuff, bentonite, alginite and zeolite (Slovakite) on Pb, Zn, Cu and Cd stabilization by means of decreasing their bioavailability in contaminated soil from an old lead and zinc smelter site in Arnoldstein, Austria. We also investigated the impact of 5% (w/w) apatite and Slovakite applications on soil functionality and quality, as assessed by glucose-induced soil respiration, dehydrogenase, acid and alkaline phosphatase and β -glucosidase activity. Both amendments resulted in increased soil pH and decreased PTM potential bioavailability assessed by diethylenetriamine pentaacetic acid extraction and by sequential extractions in the water-soluble and exchangeable fractions. The efficiency of stabilization was reflected in the soil respiration rate and in enzymatic activity. The β -glucosidase activity assay was the most responsive of them.	
Objavljeno v	Pergamon Press.; Chemosphere; 2011; Vol. 85, Issue 4; str.577-583; Impact Factor: 3.206;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Tica Dragana, Udovič Metka, Leštan Domen		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
4.	COBISS ID	7458425	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	In vivo nevretenčarski test za vrednotenje stabilizacije Pb, Zn in Cd v onesnaženih tleh	
	ANG	An in vivo invertebrate bioassay of Pb, Zn and Cd stabilization in contaminated soil	
Opis	SLO	Kopenske enakonožce (Porcellio scaber) smo uporabili za oceno učinkovitosti stabilizacije Pb, Zn in Cd v industrijsko onesnaženih tleh z uporabo apnenca in mešanice gramoza ter rdečega blata. Namen naše raziskave je bil primerjati in ovrednotiti rezultate biološkega in kemijskih testov za določanje biološke dostopnosti kovin po sanaciji. Rezultati bioakumulacijskega testa s P. scaber so pokazali, da je bila stabilizacija Pb in Zn uspešnejša ob uporabi mešanice gramoza in rdečega blata, medtem ko je bila stabilizacija Cd uspešnejša ob uporabi apnenca. Bioakumulacijski test je potrdil rezultate kemijskih testov biodostopnosti, vendar je bil občutljivejši na razlike med metodami remediacije. Biološki test z raki enakonožci je pomembna in enostavna metoda za hitro določanje biološko dosegljivosti kovin v tleh, saj vključuje tudi časovno in prostorsko	

		komponento.
	ANG	The terrestrial isopod (<i>Porcellio scaber</i>) was used to assess the remediation efficiency of limestone and a mixture of gravel sludge and red mud as stabilizing agents of Pb, Zn and Cd in industrially polluted soil, which contains 800, 540 and 7 mg kg ⁻¹ of Pb, Zn and Cd, respectively. The aim of our study was to compare and evaluate the results of the biological and non-biological assessment of metal bioavailability after soil remediation. Results of a 14 d bioaccumulation test with <i>P. scaber</i> showed that that Pb and Zn stabilization were more successful with gravel sludge and red mud, while Cd was better stabilized and thus less bioavailable following limestone treatment. In vivo bioaccumulation tests confirmed the results of chemical bioaccessibility, however it was more sensitive. Biotesting with isopods is a relevant approach for fast screening of bioavailability of metals in soils which includes temporal and spatial components.
Objavljeno v		Pergamon Press.; Chemosphere; 2013; v tisku; Impact Factor: 3.206; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Drobne Damjana, Leštan Domen
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	7368057 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Dolgoročna učinkovitost stabilizacije z apatitom in Slovakitom: vpliv dveh vrst deževnikov (<i>Lumbricus terrestris</i> in <i>Dendrobaena veneta</i>) na biodostopnost svinca in na funkcionalnost tal
	ANG	Long-term efficiency of soil stabilization with apatite and Slovakite: The impact of two earthworm species (<i>Lumbricus terrestris</i> and <i>Dendrobaena veneta</i>) on lead bioaccessibility and soil functioning
Opis	SLO	Remedirana tla so izpostavljena različnim okoljskih dejavnikov, ki lahko v daljšem časovnem obdobju vplivajo na končni uspeh remediacije. V tej raziskavi smo ocenili biodostopnost Pb in mikrobnost aktivnost v industrijsko onesnaženih tleh iz Podkloštra (Arnoldstein, Avstrija), ki so bila stabilizirana s 5% Slovakita in 5% apatita in izpostavljena dvema vrstama deževnikov (<i>Lumbricus terrestris</i> in <i>Dendrobaena veneta</i>), kot modelnima organizmoma za simulacijo okoljskih biotskih dejavnikov. Stabilizacija je povzročila znižanje biodostopnosti Pb in izboljšala funkcionalnost tal, kot je pokazala znižana β -glukozidazna aktivnost v tleh. Obe vrsti deževnikov sta s svojo aktivnostjo zvišali biodostopnost Pb in s tem zmanjšala začetno učinkovitost stabilizacije. Med obema vrstama smo opazili različen vpliv na tla, kar lahko pripišemo vrstno specifičnim mikrobnim populacijam v črevesju deževnikov, ki vplivajo na zaužita tla
	ANG	Remediation soil is exposed to various environmental factors over time that can affect the final success of the operation. In the present study, we assessed Pb bioaccessibility and microbial activity in industrially polluted soil (Arnoldstein, Austria) stabilized with 5% (w/w) of Slovakite and 5% (w/w) of apatite soil after exposure to two earthworm species, <i>Lumbricus terrestris</i> and <i>Dendrobaena veneta</i> , used as model environmental biotic soil factors. Stabilization resulted in reduced Pb bioaccessibility, as assessed with one-step extraction tests and six-step sequential extraction, and improved soil functioning, mirrored in reduced β -glucosidase activity in soil. Both earthworm species increased Pb bioaccessibility, thus decreasing the initial stabilization efficacy and indicating the importance of considering the long-term fate of remediated soil. The earthworm species had different effects on soil enzyme activity, which can be attributed to species-specific microbial populations in earthworm gut acting on the ingested soil.
Objavljeno v		Pergamon Press.; Chemosphere; 2013; Vol. 91, Issue 1; str. 1-6; Impact Factor: 3.206; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.978; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Tica Dragana, Udovič Metka,

	Leštan Domen
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

Družbeno-ekonomski dosežek																							
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>6816121</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Vpliv spiranja s kovinami onesnaženih tal s kelatnim ligandom (EDTA) in kislino (HCl) na talne lastnosti in funkcionalnost</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>The impact of metal polluted soil leaching with a chelating agent (EDTA) and an acid (HCl) on soil characteristics and functionality</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Primerjali smo vpliv dveh metod spiranja onesnaženih tal, in sicer z uporabo EDTA in z uporabo HCl, na talne lastnosti in biološko aktivnost v tleh. Predstavitev je bila nagrajena s strani Swiss National Science Foundation.</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>We compared the effect of two leaching agents, EDTA and HCL, on the properties of soil and on the biological activity in soil. The presentation was awarded by the Swiss National Science Foundation.</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">E.02 Mednarodne nagrade</td> </tr> <tr> <td>Objavljeno v</td> <td colspan="2">ETH; Abstracts; 2011; Str. 95; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Leštan Domen</td> </tr> <tr> <td>Tipologija</td> <td colspan="2">1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci</td> </tr> </table>	COBISS ID	6816121	Vir: COBISS.SI	Naslov	<i>SLO</i>	Vpliv spiranja s kovinami onesnaženih tal s kelatnim ligandom (EDTA) in kislino (HCl) na talne lastnosti in funkcionalnost	<i>ANG</i>	The impact of metal polluted soil leaching with a chelating agent (EDTA) and an acid (HCl) on soil characteristics and functionality	Opis	<i>SLO</i>	Primerjali smo vpliv dveh metod spiranja onesnaženih tal, in sicer z uporabo EDTA in z uporabo HCl, na talne lastnosti in biološko aktivnost v tleh. Predstavitev je bila nagrajena s strani Swiss National Science Foundation.	<i>ANG</i>	We compared the effect of two leaching agents, EDTA and HCL, on the properties of soil and on the biological activity in soil. The presentation was awarded by the Swiss National Science Foundation.	Šifra	E.02 Mednarodne nagrade		Objavljeno v	ETH; Abstracts; 2011; Str. 95; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Leštan Domen		Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
COBISS ID	6816121	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	<i>SLO</i>	Vpliv spiranja s kovinami onesnaženih tal s kelatnim ligandom (EDTA) in kislino (HCl) na talne lastnosti in funkcionalnost																					
	<i>ANG</i>	The impact of metal polluted soil leaching with a chelating agent (EDTA) and an acid (HCl) on soil characteristics and functionality																					
Opis	<i>SLO</i>	Primerjali smo vpliv dveh metod spiranja onesnaženih tal, in sicer z uporabo EDTA in z uporabo HCl, na talne lastnosti in biološko aktivnost v tleh. Predstavitev je bila nagrajena s strani Swiss National Science Foundation.																					
	<i>ANG</i>	We compared the effect of two leaching agents, EDTA and HCL, on the properties of soil and on the biological activity in soil. The presentation was awarded by the Swiss National Science Foundation.																					
Šifra	E.02 Mednarodne nagrade																						
Objavljeno v	ETH; Abstracts; 2011; Str. 95; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Leštan Domen																						
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci																						
2.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>7222393</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Vpliv dveh vrst deževnikov na biodostopnost Pb, Zn, Cd in Cu ter na mikrobnost aktivnost v tleh po remediaciji s stabilizacijo</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>The effect of two earthworm species on Pb, Zn, Cd and Cu bioaccessibility and microbial activity in soil after its remediation with stabilization</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Raziskali smo vpliv biotskih okoljskih dejavnikov na onesnažena tla, ki smo jih predhodno remedirali z metodo stabilizacije.</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>We studied the effect of biotic environmental factors on the fate of soil remediated with stabilization</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci</td> </tr> <tr> <td>Objavljeno v</td> <td colspan="2">Università degli studi di Bari Aldo Moro]; Eurosoil 2012; 2012; Str. S12.06-P-24; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Tica Dragana, Leštan Domen</td> </tr> <tr> <td>Tipologija</td> <td colspan="2">1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci</td> </tr> </table>	COBISS ID	7222393	Vir: COBISS.SI	Naslov	<i>SLO</i>	Vpliv dveh vrst deževnikov na biodostopnost Pb, Zn, Cd in Cu ter na mikrobnost aktivnost v tleh po remediaciji s stabilizacijo	<i>ANG</i>	The effect of two earthworm species on Pb, Zn, Cd and Cu bioaccessibility and microbial activity in soil after its remediation with stabilization	Opis	<i>SLO</i>	Raziskali smo vpliv biotskih okoljskih dejavnikov na onesnažena tla, ki smo jih predhodno remedirali z metodo stabilizacije.	<i>ANG</i>	We studied the effect of biotic environmental factors on the fate of soil remediated with stabilization	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		Objavljeno v	Università degli studi di Bari Aldo Moro]; Eurosoil 2012; 2012; Str. S12.06-P-24; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Tica Dragana, Leštan Domen		Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
COBISS ID	7222393	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	<i>SLO</i>	Vpliv dveh vrst deževnikov na biodostopnost Pb, Zn, Cd in Cu ter na mikrobnost aktivnost v tleh po remediaciji s stabilizacijo																					
	<i>ANG</i>	The effect of two earthworm species on Pb, Zn, Cd and Cu bioaccessibility and microbial activity in soil after its remediation with stabilization																					
Opis	<i>SLO</i>	Raziskali smo vpliv biotskih okoljskih dejavnikov na onesnažena tla, ki smo jih predhodno remedirali z metodo stabilizacije.																					
	<i>ANG</i>	We studied the effect of biotic environmental factors on the fate of soil remediated with stabilization																					
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci																						
Objavljeno v	Università degli studi di Bari Aldo Moro]; Eurosoil 2012; 2012; Str. S12.06-P-24; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Tica Dragana, Leštan Domen																						
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci																						
3.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>6731641</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Vpliv stabilizacije na biološko funkcionalnost industrijsko onesnaženih tal</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>The effect of stabilization amendments on the functional recovery of industrially polluted soil</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Raziskali smo vpliv remediacije s stabilizacijo na funkcionalnost onesnaženih tal.</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>We studied the effect of stabilization remediation on the functionality of polluted soil</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci</td> </tr> <tr> <td>Objavljeno v</td> <td colspan="2">University of Florence; ICOBTE 2011; 2011; Str. [1-2]; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Tica Dragana, Leštan Domen</td> </tr> <tr> <td>Tipologija</td> <td colspan="2">1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci</td> </tr> </table>	COBISS ID	6731641	Vir: COBISS.SI	Naslov	<i>SLO</i>	Vpliv stabilizacije na biološko funkcionalnost industrijsko onesnaženih tal	<i>ANG</i>	The effect of stabilization amendments on the functional recovery of industrially polluted soil	Opis	<i>SLO</i>	Raziskali smo vpliv remediacije s stabilizacijo na funkcionalnost onesnaženih tal.	<i>ANG</i>	We studied the effect of stabilization remediation on the functionality of polluted soil	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		Objavljeno v	University of Florence; ICOBTE 2011; 2011; Str. [1-2]; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Tica Dragana, Leštan Domen		Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS ID	6731641	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	<i>SLO</i>	Vpliv stabilizacije na biološko funkcionalnost industrijsko onesnaženih tal																					
	<i>ANG</i>	The effect of stabilization amendments on the functional recovery of industrially polluted soil																					
Opis	<i>SLO</i>	Raziskali smo vpliv remediacije s stabilizacijo na funkcionalnost onesnaženih tal.																					
	<i>ANG</i>	We studied the effect of stabilization remediation on the functionality of polluted soil																					
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci																						
Objavljeno v	University of Florence; ICOBTE 2011; 2011; Str. [1-2]; Avtorji / Authors: Udovič Metka, Tica Dragana, Leštan Domen																						
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci																						

4.	COBISS ID	6732409	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	The influence of compost addition on lead and arsenic bioavailability in a reclaimed old orchard	
	ANG	Vpliv dodajanja komposta na biodostopnost Pb in As v onesnaženih tleh sadovnjaka	
Opis	SLO	Raziskali smo vpliv komposta na biodosegljivost Pb in As v onesnaženih tleh sadovnjaka. Uporabili smo bioakumulacijski test z enakonožnimi raki vrste <i>Porcellio scaber</i>	
	ANG	We studied the effect of compost addition on the bioavailability of Pb and As in polluted orchard soil. The bioavailability was assessed with the bioaccumulation test with <i>Porcellio scaber</i> .	
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Udovič Metka, McBride Murray B.		
Tipologija	3.15	Prispevek na konferenci brez natisa	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Med septembrom 2010 in februarjem 2011 sem v okviru Fulbrightovega programa Visiting Scholar v organizaciji vlade ZDA svojo raziskovalno dejavnost izvajala na Cornell University, Ithaca (NY) v skupini Prof. MB McBride-a. Sodelovanje sem po izteku tega obdobja z gostiteljsko ustanovo ohranila. V okviru izobraževanja v tujini je vodja projekta Metka Udovič 3.2.2011 predstavila svoje delo na Cornell University, College of Agriculture and Life Sciences, Department of Crop and Soil Sciences v okviru rednih seminarjev. Naslov predavanja je From soil pollution to soil remediation – What lies in between? Za leti 2012 in 2013 je bil v okviru Javnega razpisa za sofinanciranje znanstvenoraziskovalnega sodelovanja med Republiko Slovenijo in Združenimi državami Amerike odobreno predlagano sodelovanje z raziskovalno skupino Prof. M. B. McBride-a na Cornell University, s katerim sem vzpostavila stik v okviru Fulbrightove štípendije.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Raziskave v okviru projekta, ki je predmet tega poročila, se ukvarjajo s tematiko, ki je v svetu še neraziskana lai pa zelo slabo poznana. Dosedanje raziskave onesnaženosti tal in njihove remediacije se namreč niso ukvarjale z usodo remediranih tal, ko le-te vrnemo v okolje. Študije v okviru projekta predstavljajo inovativen in celosten pristop k obravnavanju problematikek onesnaženih tal, in sicer od začetne ocene onesnaženosti do končnega monitoringa uspešnosti remediacije v času. Zelo pomembna lastnost teka pristopa je vključevanje indikatorskih organizmov v študije ter upoštevanje učinka remediacijskih posegov na kakovost in funkcionalnost tal. Dosedanje ugotovitve potrjujejo potrebo po takem pristopu, saj rezultati jasno kažejo na pomanjkljivost dosedanjih pristopov pri oceni onesnaženja in uspešnosti remediacije ter pomen pravilne izbire remediacijskega postopka za ohranjanje funkcionalnosti tal.

ANG

The topics of the project research is still poorly understood and new. So far the soil remediation studies have neglected the fate of the remediated soil afetr its re-introduction in the environment. The resarch design proposed in this project is a novel holistic approach to the problematic of polluted soils, from the assessment of soil pollution to the monitoring of the fate of remediated soil in time. One of the most important characteristics of this approach is the use of soil organisms for soil pollution assessment and for the assessment of the effectivity of soil remediation. Moreover, the most appropriate remediation approach is choosen on basis of its impact on soil quality and functionality. So far the results showed the need for a similar

approach, since they clearly indicate that the approach used so far (based on chemical extractions solely) does not provide enough informations on the impact of the remediation on soil functionality and can lead to erroneous assessments of the remediation efficiency.

10.2.Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

V Sloveniji je onesnaženje tal lokalizirano, zato je remediacija takih območij izvedljiva s posegi, pri katerih se natančneje upoštevajo lastnosti tal, njihova namembnost in tveganje, ki ga ta tla predstavljajo za okolje. Rezultati dosedanjih raziskav so pomembna osnova za izdelavo načrta sanacij območij, kot so npr. Mežiška dolina, Litija, Jesenice itd., ob upoštevanju kakovosti tal in njihove nadaljne rabe. Tla, ki jih obravnavamo s takim pristopom, so ob koncu remediacije bolj kakovostna v smislu potenciala pridelovanja rastlin, predstavljajo manjše tveganje za okolje in za ljudi ter so predmet monitoringa tudi po njihovi vrnitvi v naravo. V okviru projekta smo povezali raziskovalno delo skupine z evropsko skupino BARGE, ki razvija test biodosegljivosti onesnažil v tleh, ki se bo vključil v zakonodajo EU. Sodelovanje je za Slovenijo izjemnega pomena, saj na ta način neposredno prispevamo k izboljšanju EU zakonodaje na področju varstva tal.

ANG

The contaminated sites in Slovenia are localized and can be therefore remediated with more controlled systems in an optimized approach. The results presented here are the basic tools for a holistic approach to soil remediation. The possibility of re-using polluted soil for vegetable and crop production is of cultural and social importance in areas such as Mežica Valley. The remediation approach we are optimizing in this project will decrease the environmental risk posed by the polluted soil, but also improve the quality of the soil, allowing thus people to safely grow plants for their consumption. The research group established a connection with the European research group BARGE, which is developing a bioaccessibility test for the new EU legislation on soil contamination. This collaboration is extremely important for Slovenia, as we are directly involved in the build-up of the EU legislation on soil protection.

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Osnačite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

13. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	Sofinancer			
1.	Naziv			
	Naslov			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.		
		2.		
		3.		
		4.		
		5.		
	Komentar			
	Ocena			

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³**14.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Biotest za določanje biodosegljivosti kovin v tleh

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška
fakulteta

Metka Udovič

ŽIG

Kraj in datum:

Sežana	13.3.2013
--------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/167

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00

4C-5B-07-B6-C4-61-0D-68-1B-FF-63-F3-13-1F-6C-6F-69-75-54-66

BIOTEHNIKA

Področje: 4.03 - Rastlinska produkcija in predelava

Dosežek 1: Biotest za določanje biodosegljivosti kovin v tleh Vira: Udovic, M, McBride, MB. 2012. Influence of compost addition on lead and arsenic bioavailability in reclaimed orchard soil assessed using *Porcellio scaber* bioaccumulation test. *Journal of Hazardous Materials* 205-206, 144-149.

UDOVIČ, Metka, DROBNE, Damjana, LEŠTAN, Domen. An in vivo invertebrate bioassay of Pb, Zn and Cd stabilization in contaminated soil. *Chemosphere (Oxford)*. [Print ed.], 2013, v tisku. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.01.054



Bioakumulacijski test z raki enakonožci je enostavna metoda za hitro določanje biološke dosegljivosti kovin v tleh, saj vključuje tudi časovno in prostorsko komponento ter je zaradi tega pomembna dopolnitev obstoječih kemijskih ekstrakcijskih testov.