

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/214



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

|  |   |
|--|---|
| <b>Šifra projekta</b>                          | L1-4320   |
| <b>Naslov projekta</b>                         | OCENA TVEGANJA ZA RECEPTORSKE ORGANIZME IZ ANTROPOLOŠKO SPREMENJENIH TRAVNIŠKIH IN GOZDNIH HABITATOV  |
| <b>Vodja projekta</b>                          | 12031 Samar Al Sayegh-Petkovšek   |
| <b>Tip projekta</b>                            | L Aplikativni projekt   |
| <b>Obseg raziskovalnih ur</b>                  | 8430  |
| <b>Cenovni razred</b>                          | B   |
| <b>Trajanje projekta</b>                       | 07.2011 - 06.2014   |
| <b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>       | 1007 ERICo Velenje Inštitut za ekološke raziskave d.o.o.  |
| <b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b> | 105 Nacionalni inštitut za biologijo<br>1510 Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče Università del Litorale Centro di ricerche scientifiche |
| <b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>  | 1 NARAVOSLOVJE<br>1.03 Biologija<br>1.03.03 Ekosistemi  |
| <b>Družbeno-ekonomski cilj</b>                 | 02. Okolje  |
| <b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>   | 1 Naravoslovne vede<br>1.06 Biologija   |

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

#### 2. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>1</sup>

SLO

Kovine (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Mo in Zn) in policiklične aromatske ogljikovodike (PAH) smo analizirali v receptorskih organizmih (mali sesalci in ptice pevke) in v njihovih prehranskih

virih (zelišča, listi in plodovi lesnatih vrst, deževniki), vzorčenih v obdobju 2011-2014 v okolici bivše topilnice svinca (Žerjav v Zgornji Mežiški dolini) in največje termoelektrarne v Sloveniji (Veliki Vrh v okolici Termoelektrarne Šoštanj), ob državni cesti Celje-Velenje (kraj Črnova) in na referenčnem območju (Logarska dolina-Polanc). Ocena tveganja za različno onesnažena območja je bila opravljena na podlagi primerjave izpostavljenosti receptorskih organizmov (določene koncentracije kovin v jetrih malih sesalcev in v repnih peresih velike sinice) s kritičnimi koncentracijami, s podatki/rezultati drugih raziskav in z izračunom kvocienta tveganja (HQ). Ugotovljeno je bilo, da Pb in Cd največ prispevata k tveganju za male sesalce in velike sinice z okolice topilnice svinca, medtem ko je tveganje zaradi PAHov za male sesalce, ulovljene ob državni cesti, zanemarljivo.

Tla v okolici bivše topilnice svinca so zelo onesnažena z Pb, Cd, As in Zn in obremenjena z Mo in Hg. Povečane koncentracije kovin v tleh se odražajo v povečanih koncentracijah kovin v zeliščih (Pb, Cd, Zn, Mo) in v deževnikih (Pb, Cd, Zn). Ta prehranska vira sta najpomembnejši vir vnosa Pb in Cd v organizem gozdne voluharice (*Myodes glareolus*), rumenogrole miši (*Apodemus flavicollis*) in velike sinice (*Parus major*) z okolice bivše topilnice svinca. Ugotovitev je bila potrjena z izračunom HQ. Tveganje ( $HQ > 1$ ) je bilo ugotovljeno za gozdno voluharico, ki bi se prehranjevala tudi s koreninami zelišč in za rumenogrole miš ter veliko sinico, ki bi se prehranjevali tudi z deževniki. Nadalje, koncentracije Pb in Cd v jetrih malih sesalcev so bile večje od kritičnih koncentracij v pomembnem deležu vseh ulovljenih osebkov (Pb: 40 % in Cd: 67 %). Določene koncentracije kovin v repnih peresih velike sinice so potrdile, da je območje v okolici topilnice svinca izpostavljeno Pb, Cd in Hg. Določene koncentracije teh treh elementov, izmerjene v repnih peresih 10-dni starih mladičev, so bile statistično značilno večje v primerjavi z referenčnim območjem. Nasprotno so bile določene koncentracije onesnažil v rastlinskih in živalskih vzorcih iz ostalih raziskovalnih območij (okolica največje termoelektrarne v Sloveniji; ob državni cesti) primerljive z referenčnimi vrednostmi in z naravnim ozadjem. Izjema so bile povečane koncentracije Hg v repnih peresih velike sinice in v jetrih gozdne voluharice iz vplivnega območja termoelektrarne (Veliki Vrh). Najmanjše koncentracije so bile določene v vseh tipih vzorcev iz referenčnega območja.

Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko zaključimo, da bivša topilnica svinca oziroma njeni pretekli izpusti kovin, še vedno predstavljajo tveganje za ekosistem tega območja, kljub temu, da topilnica svinca ne obratuje že več kot trideset let.

ANG

The metals (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Mo in Zn) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) were analysed in receptor organisms (small mammals and passerine birds) and their food items (herbaceous plants, leaves and fruits of wood plants, earthworms) collected in the period 2011-2014 in the vicinity of former lead smelter, the largest Slovenian thermal power plant and along a main road and in a control area. The risk assessment of differently polluted areas was performed on the basis of comparisons of exposure levels (metal and PAHs concentrations, determined in liver and tail feathers) of receptor organisms with effect concentrations and literature data from other studies and calculation of Hazard Quotient (HQ). It was found that metals contribute most to the total risk for receptor organisms originating from the most polluted study area (lead smelter), whereas the risk of PAHs for small mammals trapped close to the main road, is insignificant.

The soil in the vicinity of the former smelter was heavily polluted with Pb, Cd, and Zn, and burdened with Mo and Hg. Increased concentrations in soil reflected in increased levels of metals in herbaceous plants (Pb, Cd, Zn, Mo) and in earthworms (Pb, Cd, Zn). These two dietary sources are the most significant route of Pb and Cd exposure for small mammals (*Microtus agrestis*, *Myodes glareolus*, *Apodemus flavicollis*) and passerine bird (*Parus major*). Finding was confirmed with the calculation of HQ, where the risk of Pb and Cd ( $HQ > 1$ ) was determined for *M. glareolus* feeding including roots and for *A. flavicollis* and *P. major* feeding including earthworms. Further on, the mean Pb and Cd concentrations in liver of small mammals species reached effect concentrations in a significant proportion of small mammal specimens (Pb: 40%, Cd: 67%). Additionally, the use of *P. major* confirmed that study area in the vicinity of the former lead smelter is exposed to Pb, Cd and Hg, since concentrations of these elements determined in tail feathers of 10-day-old great tits were significantly higher than reference area. On the contrary, pollutant concentrations in plant and animal samples

from the other study areas (vicinity of the largest Slovenian thermal power plant and along the main road) were comparable with reference and background values. The exceptions are increased Hg concentrations in tail feathers of great tit and in liver of bank vole from the vicinity of the thermal power plant. The smallest levels of pollutants in all types of samples were found at reference location. On the basis of presented results, we can conclude that the former lead smelter still represent threat to the local ecosystem in spite of the closing of the smelter activities more than thirty years ago.

### 3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>2</sup>

V sklopu projekta so bile opravljene naslednje aktivnosti oziroma rezultati:

#### I. PRIPRAVA IN KABINETNO DELO

Opravili smo pregled izbrane literature, izbor raziskovalnih območij, statistično smo analizirali rezultate vsebnosti kovin in PAHov v talnih vzorcih, v perju ptic pevk, v jetrih malih sesalcev in v njihovih prehranskih virih (zelišča, listi in plodovi lesnatih vrst, deževniki). V času izvajanja projekta smo objavili tri znanstvene članke, četrti pa je v postopku recenzije. Pridobljene rezultate smo tudi predstavili na mednarodnih konferencah (glej točki 6 in 7).

#### II. VZORČENJE

Vzorčenje tal smo opravili v jesenskem obdobju 2011 po standardnih metodah in praviloma na dveh globinah (0-6 cm in 6-12 cm). V obdobju 2012 do vključno 2014 smo izpostavili skupaj 25 gnezdilnic in v spomladanskem obdobju vzorčili repna peres mladičev velike sinice, ki so bili stari od 8-12 dni. Deževnike smo vzorčili v maju (Žerjav, Veliki Vrh) in v septembru 2012 (Logarska dolina, Črnova), hkrati smo vzorčili tudi zelišča (korenine + nadzemni del). Mali sesalci (rumenogrla miš, gozdna, travniška, poljska in ilirska voluharica) so bili vzorčeni v juliju in v avgustu 2012. V septembru 2013 in v januarju 2014 smo vzorčili plodove (rdeči bor, brogovita, črni bezeg, dren, javor, mokovec) ter v avgustu 2014 liste istih lesnatih vrst.

#### III. KEMIJSKE ANALIZE IN REZULTATI.

Na podlagi kemijskih analiz talnih vzorcev smo ugotovili, da so tla v Žerjavu nad topilnico svinca onesnažena (prekoračena kritična imisijska vrednost (KIV) (Ur. l. RS, št. 68/1996)) s svincem (Pb), kadmijem (Cd), arzenom (As) in cinkom (Zn) ter obremenjena z molibdenom (Mo) in živim srebrom (Hg) (prekoračena opozorilna imisijska vrednost (OIV)). Gozdna tla z Velikega Vrha (vplivno območje Termoelektrarne Šoštanj) vsebujejo povečane vsebnosti As in Pb (prekoračena OIV) ter Zn in Hg (prekoračena mejna imisijska vrednost (MIV)). Na ostalih raziskovalnih območjih so bile povečane vsebnosti kovin določene v posameznih talnih vzorcih. V talnih vzorcih s Črnove je bila prekoračena MIV za nikelj (Ni), na Velikem Vrhju v travniških tleh pa MIV za Cd. V vseh ostalih talnih vzorcih so bile izmerjene vsebnosti kovin nižje od zakonsko dopustnih in primerljive z referenčnimi vrednostmi za posamezne kovine (Kabata Pendias, 2001). Vsebnosti PAHov in pesticidov v talnih vzorcih z Velikega Vrha, Lendave in Logarske doline (referenčna lokacija) so bile nižje od meje določljivosti analitske metode. Vsebnosti PAHov v talnih vzorcih ob prometnici (5 m oddaljene od cestišča) so na dveh lokacijah (od treh ob cesti) prekoračevale MIV za to onesnažilo, vendar se niso približale OIV. V talnih vzorcih, oddaljenih 25 m od roba cestišča, so bile izmerjene vsebnosti PAHov pod mejo določljivosti analitske metode.

Na izbranih lokacijah za analizo tal smo vzorčili tudi zelišča. Vsebnosti kovin smo primerjali z zakonodajo (Ur. l. RS, št. 101/2006) in z referenčnimi vrednostmi (Kabata Pendias, 2001). Na podlagi izmerjenih kovin v koreninah in v nadzemnem delu v pisani vilovini iz Žerjava in v združenem vzorcu detelj in zelišč z ostalih lokacij ugotavljamo: **(i)** Vsebnosti Pb in Cd so prekoračevale dopustno vsebnost za krmo v koreninah (Pb in Cd: do 189-krat) in nadzemnem delu (Pb: do 8,5-krat; Cd: do 21-krat) pisane vilovine iz Žerjava; v koreninah z istega območja je bila prekoračena tudi dopustna vsebnost za As (do 1,3-krat). V nadzemnem delu pisane vilovine so bile izmerjene vsebnosti Zn, Mo in Ni večje od referenčnih vrednosti. **(ii)** V koreninah z Velikega Vrha so bile prekoračene zakonsko dopustne vsebnosti za Cd, v nadzemnih delih pa so bile vsebnosti kovin praviloma manjše od referenčnih vrednosti iz literature, izjema so Co, Mo in Ni,

kjer so bile izmerjene vsebnosti večje od referenčnih vrednosti. Enako velja za vsebnosti kovin v zeliščih iz Črnove, kjer pa so tudi vsebnosti Cu in Zn (v enem vzorcu) v nadzemnem delu večje od referenčnih. **(iii)** V vseh rastlinskih vzorcih so bile določene večje vsebnosti kovin v koreninah v primerjavi z nadzemnimi deli, izjema je le Cr v vzorcih iz Žerjava. **(iv)** Upošteva se izračunane povprečne BCF (biokoncentracijske) faktorje se je v koreninah praviloma kopičil le Cd (v 64 % analiziranih vzorcev), v nadzemnih delih pa Mo v enakem deležu vzorcev. Ugotovljen vrstni red sposobnosti kopičenja kovin v koreninah oziroma nadzemnih delih zelišč, ugotovljen v naši raziskavi, je naslednji: Cd > Mo, Cr > Ni, Cu > Hg > Zn > Pb > Co > As (korenine) oziroma Mo > Cu > Zn, Cd > Hg > Cr > Ni > As, Co, Pb (nadzemni del). **(v)** Ugotovili smo, da obstaja statistično značilna korelacija med vsebnostjo Pb, Zn, Cd in Hg v tleh in v koreninah; za iste elemente z izjemo Cd, ki ga je nadomestil Co, smo potrdili tudi korelacijo med vsebnostjo v koreninah in v nadzemnim delom. **(v)** V zeliščih iz Črnove, kjer smo v pripadajočih tleh ugotovili prisotnost PAHov, so bile vsebnosti tega onesnažila pod mejo določljivosti analitske metode.

Na podlagi opravljenih kemijskih analiz v plodovih in listih gorskega in ostrolistnega javorja, rdečega dreva, rdečega bora, črnega bezga, ive, mokovca in brogovite podajamo naslednje ugotovitve: **(i)** Največje vsebnosti Pb, Cd, Zn, Cu in Mo so bile določene v plodovih z Žerjava; največje vsebnosti Ni in Hg pa v vzorcih z gozdne ploskve na Velikem Vrhu. **(ii)** Vsebnosti Pb v plodovih dreva, mokovca in javorja z Žerjava so statistično značilno večje od vsebnosti Pb z referenčne lokacije (Logarska dolina). Za rdeči dren je statistično značilna razlika dokazana tudi v primeru Cd, Cr in Mo. Nasprotno so vsebnosti Zn v rdečem drenu s Črnove večje kot v Žerjavu. **(iii)** Vsebnosti Pb in Cd v listih lesnatih vrst iz Žerjava so večje od referenčnih vrednosti iz literature, izjema sta ostrolistni javor in mokovec. Hkrati so povprečne vsebnosti Pb, Cd in Mo v listih iz okolice Žerjava statistično značilno večje od določenih na referenčni lokaciji. **(iv)** Največje vsebnosti Pb, Cd in Zn so bile izmerjene v listih ive, za katero je značilno, da učinkovito sprejema kovine in še posebej Cd (Dickinson in Pulford, 2005; Unterbrunner in sod., 2007). **(v)** Vsebnosti Pb, Cd in Zn v listih ive iz okolice topilnice svinca so primerljive s toksičnimi koncentracijami (Kabata-Pendias, 2001).

Na podlagi določenih vsebnosti kovin v deževnikih (združen vzorec deževnikov do globine 25 cm) in v pripadajočih tleh ter primerjave z različnimi evropskimi raziskavami, podajamo naslednje ugotovitve: **(i)** Največje vsebnosti kovin so bile določene v deževnikih iz najbolj onesnaženega območja (Žerjav), najmanjše pa praviloma v deževnikih z referenčne lokacije (Logarska dolina). V deževnikih iz Žerjava smo izmerili vsebnosti Pb, ki presegajo do sedaj poznane vsebnosti v evropskem prostoru. Vsebnosti Zn v deževnikih, iz istega raziskovalnega območja, so bile primerljive z največjimi poznanimi literaturnimi vrednostmi. Slednje kaže na veliko obremenjenost območja Žerjava s Pb in Zn. Vsebnosti Cu in Cd v deževnikih iz Žerjava so primerljive z onesnaženimi območji, vendar ne dosegajo maksimalnih vrednosti, določenih v drugih evropskih raziskavah. **(ii)** V vseh analiziranih deževnikih so se kopičili Cd, Hg in Zn. BCF faktorji za omenjene kovine so se nahajali med 1,18 – 29,2 (Cd), 1,68 – 21,0 (Hg) in med 1,10 – 5,57 (Zn). V deževnikih iz Žerjava so se kopičile tudi vse ostale analizirane kovine, v deževnikih iz ostalih raziskovalnih območij pa Pb, As in Co v posamičnih primerih oziroma lokacijah. Če upoštevamo povprečja vseh izračunanih BCF je vrstni red sposobnosti kopičenja kovin v deževnike, ugotovljen v naši raziskavi, naslednji: Cd > Hg > Zn > Co > Cu > As, Pb, Cr, Mo > Ni. **(iii)** Deževniki so primerni pokazatelji onesnaženosti tal s Zn, Cd, Cu, Pb, Hg in Mo, saj smo ugotovili, da obstaja statistično značilna korelacija med vsebnostjo zgoraj omenjenih kovin v tleh in v deževnikih. Še zlasti močna je korelacija za Zn ( $R = 0,90$  in  $p = 0,0002$ ), ki ga učinkovito akumulirajo v svojih tkivih. **(iv)** Vsebnosti Pb in Zn, izmerjene v tleh nad območjem topilnice svinca (Žerjav) so tako velike, da lahko vplivajo na rast, razmnoževanje in preživetje deževnikov, vsebnosti Cd pa lahko vplivajo na njihovo rast. Izmerjene vsebnosti kovin v tleh ostalih raziskovalnih območjih ne vplivajo na deževnike (Hobbelen in sod., 2004). **(v)** Določene vsebnosti PAHov v deževnikih, vzorčenih v neposredni bližini prometnice, se nahajajo med 0,14 mg/kg in 0,37 mg/kg in so nižje od izmerjenih v onesnaženih poplavnih tleh (Hamers in sod., 2006). **(vi)** Deževniki so lahko vir vnosa kovin in v manjši meri tudi PAHov v višje člene prehranjevalnih verig, še zlasti to velja za Cd, Hg in Zn, ki jih biokumulirajo v svojih tkivih.

V vzorcih repnih peres ptic pevk smo največje povprečne koncentracije Pb in Cd določili v Žerjavu, največje Hg pa v repnih peresih velike sinice z Velikega Vrha (6-krat večje od referenčnih;  $p = 0,021$ ). Povprečne koncentracije Pb, Cd in Hg iz Žerjava so bile 12-krat (Pb:  $p = 0,036$ ), 34-krat (Cd) in 3,5-krat (Hg:  $p = 0,036$ ) večje od referenčnih. Vsebnosti Pb in Hg v analiziranem perju ptic pevk iz Žerjava so večje v primerjavi industrijski območji (Dauwe in sod., 2004; Costa in sod., 2013) in primerljive z onesnaženim območjem v okolici metalurške tovarne (Costa in sod., 2013). Pridobljeni rezultati dokazujejo, da je okolica topilnice svinca izpostavljena Pb, Cd in Hg, območje Velikega Vrha (okolica termoelektrane) pa Hg, kar je odraz povečanih koncentracij Hg v gozdnih tleh tega raziskovalnega območja.

Na podlagi opravljenih kemijskih analiz kovin in PAHov v jetrih malih sesalcev podajamo naslednje ugotovitve: **(i)** V jetrih malih sesalcev smo določili vsebnosti Pb, Cd, Zn, Cu, Mo in Hg, medtem ko so bile vsebnosti Ni, Co, Cr in As v vseh vzorcih pod mejo določljivosti analitske metode. **(ii)** Največje vsebnosti Pb, Cd in Zn so bile določene v jetrih malih sesalcev, vzorčenih nad topilnico svinca (Žerjav). Izmerjene vsebnosti Pb so prekoračevale kritično vrednost za jetra malih sesalcev (Ma, 1996) v 40 % vseh analiziranih vzorcih s tega območja. Vsebnosti Cd so prekoračevale zgornjo mejo intervala kritičnih koncentracij (Wijnhoven in sod., 2008) v 67 % vzorcev. V jetrih vseh (z izjemo ene) gozdnih voluharic so vsebnosti Cd tako velike, da lahko pričakujemo poškodbe jeter (Sanches-Chardi in Nadal, 2007). Vsebnosti Zn, Cu in Mo iz Žerjava so primerljive z referenčnimi območji. **(iii)** Vsebnosti vseh kovin v jetrih malih sesalcev iz ostalih raziskovalnih območij ne dosegajo kritičnih vrednosti in so primerljive z referenčnimi vrednostmi. **(iv)** Rumenogrla miši in gozdna voluharica sta primerna bioindikatorja onesnaženosti okolja s kovinami. Vsebnosti Pb, Cd, Zn v jetrih malih sesalcev odražajo obremenjenost okolja (tal) posameznih raziskovalnih območjih z omenjenimi kovinami (Žerjav > Veliki Vrh in Črnova > Logarska dolina), praviloma so razlike med Žerjavom in Logarsko dolino statistično značilne. **(vi)** V jetrih poljske voluharice in rumenogrla miši, ki smo jih ulovili v bližini prometnice, smo določili PAHe.

#### IV. IZDELAVA OCENA TVEGANJA

Kvocient tveganja (HQ) za gozdno voluharico, rumenogrla miš in veliko sinico z območja Žerjava so bili izračunani na podlagi določenih vsebnosti Pb in Cd v prehranskih virih, upošteva različno prehransko strategijo. Tveganje zaradi vnosa Pb ( $HQ > 1$ ) smo ugotovili za gozdno voluharico, če se prehranjuje s koreninami (vsaj 40 % delež v skupni prehrani), za rumenogrla miš ter za veliko sinico, če se prehranjujeta tudi z deževniki (rumenogrla miš: 10 % delež; velika sinica: 1 % delež). Izračunano tveganje zaradi vnosa Cd je nekoliko manjše za vse tri vrste. Tako na podlagi določenih koncentracij v receptorskih organizmih kot tudi izračunanega HQ, smo ugotovili, da obstaja tveganje za organizme iz okolice bivše topilnice svinca. Seveda je pri ocenjevanju tveganja treba tudi upoštevati, da ima lahko skupen vpliv obeh kovin negativen učinek za organizem ne glede nato, da so bile izmerjene koncentracije posameznih kovin v jetrih malih sesalcev manjše od kritičnih (Tete in sod., 2014).

#### 4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>

Z izvedbo projekta smo v celoti realizirali cilje in program:

- Potrdili smo uporabnost izbranih receptorskih organizmov kot bioindikatorjev onesnaženosti okolja in za oceno tveganja zaradi prehoda onesnažil v njihove prehranjevalne verige. Za rumenogrla miš, gozdno voluharico in deževnike smo slednje objavili v znanstvenih revijah (»Deževniki kot pokazatelji onesnaženosti tal« v znanstveni reviji *Acta Silvae et Ligni 101* (2013) in članek »Small mammals as biomonitors of metal pollution: a case study in Slovenia« v znanstveni reviji *Environmental Monitoring and Assessment* (2014)).
- Pridobili smo relevantne informacije o onesnaženosti okolja v okolici bivše topilnice svinca (Žerjav v Zgornji Mežiški dolini), v okolici Termoelektrane Šoštanj (Veliki Vrh), ob državni cesti Velenje-Celje (Črnova). Ugotovili smo, da onesnaženost tal v okolici bivše topilnice

svinca še vedno predstavlja tveganje za okolje. V zgornjem sloju tal (0-6 cm) so bile prekoračene kritične vrednosti za Pb (29-krat), Cd (6-krat), Zn in As (2-krat). Povečane vsebnosti kovin v tleh so se odražale v povečanih koncentracijah teh kovin (z izjemo As, ki smo ga praviloma izmerili pod mejo določljivosti analitske metode) v rastlinskih in živalskih tkivih. Največje tveganje predstavljajo kovine (Pb, Cd) v okolici topilnice svinca, kar smo dokazali s primerjavo s kritičnimi koncentracijami iz literature in z izračunom kvocienta tveganja. Tveganje zaradi PAH ob državni cesti (5 m od roba ceste) je zanemarljivo. Ocene tveganja za izbrana raziskovalna območja smo predstavili v znanstvenem članku: »Risk assessment and PAHs for receptor organisms in differently polluted areas in Slovenia«, ki je v postopku recenzije.

- Potrdili smo hipotezo, da so onesnažena tla vir vnosa onesnažil v rastlinska in živalska tkiva. Potrdili smo soodvisnost med kovinami v tleh in v rastlinah, ki tla preraščajo oz. v živalih, ki jim tla predstavljajo življenjsko okolje (deževniki).
- Izdelati smo modelni pristop, ki bo omogočil oceno tveganja za organizme v kopenskih ekosistemih.
- Prispevali smo k izvajanju okoljske politike sofinancerja raziskave (Termoelektrarna Šoštanj), ki zahteva oceno tveganja onesnaženja za organizme;
- Nadgraditi smo dosedanje vedenje o potencialno onesnaženih okoljih (okolica velikih emisijskih virov, ob prometnicah) v Sloveniji, ki se prvenstveno navezuje na podatke o onesnaženosti tal, in ga konkretizirali s pridobitvijo podatkov o tveganju, ki ga onesnažila v tleh predstavljajo za organizme (mali sesalci, ptice pevke, deževniki), katerih življenjsko okolje predstavljajo ta območja.
- Pridobljene rezultate smo predstavili na strokovnih in znanstvenih srečanjih (6. mednarodni simpozij o rastlinski biologiji z mednarodno udeležbo, Maribor, 2014; 3. mednarodna konferenca »Energy technology and Climate Change«, Velenje, 2013; 5. slovenski posvet z mednarodno udeležbo o upravljanju z divjadjo: mala divjad, Velenje, 2013) ter v obliki znanstvenih člankov (glej zgoraj).

#### 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>4</sup>

V obdobju izvajanja projekta ni prišlo do sprememb.

#### 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>5</sup>

| Znanstveni dosežek |           |  |  |
|--------------------|-----------|--|--|
| 1.                 | COBISS ID | 1160406  | Vir: COBISS.SI   |
|                    | Naslov    | SLO  | Mali sesalci kot pokazatelji onesnaženosti okolja s kovinami |
|                    |           | ANG  | Small mammals as biomonitors of metal pollution              |
| Opis               | SLO       | Raziskali smo transport svinca, kadmija, cinka, živega srebra, bakra in molibdena iz tal v jetra malih sesalcev iz različno onesnaženih območij v Sloveniji. Pb, Cd, Zn, Hg, Cu in Mo smo določili v talnih vzorcih in v 139 osebkih 5 vrst malih sesalcev, ki smo jih ujeli v letu 2012 v okolici bivše topilnice svinca, največja termoelektrarne objekta v Sloveniji, ob državni cesti in na referenčnem območju. Območje v okolici bivše topilnice svinca se bistveno/pomembno razlikuje od ostalih raziskovalnih območij. Tla tega območja so močno onesnažena z Pb in Cd. Povprečne koncentracije kovin v jetrih, neodvisno od vrste, se nahajajo med 7.40 mg/kg fw (Pb), 0.27-135 mg/kg fw (Cd) in dosežajo kritične koncentracije pri katerih lahko pričakujemo toksične učinke, v znatnih deležih (Pb: 40%, Cd: 67%). Na podlagi teh rezultatov ugotavljamo, da za večino malih sesalcev življenje v okolici topilnice svinca, pomeni tveganje zaradi velikega kopičenja Pb and Cd v njihovih organizmih. Nasprotno, Pb in Cd koncentracije v jetrih malih sesalcev iz okolice termoelektrarne in ob državni cesti primerljive z referenčnimi vrednostmi in znatni nižje od |  |

|    |              |   |
|----|--------------|---|
|    |              | kritičnih koncentracij. Vzporedno smo ugotovili, da sta rumenogrla miš ( <i>Apodemus flavicollis</i> ) in gozdna voluharica ( <i>Myodes glareolus</i> ), dobra pokazateljca onesnaženosti okolja s kovinami.  |
|    | ANG          | The transfer of lead, cadmium, zinc, mercury, copper and molybdenum from soil to the liver of small mammals inhabiting differently polluted areas in Slovenia was investigated. Pb, Cd, Zn, Hg, Cu, and Mo were determined in soil samples and in 139 individuals of five small mammal species, collected in 2012 in the vicinity of a former lead smelter, the largest Slovenian thermal power plant, along a main road and in a control area. The area in the vicinity of former lead smelter significantly differs from other study areas. The soil from that area is heavily polluted with Pb and Cd. The mean metal concentrations in liver, irrespective of species, varied in the following ranges: Pb: 0.40-7.40 mg/kg fw, Cd: 0.27-135 mg/kg fw and reached effect concentrations at which toxic effects can be expected in a significant proportion of the livers of the small mammal specimens (Pb: 40%, Cd: 67%). These findings indicate that the majority of small mammals trapped in the area of the former lead smelter are at risk of toxic effects due to the very high bioaccumulation of Pb and Cd in the organism. On the contrary, Pd and Cd concentrations in livers of small mammals sampled in the vicinity of the thermal power plant and along the main road were comparable with reference values and considerably lower than effect concentrations. Additionally, the study suggests that <i>Apodemus flavicollis</i> and <i>Myodes glareolus</i> are very suitable biomonitors of metal pollution.  |
|    | Objavljeno v | Reidel; Environmental monitoring and assessment; 2014; Vol. 186, iss. 7; str. 4261-4274; Impact Factor: 1.679; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.143; WoS: JA; Avtorji / Authors: Al Sayegh-Petkovšek Samar, Kopušar Nataša, Kryštufek Boris   |
|    | Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek  |
| 2. | COBISS ID    | 1142486 Vir: COBISS.SI  |
|    | Naslov       | SLO Svinec in kadmij v trosnjakih gliv iz okolice dveh točkovnih virov emisij v Sloveniji   |
|    |              | ANG Lead and cadmium in mushrooms from the vicinity of two large emission sources in Slovenia   |
|    | Opis         | SLO Članek obravnava kroženje svinca in kadmija v dveh raziskovalnih območjih (Zgornja Mežiška dolina, Žerjav; Veliki Vrh v okolici Termoelektrarne Šoštanj), ki smo jih obravnavali v sklopu pričujočega raziskovalnega projekta. Predstavljena raziskava predstavlja novost v slovenskem prostoru, saj je prva raziskava vsebnosti kovin v trosnjakih višjih gliv v okolici velikih točkovnih virov emisij. Vsebnosti Cd in Pb so bile določene v 699 vzorcih trosnjakov gliv 55 različnih vrst gliv, ki so bile vzorčene obdobju 2000-2007 v okolici največjega termoenergetskega objekta v Sloveniji (Šaleška dolina) in bivše topilnice svinca (Zgornja Mežiška dolina). Med 55 analiziranimi vrstami gliv je 36 vrst užitnih. Vsebnosti kovin v užitnih vrstah so pomembne z ekotoksikološkega vidika, ostale vrste gliv pa z bioindikativnega vidika, saj omogočajo primerjavo naših rezultatov z ostalimi onesnaženimi območji v Evropi. Največje vsebnosti Cd so bile izmerjene v vrstah <i>Agaricus arvensis</i> (117 mg/kg suhe teže) in <i>Agaricus silvicola</i> (67,9 mg/kg suhe teže), medtem ko so bile največje vsebnosti svinca izmerjene v vrstah <i>Macrolepiota procera</i> (53,8 mg/kg suhe teže) in <i>Lycoperdon perlatum</i> (50 mg/kg suhe teže). Upošteva je visoke vsebnosti obeh elementov v užitnih glivah in FAO/WHO standarde o dovoljenem vnosu Pb/Cd v telo, je razvidno, da prehranjevanje z nekaterimi vrstami gliv iz obeh območij raziskovanja lahko pomeni tveganje. Z vrstami gliv <i>Agaricus arvensis</i> , <i>Agaricus silvicola</i> in <i>Cortinarius caperatus</i> (iz Šaleške doline, in vrstami <i>Armillaria mellea</i> , <i>Boletus edulis</i> , <i>Lycoperdon perlatum</i> , <i>Leccinum versipelle</i> in <i>Macrolepiota procera</i> iz Zgornje Mežiške doline se |

|    |              |   |
|----|--------------|---|
|    |              | naj ne bi prehranjevali. Ugotovitve so skladne z drugimi raziskavami, kjer je bilo ugotovljeno, da trosnjaki gliv iz zelo onesnaženih območij (topilnice svinca) akumulirajo zelo velike vsebnosti kovin in jih zato ni priporočljivo uživati.  |
|    | ANG          | Cd and Pb contents were determined in 699 samples of fruiting bodies of 55 mushrooms species, collected in the period 2000-2007 in the vicinity of the largest Slovenian thermal power plant (the Šalek Valley) and near an abandoned lead smelter (the Upper Meža Valley). The present study is the first regarding lead and cadmium in mushrooms from those exposed areas. Therefore, there was a significant lack of prior data. Among 55 studied mushroom species 36 species are edible and important from an ecotoxicological perspective. However, the remaining non-edible species are important for bioindication and allowed us to compare our results with other studies carried out in other polluted areas in Europe. The highest contents of Cd were found in <i>Agaricus arvensis</i> (117 mg/kg dw) and <i>Agaricus silvicola</i> (67.9 mg/kg dw), while the highest contents of Pb were found in <i>Macrolepiota procera</i> (53.8 mg/kg dw) and <i>Lycoperdon perlatum</i> (50 mg/kg dw), respectively. Considering the high contents of both metals in fruiting bodies of edible fungi, together with FAO/WHO directives on tolerable levels of weekly intake of Pb/Cd by humans, it is evident that consumption of some mushroom species originating from both study areas may pose a significant human health risk. <i>Agaricus arvensis</i> , <i>Agaricus silvicola</i> and <i>Cortinarius caperatus</i> originating from the Šalek Valley, and <i>Armillaria mellea</i> , <i>Boletus edulis</i> , <i>Lycoperdon perlatum</i> , <i>Leccinum versipelle</i> , and <i>Macrolepiota procera</i> originating from the Upper Meža Valley should not be consumed at all. Our findings are consistent with some other studies, which emphasized that mushrooms from heavily polluted areas, such as in the vicinity of smelters, accumulate extremely high amounts of metals, and should therefore be omitted from human consumption. |
|    | Objavljeno v | Elsevier; Science of the total environment; 2013; Vol. 443; str. 944-954; Impact Factor: 3.163; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.143; A': 1; WoS: JA; Avtorji / Authors: Al Sayegh-Petkovšek Samar, Pokorny Boštjan   |
|    | Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek  |
| 3. | COBISS ID    | 3746726   Vir: COBISS.SI  |
|    | Naslov       | SLO Deževniki kot kazalniki onesnaženosti tal<br>ANG Earthworms as bioindicator organism of soil pollution  |
|    | Opis         | SLO Na raziskovalnih območjih v neposredni bližini nekdanje topilnice svinca (Zgornja Mežiška dolina, Žerjav), največjega termoenergetskega objekta v Sloveniji (Šaleška dolina, Veliki Vrh), ob regijski cesti Velenje - Celje (Črnova) in na referenčni lokaciji (Logarska dolina, Polanc) smo v talnih vzorcih in v deževnikih določali vsebnosti kovin z namenom raziskati prehod kovin iz tal v deževnike in oceniti njihov bioindikacijski potencial. Na podlagi predstavljenih rezultatov je razvidno, da: (i) so bile največje vsebnosti kovin v deževnikih iz najbolj onesnaženega območja (Žerjav), najmanjše pa praviloma v deževnikih z referenčne lokacije (Logarska dolina); (ii) so se v deževnikih, vzorčenih na vseh lokacijah, kopičili Cd, Hg in Zn, katerih BCF-faktorji so nihali med 1,18 - 29,2 (Cd), 1,68 - 21,0 (Hg) in med 1,10 - 5,57 (Zn); (iii) so deževniki dobri kazalniki onesnaženosti tal s Zn, Cd, Cu, Pb, Hg in Mo, saj smo dokazali, da obstaja statistično značilna soodvisnost med vsebnostjo navedenih kovin v tleh in v deževnikih.<br>The metal levels were determined in soil samples in earthworms collected in the vicinity of the abandoned lead smelter (the Upper Meža Valley, Žerjav) and the largest thermal power plant in Slovenia (the Šalek Valley, Veliki Vrh), near Velenje - Celje road (Črnova) and at the reference area (the Logar Valley, Polanc) with the aim to investigate the transfer of metals   |



|    |           |              |   |
|----|-----------|--------------|---|
|    |           |              | from soil to earthworms and to assess the bioindicative potential of earthworms. Our study revealed the following: (i) the highest levels of metals were determined in earthworms from the most polluted area (Žerjav) and the lowest in earthworms from the reference location (the Logar Valley); (ii) earthworms bioaccumulated Cd, Hg and Zn at all locations, bioaccumulative factors (BCF) of these three metals ranged between 1.18 - 29.2 (Cd), 1.68 - 21.0 (Hg) and 1.10 - 5.57 (Zn), respectively; (iii) earthworms are good bioindicator of polluted soil, since the correlations between Zn, Cd, Cu, Pb, Hg and Mo in soil and in earthworms were established.  |
|    |           | Objavljeno v | Gozdarski inštitut Slovenije, založba Silvae Slovenica; Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire; Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo; Acta silvae et ligni; 2013; [Št.] 101; str. 1-12; Avtorji / Authors: Al Sayegh-Petkovšek Samar, Kopušar Nataša   |
|    |           | Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek  |
| 4. | COBISS ID | 12345        | Vir: vpis v poročilo  |
|    | Naslov    | SLO          | Ocena tveganja zaradi kovine in PAHov za receptorske organizme iz različno onesnaženih območij v Sloveniji  |
|    |           | ANG          | Risk assessment of metals and PAHs for receptor organisms in differently polluted areas in Slovenia   |
|    | Opis      | SLO          | <p>Kovine (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Mo in Zn) in policiklične aromatske ogljikovodike (PAH) smo analizirali v receptorskih organizmih (mali sesalci in ptice pevke) in v njihovih prehranskih virih (zelišča, listi in plodovi lesnatih vrst, deževniki), vzorčenih v obdobju 2011-2014 v okolici bivše topilnice svinca (Žerjav v Zgornji Mežiški dolini) in največje termoelektrarne v Sloveniji (Veliki Vrh v okolici Termoelektrarne Šoštanj), ob državni cesti Celje-Velenje (kraj Črnova) in na referenčnem območju (Logarska dolina-Polanc). Ocena tveganja za različno onesnažena območja je bila opravljena na podlagi primerjave izpostavljenosti receptorskih organizmov (določene koncentracije kovin v jetrih malih sesalcev in v repnih peresih velike sinice) s kritičnimi koncentracijami, s podatki/rezultati drugih raziskav in z izračunom kvocienta tveganja (HQ). Ugotovljeno je bilo, da Pb in Cd največ prispevata k tveganju za male sesalce in velike sinice, medtem ko je tveganje zaradi PAHov za male sesalce, ulovljene ob državni cesti, zanemarljivo.</p> <p>Tveganje (HQ &gt; 1) je bilo ugotovljeno za gozdno voluharico, ki bi se prehranjevala tudi s koreninami zelišč in za rumenogrlo miš ter veliko sinico, ki bi se prehranjevali tudi z deževniki. Nadalje, koncentracije Pb in Cd v jetrih malih sesalcev so bile večje od kritičnih koncentracij v pomembnem deležu vseh ulovljenih osebkov (Pb: 40 % in Cd: 67 %). Določene koncentracije kovin v repnih peresih velike sinice so potrdile, da je območje v okolici topilnice svinca izpostavljeno Pb, Cd in Hg. Največje tveganje predstavljajo kovine (Pb, Cd) v okolici topilnice svinca, kar smo dokazali s primerjavo s kritičnimi koncentracijami iz literature in z izračunom kvocienta tveganja. Tveganje zaradi PAH ob državni cesti (5 m od roba ceste) je zanemarljivo.</p> <p>Na podlagi pridobljenih rezultatov lahko zaključimo, da bivša topilnica svinca oziroma njeni pretekli izpusti kovin, še vedno predstavljajo tveganje za ekosistem tega območja, kljub temu, da topilnica svinca ne obratuje že več kot trideset let.</p> |
|    |           |              | The metals (Pb, Cd, Zn, Hg, Cu, Mo) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) were analysed in receptor organisms (small mammals and passerine birds) and their food items (herbaceous plants, leaves and fruits of wood plants, earthworms) collected in the period 2011-2014 in the vicinity of former lead smelter, the largest Slovenian thermal power plant and along a main road and in a control area. The risk assessment of  |

|              |   |   |
|--------------|---|---|
|              | ANG   | differently polluted areas was performed on the basis of comparisons of exposure levels (metal and PAHs concentrations, determined in liver and tail feathers) of receptor organisms with effect concentrations and literature data from other studies and calculation of Hazard Quotient (HQ). The risk of Pb and Cd (HQ >1) in the vicinity of former lead smelter was determined for <i>M. gleroulus</i> feeding including roots and for <i>A. flavicollis</i> and <i>P. major</i> feeding including earthworms. Further on, the mean Pb and Cd concentrations in liver of small mammals species reached effect concentrations in a significant proportion of small mammal specimens (Pb: 40%, Cd: 67%). The use of <i>P. major</i> confirmed that this study area is exposed to Pb, Cd and Hg. Additionally, it was found that metals contribute most to the total risk for receptor organisms originating from the most polluted study area (lead smelter), whereas the risk of PAHs for small mammals trapped close to the main road, is insignificant. We can summarize that the former lead smelter still represent threat to the local ecosystem in spite of the closing of the smelter activities more than thirty years ago. |
| Objavljeno v | Science of the Total Environment - v postopku recenzije |   |
| Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek                          |   |

### 7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

|    |                            |   |
|----|----------------------------|---|
|    | Družbeno-ekonomski dosežek |   |
| 1. | COBISS ID                  | 31600089  |
|    |                            | Vir: COBISS.SI  |
|    | Naslov                     | SLO<br>Ocena tveganja za receptorske organizme: analiza vnosa kovin s prehranskimi viri   |
|    |                            | ANG<br>Risk assessment of receptor organisms: analysis of the intake of metals through food chain   |
|    | Opis                       | SLO<br>V sklopu predavanja so bili predstavljeni rezultati projekta, kjer so v bili v slovenskem prostoru prvič uporabljeni mali sesalci kot pokazatelji onesnaženosti okolja v okolici velikih emisijskih virov. Projekt je vodila vodja predlaganega projekta. Na podlagi določitve kovin v tleh in prehranskih virih ter tkivih receptorskih organizmov (mali sesalci in ptice pevke) v obdobju od 2011 do 2014 na različno onesnaženih območjih Slovenije smo ugotovili: (a) Najbolj onesnaženo raziskovalno območje je nad topilnico svinca (Žerjav), kjer so tla onesnažena s Pb, Cd, As in Zn ter obremenjena z Mo in Hg (Ur.l. RS, št. 68/1996). Slednje se odraža v vsebnostih Cd, Pb (Ur. l. RS, št. 101/2006) in Zn, Mo ter Ni (Kabata Pendias, 2001) v zeliščih in v deževnikih. Še zlasti problematičen element je Cd, ki se kopiči tako v zeliščih ( <i>Sesleria albicans</i> Kit. ex Schultes) kot tudi v deževnikih. Pb se kopiči le v deževnikih, vendar pa je sprejem tega elementa v zelišča iz Žerjava velik, kljub njegovi relativno slabi mobilnosti (BCF za Žerjav: 0,08 – 0,50), zaradi izredno velikih vsebnosti Pb v tleh. Posledično sta ta dva prehranska vira (zelišča, deževniki) lahko vir vnosa Cd in Pb v višje člene prehranjevalnih verig. V precej manjši meri to velja tudi za plodove in semena drevesnih in grmovnih vrst (rdeči dren ( <i>Cornus sanguinea</i> ), mokovec ( <i>Sorbus aria</i> ), gorski javor ( <i>Acer pseudoplatanus</i> in rdeči bor ( <i>Pinus sylvestris</i> )). Velike vsebnosti Pb in Cd v tleh in prehranskih virih se odražajo tudi na določenih vsebnostih Cd in Pb v jetrih malih sesalcev (travniška ( <i>Microtus agrestis</i> ) in gozdna voluharica ( <i>Myodes glareolus</i> ), rumenogrla miš ( <i>Apodemus flavicollis</i> )), vzorčenih nad topilnico svinca. V 40 % analiziranih jeter so vsebnosti Pb prekoračevale kritično vrednost Pb za sesalce, kar v 67 % pa so bile izmerjene vsebnosti Cd večje od zgornje meje, kjer se pojavijo negativni učinki. Slednje nakazuje, da onesnažena tla v Žerjavu (nad topilnico svinca) lahko pomenijo tveganje za |

|       |  |
|-------|--|
|       | <p>male sesalce. (b) V ostalih raziskovalnih območjih, ki sta zmerno obremenjeni s kovinami (Veliki Vrh, Črnova), nismo določili zelo velikih vsebnosti onesnažil v analiziranih rastlinskih in živalskih tkivih. Najmanjše vsebnosti onesnažil v vseh tipih vzorcev smo ugotovili v talnih, rastlinskih in živalskih vzorcih referenčne lokacije (Logarska dolina). Praviloma so te razlike tudi statistično značilne. (c) Vsebnosti Pb in Hg v repnih peresih ptic pevk z onesnaženih območij (Žerjav, Veliki Vrh in Črnova) so statistično značilno večje od vsebnosti teh dveh elementov v repnih peresih ptic pevk z referenčnih lokacij (Krim, Pohorje, Logarska dolina), vendar tveganja za ptice pevke nismo uspeli dokazati. (d) Kvocient tveganja (HQ), izračunan na podlagi diete malih sesalcev, je bil večji od 1 (obstoj tveganja), pri travniški voluharici z območja Žerjava, če je delež korenin v njeni prehrani vsaj 20 % (Pb) oziroma 50 % (Cd) in pri rumenogrli miši, ki bi se prehranjevala tudi z deževniki (saj 10 %). Potencialno tveganje za male sesalce bistveno povečuje prehranjevanje z deževniki in koreninami zelišč.</p>  |
| ANG   | <p>The most important findings of the project, where small mammals as indicators of metal pollution in the vicinity of large emission sources, were used for the first time in Slovenia, were presented during the lecture. The project has been conducted by leader of the proposed project. On the basis of the results for heavy metal levels in soil, in herbs and in tissues of receptor organisms (small mammal species, passerine birds) obtained in the period 2011-2014 in differently polluted areas in Slovenia, the following conclusions can be made. (a) The soil in the vicinity of the former smelter (Žerjav) is heavily polluted with Pb, Cd, Zn and As, and burdened with Mo and Hg (Official Gazette of RS, No. 68/1996). The latter is reflected in increased levels of metals in herbs (Cd, Pb, Zn, Mo, Ni) (Kabat Pendias, 2001; Official Gazette of RS, No. 101/2006,) and in earthworms (Pb, Cd, Zn). Particularly problematic is Cd, which accumulates in herbs (<i>Sesleria albicans</i>) such as in earthworms. Pb accumulates only in earthworms, but the intake of this element in the herbs is quite large, despite its relatively poor mobility (BCF: 0.08 to 0.50), due to the extremely high levels of Pb in soil. Therefore, these two dietary sources (herbs, earthworms) could be the most significant route of Pb and Cd exposure for receptor organisms. To a much lesser extent this applies to fruits and seeds of tree and shrubs species (<i>Cornus sanguinea</i>, <i>Sorbus aria</i>, <i>Acer pseudoplatanus</i> and <i>Pinus sylvestris</i>). The mean Pb and Cd concentrations in liver of small mammals species (<i>Microtus agrestis</i>, <i>Myodes glareolus</i>, <i>Apodemus flavicollis</i>), reached effect concentrations in a significant proportion of the livers of the small mammal specimens (Pb: 40%, Cd: 67%). These findings indicate that the majority of small mammals trapped in the area of the former lead smelter are at risk of toxicological effects due to the very high uptake of Pb and Cd in the organism. (b) On the contrary, Pb and Cd concentrations in livers of small mammals from the other study areas (vicinity of the largest Slovenian thermal power plant (Veliki Vrh) and along the main road (Črnova)) were comparable with reference values and considerably lower than effect concentrations. The smallest levels of pollutants in all types of samples were found in soil, plant and animal samples from reference location (The Logar Valley). In general, these differences were statistically significant. (c) Pb and Hg in the tail feathers of passerine birds from polluted study areas were statistically significant higher in comparison with reference area; however, the risk for passerine birds was not found. (d) Hazard Quotient (HQ) higher than 1 (existence of risk) was calculated for <i>Myodes glareolus</i>, sampled in the vicinity of the lead smelter, if the proportion of the roots in its diet is at least 20% and for <i>Apodemus flavicollis</i>, collected from the same study area, if the proportion of the earthworms in its diet is at least 10%.</p> |
| Šifra | B.06 Drugo   |
|       | Slovensko društvo za biologijo rastlin = Slovenian Society of Plant Biology;   |

|    |              |   |   |
|----|--------------|---|---|
|    | Objavljeno v | Knjiga povzetkov; 2014; Str. 17; Avtorji / Authors: Al Sayegh-Petkovšek Samar, Kopušar Nataša, Tome Davorin, Kryštufek Boris  |   |
|    | Tipologija   | 1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci   |   |
| 2. | COBISS ID    | 1155542   | Vir: COBISS.SI  |
|    | Naslov       | SLO   | Okoljska sanacija Šaleške doline  |
|    |              | ANG   | Remediation of the Šalek Valley   |
|    | Opis         | SLO   | Termoelektrarna Šoštanj (TEŠ), ki je največja slovenska termoelektrana, je v preteklosti v zrak izpustila velike količine zračnih onesnažil in kovin ter tako negativno vplivala na okolje. S sprejetim ekološkim sanacijskim programom TEŠ v letu 1987 so se tovrstni vplivi na okolje začeli zmanjševati. V prispevku prikazujemo spremljanje učinkov okoljske sanacije v sklopu biomonitoringov in raziskav, ki smo jih izvajali v kopenskih (npr. gozdni ekosistem) in vodnih ekosistemih (npr. Velenjsko jezero) v obdobju od začetka devetdesetih let prejšnjega stoletja do danes. Poleg spremljanja učinkovitosti sanacijskih ukrepov skozi daljše obdobje smo na inštitutu ERICo d.o.o. raziskali tudi izpostavljenost ljudi zračnim onesnažilom in ocenili potencialen vnos onesnažil v ljudi zaradi prehranjevanja z živili živalskega ter rastlinskega izvora iz Šaleške doline. V predavanju smo prikazali tudi rezultate, ki smo jih pridobili na območju raziskovalnega območja Veliki Vrh, ki je raziskovalno območje obravnavanega projekta.                             |
|    |              | ANG   | The Šoštanj Thermal Power Plant (ŠTPP), which is the largest Slovene thermal power plant, is located at the bottom of The Šalek Valley. Due to large emissions of the air pollutants and heavy metals in the past negative effects on the environment appeared. Therefore, remediation of the ŠTPP started in the year 1987 and consequently the negative impact on the environment has begun to decline. The efficiency of remediation measures of ŠTPP was measured and assessed within different biomonitoring and studies performed in terrestrial (e.g., forest ecosystem) and water ecosystems (e.g., The Velenje lake) of the Šalek Valley. Besides monitoring of the efficiency of remediation measure during longer period we also investigated the exposure of human to air pollutants and assessed the potential intake of pollutants in human body due to ingestion of foodstuffs of animal and plant origin from the Šalek Valley. Additionally, results obtained from soil, plant and animal samples from the research study area Veliki Vrh were presented within lecture. |
|    | Šifra        | F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)   |   |
|    | Objavljeno v | Coal Mine; Zbornik povzetkov referatov; 2013; Str. 111-112; Avtorji / Authors: Al Sayegh-Petkovšek Samar, Jelenko Ida, Kopušar Nataša, Mazej Zdenka, Poličnik Helena, Ramšak Rudi, Kugonič Nives, Zaluberšek Marjeta, Pokorny Boštjan |   |
|    | Tipologija   | 1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci   |   |
| 3. | COBISS ID    | 1164246   | Vir: COBISS.SI  |
|    | Naslov       | SLO   | Lov male divjadi s svinčnimi šibrami  |
|    |              | ANG   | Hunting of small game with lead shot: facts, problems and possible sollution  |
|    | Opis         | SLO   | V uvodnem delu predavanja je bila predstavljena problematika onesnaževanja okolja s svincem in v sklopu te teme tudi ugotovitve in rezultati projekta: "Ocena tveganja za receptorske organizme iz antropološko spremenjenih travniških in gozdnih habitatov", kjer smo obravnavali kroženje kovin (predvsem Pb v okolici velikih točkovnih virov).   |
|    |              |   | The findings of the project: "Ecological risk assessment of receptor  |

|              |  |  |
|--------------|--|--|
|              | ANG  | organisms inhabiting antropogenically influenced grasslands and forest habitats" were presented during the lecture regarding pollution of the environment with lead. |
| Šifra        | F.18   | Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)   |
| Objavljeno v | ERICo; Knjiga povzetkov; 2013; Str. 56-57; Avtorji / Authors: Al Sayegh-Petkovšek Samar, Pokorny Boštjan |  |
| Tipologija   | 1.12   | Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci   |

## 8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>2</sup>

Vse pomembni rezultati so prikazani v točki 6 in 7.

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>8</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>9</sup>

SLO

Z izvedbo predlaganega projekta smo prenesli tuje znanje in metodiko, ki je povezana z ocenjevanjem tveganja z uporabo receptorskih organizmov, v slovenski raziskovalni prostor. Poudariti velja, da je bil predlagan projekt tako z vidika vsebine kot uporabljene metode novost v našem raziskovalnem prostoru, saj raziskovalni potencial malih sesalcev in ptic pevk do sedaj v Sloveniji še ni bil izkoriščen. Hkrati je projekt pomemben tudi za razvoj bioindikacije kot temeljnega raziskovalnega področja za ugotavljanje izpostavljenosti organizmov organskim in anorganskim onesnažilom. S predlaganim projektom smo razvili novo metodo akumulacijske bioindikacije, ki bo prispevala k odkritjem novih znanstvenih spoznanj o prehajanju onesnažil iz tal v herbivore in karnivore prehrabene verige izbranih receptorskih organizmov, k pridobitvi novih relevantnih podatkov o onesnaženosti okolja ter opredelitvi, katero onesnažilo v danem okolju predstavlja največje tveganje za receptorske organizme in okolje. Hkrati ima projekt pomembno aplikativno vrednost, tako za sofinancerja raziskave (Termoelektrarna Šoštanj), ki je z izvedbo projekta pomembno prispeval k izvajanju svoje okoljske politike, kot tudi za ostale potencialne uporabnike (gospodarske družbe in družbene skupnosti), ki želijo prepoznati tveganja za okolje in za zdravje ljudi z namenom ga preprečiti oziroma kar najbolj zmanjšati. Oblikovali smo modelni pristop za ocenitev tveganje v kopenskih ekosistemih, ki ga bomo lahko uporabili za oceno tveganja v okolici točkovnih in razpršenih virov onesnaženja (v okolici odlagališč komunalnih ter nevarnih odpadkov, na drugih degradiranih območjih (Jesenice, Celjska kotlina), na agrarnih območjih, kjer se že desetletja uporabljajo fitofarmacevtska sredstva, itd.).

ANG

Foreign knowledge and methods related to the topic of the proposed research project were implemented through this research project in the Slovene scientific field. The proposed research project represents (according to the content and methods) new research approach; moreover, this issue has not been well examined in Slovenia, so far. Despite the recognition of the significance of small mammals and passerine birds as well-proved bioindicators elsewhere, their potential has not been yet exploited in Slovenia, with the exception of risk assessment of lead contamination for small mammal food chain (a case study for shooting ranges), which was performed by this project team. At the same time the project is important due to development of appropriate bioindicative method, which reflected the exposure of POPs and metals in the environment. New basic information regarding environment pollution of study areas, including the determination which pollutant contributes most to the total risk for receptors organisms as well as new knowledge regarding a carnivorous and a herbivorous terrestrial small mammal and passerine birds food chains exposed to pollution were provided. Research project is at the same time involving into implementation of environmental policy of the largest Slovenian thermal power plant (ŠTPP), which is co-funding organization of the proposed project. The model approach will be designed to perform risk assessment of pollutants in terrestrial ecosystems regarding different type and extent of pollution (e.g., in the vicinity of landfills, at industrial

areas, which are heavily polluted (Celje and Jesenice basin), and at agriculture land, where pesticides were used decades).

## 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

SLO

S predlaganim projektom smo prispevali k izvajanju okoljske politike sofinancerja raziskav – največje termoelektrarne v Sloveniji (TEŠ), ki je kot onesnaževalec okolja zavezan k nadzorovanju in preprečevanju onesnaženja v okolju. Pridobljeni rezultati so omogočili oceno uspešnosti izvedenih sanacijskih programov TEŠ in prispevali k oblikovanju novih. Hkrati lahko z izvedbo projekta in pridobitvijo rezultatov o okoljskem tveganju zaradi povečanih vsebnosti onesnažil v okolju prispevamo k oblikovanju okoljske politike na lokalnem, regijskem in nacionalnem nivoju tudi v drugih okoljih, kjer so potekale raziskave (npr. Zgornja Mežiška dolina). Pridobljeni rezultati so lahko osnova za ukrepanje lokalnih skupnosti in države na potencialno kritičnih območjih (npr. prispevek k uspešni sanaciji Zgornje Mežiške doline). Z izvedbo projekta smo uresničevali strateške cilje, ki so zapisani v okoljskih dokumentih države Slovenije in Evropske skupnosti (Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. 108/2009 in nadlj.), Resolucija o nacionalnem raziskovalnem in razvojnem programu (Ur. l. RS, št. 2/2006), Direktiva Sveta o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaževanje okolja (96/61/ES), Stockholmska konvencija o obstojnih organskih onesnaževalih (Ur. l. RS, št. 32/2004), itd.). Ker je bil dolgoročen cilj predlagane raziskave zmanjšanje onesnaževanja je izvedba projekta prispevala tudi k ohranjanju ekosistemov, biotske pestrosti in naravne dediščine.

ANG

By fulfilling the results of the proposed research project we contributed to the performing of environmental policy of co-funding organization, which is the largest thermal power plant in Slovenia (ŠTPP) and has to meet commitments due to pollution prevention and control. Provided results will make possible to assess the remediation measures performed on the ŠTPP in the past as well as make contribution to design and implementation of new ones. Furthermore, implementation of environmental policy can be done at local and national scale especially in communities, where are situated other research areas (e.g., Upper Meža Valley). Provided results can be base (groundwork) for action plans, designed for local communities, where environment is loaded with pollutants (e.g., contribution to remediation of the Upper Meža Valley). In addition, the research project meets the aims of several strategic documents in Slovenia and Europe regarding reduction of pollution and sustainable development (e.g., Environmental Protection Act (Official gazette of RS, no. 39/2006), Resolution concerning national research and development programme (Official gazette of RS, no. 2/2006), Council directive 96/61 EC of 24. September concerning Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Official Journal L 257; Stockholm Convention on persistent organic pollutants (Official gazette of RS, no. 32/2004)). Since the general objective of the proposed research project is reduction of pollution, the provided results can contribute to conservation of ecosystems, biodiversity and natural heritage. Moreover, the results can improve prosperity of citizens and decrease the environmental risk.

## 10. 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        |  |
|-------------|--|
| <b>F.01</b> | <b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>               |
|             | Zastavljen cilj <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/> ▼                              |
|             | Uporaba rezultatov <input type="text" value="V celoti"/> ▼                   |
| <b>F.02</b> | <b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>                                 |
|             | Zastavljen cilj <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat <input type="text" value="Dosežen"/> ▼                              |

|             |   |  |
|-------------|---|--|
|             | Uporaba rezultatov  | V celoti   |
| <b>F.03</b> | <b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>          |  |
|             | Zastavljen cilj   | <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  | Dosežen  |
|             | Uporaba rezultatov  | V celoti   |
| <b>F.04</b> | <b>Dvig tehnološke ravni</b>  |  |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  |  |
|             | Uporaba rezultatov  |  |
| <b>F.05</b> | <b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>            |  |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  |  |
|             | Uporaba rezultatov  |  |
| <b>F.06</b> | <b>Razvoj novega izdelka</b>  |  |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  |  |
|             | Uporaba rezultatov  |  |
| <b>F.07</b> | <b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>                              |  |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  |  |
|             | Uporaba rezultatov  |  |
| <b>F.08</b> | <b>Razvoj in izdelava prototipa</b>                                 |  |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  |  |
|             | Uporaba rezultatov  |  |
| <b>F.09</b> | <b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>           |  |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  |  |
|             | Uporaba rezultatov  |  |
| <b>F.10</b> | <b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b> |  |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  |  |
|             | Uporaba rezultatov  |  |
| <b>F.11</b> | <b>Razvoj nove storitve</b>   |  |
|             | Zastavljen cilj   | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat  |  |
|             | Uporaba rezultatov  |  |
| <b>F.12</b> | <b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>                               |  |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>   |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>   |
| <b>F.13</b> | <b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>           |  |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>   |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>   |
| <b>F.14</b> | <b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b> |  |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>   |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>   |
| <b>F.15</b> | <b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>                             |  |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>   |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>   |
| <b>F.16</b> | <b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>                   |  |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>   |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>   |
| <b>F.17</b> | <b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>                  |  |
|             | Zastavljen cilj  | <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | Dosežen <input type="text"/>                                 |
|             | Uporaba rezultatov   | V celoti <input type="text"/>                                |
| <b>F.18</b> | <b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>  |  |
|             | Zastavljen cilj  | <input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | Dosežen <input type="text"/>                                 |
|             | Uporaba rezultatov   | V celoti <input type="text"/>                                |
| <b>F.19</b> | <b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>                        |  |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>   |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>   |
| <b>F.20</b> | <b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>  |  |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
|             | Rezultat   | <input type="text"/>   |
|             | Uporaba rezultatov   | <input type="text"/>   |
| <b>F.21</b> | <b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>                           |  |
|             | Zastavljen cilj  | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |



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

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

**Komentar**

Uresničenje zastavljenih ciljev in pridobljeni rezultati prispevajo k novim znanstvenim spoznanjem, ki smo jih opisali v večjem številu znanstvenih člankov v tujih in domačih znanstvenih revijah. Hkrati smo vpeljali in osvojili nove raziskovalne metode in uporabili nove bioindikatorske organizme (za slovenski raziskovalni prostor) (akumulacijska bioindikacija kovin in policikličnih aromatskih ogljikovodikov v jetrih malih sesalcev in v repnih preresih ptic pevk). Posledično smo usposobili raziskovalno osebje v biološkem in kemijskem laboratoriju inštituta ERICo za izvajanje tovrstnih metod. Ocenili smo tudi tveganja za različno onesnažena območja z uporabo receptorskih organizmov (primerjava koncentracij izpostavljenosti s kritičnimi koncentracijami iz literature in izračun kvocienta tveganja (HQ) na podlagi dnevnega vnosa kovin in in primerjave z LOEL vrednostjo (najnižja koncentracija onesnažil pri kateri je že opažen vpliv na organizem)), kar je novost v slovenskem raziskovalnem prostoru. Hkrati smo ugotovitve o kroženju onesnažil v izbranih gozdnih in travniških ekosistemih v okolici točkovnih (topilnica svinca, termoelektrarna) in razpršenih virov emisij (promet) predstavili znanstveno-raziskovalni javnosti (6. slovenski simpozij o rastlinski biologiji z mednarodno udeležbo). Rezultati so bili predstavljeni tudi neposrednim uporabnikom na mednarodni konferenci EnRe (Energy & Responsibility), ki so se je udeležili najvidnejši strokovnjaki s področja energetike v Sloveniji in izbrani strokovnjaki iz tujine, ki se ukvarjajo tudi z varovanjem okolja in sonaravnim razvoju območij, izpostavljenih aktivnostim zaradi izkoriščanja energetskih virov. Hkrati smo ugotovitve o kroženju svinca predstavili tudi na mednarodni konferenci o upravljanju z divjadjo (5. slovenski posvet o upravljanju z divjadjo: mala divjad), saj je ta vidik eden izmed pomembnih vplivov njihove dejavnosti na okolje.

**11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!**  
**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

|              | <b>Vpliv</b>   | <b>Ni vpliva</b>                 | <b>Majhen vpliv</b>   | <b>Srednji vpliv</b>             | <b>Velik vpliv</b>    |  |
|--------------|--|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|--|
| <b>G.01</b>  | <b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>   |                                  |                       |                                  |                       |  |
| G.01.01.     | Razvoj dodiplomskega izobraževanja   | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.01.02.     | Razvoj podiplomskega izobraževanja   | <input checked="" 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"/> |  |
| <b>G.02</b>  | <b>Gospodarski razvoj</b>  |                                  |                       |                                  |                       |  |
| G.02.01      | Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu                                 | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.02.     | Širitev obstoječih trgov   | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.03.     | Znižanje stroškov proizvodnje  | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.04.     | Zmanjšanje porabe materialov in energije   | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.05.     | Razširitev področja dejavnosti   | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.06.     | Večja konkurenčna sposobnost   | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.07.     | Večji delež izvoza   | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.08.     | Povečanje dobička  | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.09.     | Nova delovna mesta   | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.10.     | Dvig izobrazbene strukture zaposlenih  | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.11.     | Nov investicijski zagon  | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.02.12.     | Drugo: <input type="text"/>  | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| <b>G.03</b>  | <b>Tehnološki razvoj</b>   |                                  |                       |                                  |                       |  |
| G.03.01.     | Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti                                       | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.03.02.     | Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti  | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.03.03.     | Uvajanje novih tehnologij  | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.03.04.     | Drugo: <input type="text"/>  | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| <b>G.04</b>  | <b>Družbeni razvoj</b>   |                                  |                       |                                  |                       |  |
| G.04.01      | Dvig kvalitete življenja   | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |  |
| G.04.02.     | Izboljšanje vodenja in upravljanja   | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.04.03.     | Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave                               | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.04.04.     | Razvoj socialnih dejavnosti  | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.04.05.     | Razvoj civilne družbe  | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.04.06.     | Drugo: <input type="text"/>  | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| <b>G.05.</b> | <b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b> |                                  |                       |                                  |                       |  |
| <b>G.06.</b> | <b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>                                       |                                  |                       |                                  |                       |  |
| <b>G.07</b>  | <b>Razvoj družbene infrastrukture</b>  |                                  |                       |                                  |                       |  |
|              | Informacijsko-komunikacijska   |                                  |                       |                                  |                       |  |

|              |  |                                  |                       |                                  |                       |  |
|--------------|--|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|--|
| G.07.01.     | infrastruktura   | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.07.02.     | Prometna infrastruktura                                  | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |
| G.07.03.     | Energetska infrastruktura                                | <input checked="" 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"/> |  |
| <b>G.08.</b> | <b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |  |
| <b>G.09.</b> | <b>Drugo:</b>  | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> |  |

### Komentar

Z izvedbo projekta smo podali temeljne ugotovitve o stanju okolja (onesnaženosti), kar je osnova za izvedbo neposrednih ukrepov za varovanje okolja. V raziskavi smo prepoznali in ugotavljali vpliv izpustov iz Termoelektrarne Šoštanj in posledično spremljali učinkovitost sanacijskih ukrepov s katerimi je le-ta zagotavljala varovanje okolja in trajnostni razvoj vplivnega območja termoelektrarne. Hkrati smo ocenjevali vpliv, ki ga ima preteklo onesnaževanje topilnice svinca v okolici Žerjava (Zgornja Mežiška dolina) na okolje in zlasti na organizme. Ugotovili smo, da so v tleh v okolici bivše topilnice svinca (Matvoz nad Žerjavom) še vedno velike koncentracije kovin (zlasti svinca in kadmija), ki prehajajo v prehranske vire receptorskih organizmov in za njih pomenijo tveganje (mali sesalci in ptice pevke). Te ugotovitve so lahko osnova za izvajanje ustreznih remediacijskih ukrepov na območjih v neposredni bližini bivše topilnice svinca.

### 12. Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>11</sup>

| Sofinancer |   |   |
|------------|---|---|
| 1.         | Naziv   | Termoelektrarna Šoštanj d.o.o.          |
|            | Naslov  | Cesta Iva Lola Ribarja 18, 3320 Šoštanj |
|            | Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:  | 100.000 EUR                             |
|            | Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:  | 27 %                                    |
|            | Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja   | Šifra                                   |
|            | 1. L SAYEGH-PETKOVŠEK, S., KOPUŠAR, N., KRYŠTUFEK, B., 2014. Small mammals as biomonitors of metal pollution: a case study in Slovenia. Environmental monitoring and assessment, vol. 186 (7): 4261-4274. | A.01                                    |
|            | 2. AL SAYEGH-PETKOVŠEK, S, POKORNY, B., 2013. Lead and cadmium in mushrooms from the vicinity of two large emission sources in Slovenia. Science of the total environment, vol. 443: 944-954.             | A.01                                    |
|            | 3. AL SAYEGH-PETKOVŠEK, S, KOPUŠAR, N., 2013. Deževniki kot kazalniki onesnaženosti tal = Earthworms as bioindicator organisms of soil pollution. Acta silvae et ligni, št. 101: 1-12.                    | A.01                                    |
|            | 4. AL SAYEGH-PETKOVŠEK, S. in sod., 2013. Okoljska sanacija Šaleške doline. V: 3. Mednarodna konferenca Energetika in klimatske .[Slovenija, Velenje, 20.-21. 6. 2013]. Zbornik povzetkov referatov.      | B.06                                    |
|            | AL SAYEGH-PETKOVŠEK, S. in sod., 2014. Risk assessment of receptor organisms: analysis of   |   |

|          |    |   |      |
|----------|----|---|------|
|          | 5. | intake of metals through food chain. 6. slovenskem simpozij o rastlinski biologiji z mednarodno udeležbo.   | B.06 |
| Komentar |    | Izvedba projekta je prispevala k izvajanju okoljske politike podjetja, pridobljeni rezultati pa omogočajo oceno uspešnosti izvedenih sanacijskih ukrepov Termoelektarne Šoštanj in lahko prispevajo k oblikovanju novih. Pridobljeni so bili podatki o stalnem zmanjševanju onesnaževanja okolja Šaleške doline (zlasti njenega hribovitnega obrobja) z opravljenimi kemijskimi analizami težkih kovin v različnih segmentih okolja (tla, rastlinska in živalska tkiva) in oceno tveganja za izbrane receptorske organizme (mali sesalci in ptice pevke). |      |
| Ocena    |    | Delo na projektu je potekalo uspešno in v skladu s programom in cilji projekta.   |      |

### 13. Izjemni dosežek v letu 2014<sup>12</sup>

#### 13.1. Izjemni znanstveni dosežek

#### 13.2. 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:*

ERICo Velenje Inštitut za ekološke  
raziskave d.o.o.

Samar Al Sayegh-Petkovšek

**ŽIG**

Kraj in datum:

Velenje

16.3.2015

**Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/214**

<sup>1</sup> Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

<sup>2</sup> 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](#)

<sup>3</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11)

## [Nazaj](#)

<sup>4</sup> 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](#)

<sup>5</sup> 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](#)

<sup>6</sup> 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](#)

<sup>7</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>8</sup> 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](#)

<sup>9</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>11</sup> 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](#)

<sup>12</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (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 priložko/-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/2015 v1.00a

41-21-03-9B-21-AD-62-4C-A6-A7-79-EE-27-13-D8-29-DA-89-4D-1F