

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

PRIVZEM KOVIN V SOJO (*Glycine max* (L.))

NUŠA PAVLINC

VELENJE, 2018

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

PRIVZEM KOVIN V SOJO (*Glycine max* (L.))

NUŠA PAVLINC

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentorica: doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik
Somentorica: dr. Nadja Romih

VELENJE, 2018

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Nuša Pavlinc** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Privzem kovin v sojo (*Glycine max* (L.)).

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Uptake of metals in soybean (*Glycine max* (L.)).

Mentorica: **doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **Nuša Pavlinc**, vpisna številka 34120032, študentka visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica diplomskega dela z naslovom:

Privzem kovin v sojo (*Glycine Max* (L.)),

ki sem ga izdelala pod mentorstvom doc. dr. Cvetke Ribarič Lasnik in somentorstvom dr. Nadje Romih.

Delo sem opravljala na Inštitutu za okolje in prostor Celje in Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano Celje.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala Melita Hudej;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: ____ . ____ . _____

Podpis avtorice: _____

ZAHVALA

Zahvaliti se želim Inštitutu za okolje in prostor (IOP) pri vključitvi v projekt CRP – Soja in pa tudi Nacionalnemu laboratoriju za zdravje, okolje in hrano (NLZOH) v Celju za izposojeno mlina.

Zahvala gre mentorici, doc. dr. Cvetki Ribarič – Lasnik in somentorici dr. Nadji Romih za strokovno pomoč in svetovanje, potrpežljivost in vodenje pri opravljanju diplomske naloge.

Hvaležna sem svojim bližnjim, staršem in prijateljem za vso razumevanje, spodbudo in pomoč.

IZVLEČEK

V diplomski nalogi se je v okviru raziskave CRP z naslovom Soja izvajala raziskava privzema različnih elementov v sojo (*Glycine max* (L.)) na različno onesnaženih tleh v Bukovžlaku in v Medlogu. Naloga je potekala na Inštitutu za okolje in prostor v Celju v obdobju med letoma 2015 in 2017. Cilj naloge je bil določiti privzem kovin v korenine in nadzemne dele (stebila, stroki, korenine, zrna) soje na že znanih različno onesnaženih lokacijah oz. tleh. V naši nalogi smo obravnavali sorti Naya in ES Dominator, gojeni v letu 2015.

Vzorčili smo po metodi naključno izbranih vzorcev – za vsako sorto smo naključno izbrali 3 vzorce. Razdelili smo jih na 4 rastlinske dele (zrno, strok, steblo ter korenina) in jih sušili na sobni temperaturi. Mletje posušenih vzorcev je potekalo v laboratoriju NLZOH v Celju (mlin ZM200). Vzorci so bili analizirani z analizo metodo ICP-MS v vodnem mediju v Vancouvru. Obravnavali smo 26 elementov z enoto mg/kg suhe snovi v soji in s pomočjo faktorja obogatitve prikazali razmerje med vsebnostjo elementa v soji, ki je rasla na močno onesnaženem mestu z manj onesnaženim mestom. Izračunali smo tudi faktor obogatitve za posamezen element v tleh. Ugotovljeno je bilo prekomerno onesnaževanje na območju Bukovžlaka z težkimi kovinami, izstopali so predvsem Cd, Pb in Zn.

Na podlagi zakonsko dovoljenih mejnih vrednosti kovin v soji – tako v živilu za ljudi kot krmi za živali – za Pb ter Cd rezultati ne kažejo presežene vsebnosti Pb v zrnu, kažejo pa preseženo vsebnost Cd v Medlogu pri sorti ES Dominator (0,57 mg/kg) in v Bukovžlaku pri sorti Naya in ES Dominator (1,41 mg/kg in 0,85 mg/kg v zaporedju), kjer tako zrno ni primerno za uporabo v prehrani za ljudi.

Največji faktorji obogatitve v rastlinskih delih sorte Naya so značilni za neesencialne mikroelemente Cd, Ba, Pb, La, As, Ti in Tl. Med esencialnimi mikroelementi v sorti Naya s faktorjem obogatitve se pojavljajo Mo, Co, B, Cu in Zn.

Značilni faktorji obogatitve neesencialnih mikroelementov za sorto soje ES Dominator so Ba, Sr, Cd, Pb, Ti, Sc, Sb in As, za esencialne mikroelemente pa V, Zn, Co in Cu.

Ključne besede: onesnaženost tal, težke kovine, soja (*Glycine max* (L.))

ABSTRACT

This diploma thesis examines the experiment of planting soybean on differently contaminated soils in Bukovžlak and Medlog as part of the CRP (Target Research Programme) research titled Soja (Soybean). The experiment was carried out at the Inspectorate for the Environment and Spatial Planning in Celje between 2015 and 2017. The aim was to determine the uptake of metals by roots and aerial parts (stem, pods, roots, and grains) of soybean grown in several differently contaminated areas. The Naya and ES Dominator varieties grown in 2015 were examined as part of the thesis.

The simple random sampling method was employed, with each variety representing 3 samples. The samples were then divided into 4 parts (grain, pod, stem, and root) and dried at room temperature. Sample grinding was carried out at the NLZOH (The National Laboratory of Health, Environment and Food) laboratory in Celje (Mill ZM200). The samples were placed in an aqueous solution and analysed using the ICP-MS analytical technique in Vancouver. 26 elements with units mg/kg of soybean dry matter were examined. The enrichment factor helped us establish the ratio between the element content in soybean grown on heavily contaminated soil as opposed to soybean grown in less polluted areas. The enrichment factor in relation to separate soil elements was also calculated. Excessive pollution by heavy metals was detected in the Bukovžlak area with cadmium, lead and zinc being the major contributors.

In terms of legally allowed limit values of metal in soybean (for human consumption as well as forage) in regards to Pb and Cd, the results showed no excess of lead in grain, though excess cadmium was detected in the Medlog area within the ES Dominator (0.57 mg/kg) variety and in the Bukovžlak area within the Naya and ES Dominator ((1.41 mg/kg and 0.85 mg/kg in succession) varieties, where the grain proved unfit for human consumption.

The main enrichment factors within the Naya variety are typical of non-essential micro-elements Cd, Ba, Pb, La, As and Ti. Among essential micro-elements with the enrichment factor within the Naya variety are Mo, Co, B, Cu and Zn.

Typical enrichment factors for non-essential micro-elements within the ES Dominator variety are Ba, Sr, Cd, Pb, Ti, Sc, S and As, while typical factors for essential micro-elements are V, Zn, Co and Cu.

Key words: soil contamination, heavy metals, soybean (*Glycine max* (L.))

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	1
1.1 Opis problema	1
1.2 Namen in cilji diplomskega dela.....	2
1.3 Hipoteze diplomskega dela.....	2
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1 Kovine v tleh.....	3
2.2 Kovine v rastlinah	4
2.3 Esencialni in ne- esencialni elementi v rastlinah	6
2.4 Zakonodaja.....	7
2.5 Soja (<i>Glycine max</i> (L.)).....	9
2.6 Preskrba soje po svetu in Sloveniji	10
2.7 Uporaba in namen pridelave soje	12
3. MATERIALI IN METODE	13
3.1 Vzorčna mesta	13
3.2 Vzorčenje rastlin	14
3.3 Mletje soje	14
3.4 Faktor obogatitve (EF)	17
4. REZULTATI	18
4.1 Rezultati kovin v tleh.....	18
4.2 Rezultati kovin v rastlinskih delih soje.....	19
4.3 Rezultati kovin Pb in Cd glede na veljavno zakonodajo	23
5. RAZPRAVA S SKLEPI	24
5.1 Tla	24
5.2 Privzem Cd in Pb v sojo glede na veljavno zakonodajo	26
5.3 Faktorji obogatitve v soji	26
5.4 Analize hipotez	31
6. POVZETEK	32
7. SUMMARY	34
8. VIRI	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz raziskovalnega območja (Medlog in Bukovžlak).....	5
Slika 2: Sojino polje.....	9
Slika 3: Soja.....	9
Slika 4: Soja v Bukovžlaku.....	13
Slika 5: Soja v Medlogu.....	13
Slika 6: Zrnja soje v stroku.....	14
Slika 7: Mlin ZM200.....	15
Slika 8: Mlevna orodja.....	15
Slika 9: Zmleti vzorci zrnja.....	16

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejne in opozorilne vrednosti za nekatere TK v mg/kg suhih tal.....	7
Preglednica 2: Mejne vrednosti kovin v soji, kot v živilu.....	7
Preglednica 3: Mejne vsebnosti kovin v soji, kot proizvodu prehrane za živali.....	8
Preglednica 4: Izračunani faktorji obogatitve v soji sorte Naya za posamezne rastlinske dele.....	20
Preglednica 5: Izračunani faktorji obogatitve v soji sorte Es Dominator za posamezne rastlinske dele.....	22
Preglednica 6: Primerjava vsebnosti kovin Pb in Cd v zrnju za posamezne sorte na dveh vzorčnih mestih glede na zakonodajo o živilih in krmi za živali.....	23
Preglednica 7: Vsebnost elementov v vzorcih tal glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (mg/kg suhih tal).....	24
Preglednica 8: Vrednosti tal faktorja obogatitve.....	25

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Delež soje v ZDA od leta 2000 do 2014.....	10
Graf 2: Delež proizvodnje soje po svetu.....	10
Graf 3: Skupni pridelek soje v Sloveniji v tonah v letih 2000-2016.....	11
Graf 4: Faktor obogatitve v tleh (Bukovžlak/Medlog) za posamezen element v letu 2009.	18
Graf 5: Faktor obogatitve v zrnju (a), stroku (b), stebelu (c) in korenini (d) soje sorte Naya.	19
Graf 6: Faktor obogatitve v zrnju (a), stroku (b), stebelu (c) in korenini (d) sorte soje ES Dominator.	21

1. UVOD

1.1 Opis problema

Na Kitajskem so sojo pridelovali že pred 5.000 leti. Za tamkajšnje prebivalce je še danes eden glavnih virov rastlinskih beljakovin. Po svetu je veliko pomanjkanje hrane z večjo vsebnostjo beljakovin, zato je soja (*Glycine max* (L.)) pomembna beljakovinska stročnica. Uporabljamo jo lahko v prehrani ljudi in za krmo domačih živali, njena uporaba pa se je razširila tudi za pridobivanje energije (Bergant 2008, str. 1).

V Sloveniji se je pridelava soje iz leta 2009 iz 66 ha povečala do leta 2017 na 2900 ha (vir: FAO-STAT), med pridelovalci pa so zlasti ekološki kmetje. Soja, kot stročnica, izboljša rodovitnost tal in je zato pomembna v njivskem kolobarju. Sojino zrnje, olje in živila pretežno uvažamo, prav tako že desetletja kupujemo na svetovnem trgu rastlinske beljakovine, zlasti sojine tropine in moko za sestavo močnih krmil (Kocjan Ačko 2005 v Bergant 2008, str. 1).

Uvajanje znatih stročnic in še posebej soje v pridelovalne razmere podonavskega bazena in Slovenije je velik izziv za stroko, potrebno je doseči konkurenčne pridelke, vključno z odgovorom na vprašanje o primernosti gojenja soje na onesnaženih tleh z vsebnostjo težkih kovin (nadalje TK). Že sama ideja o pridelovanju gensko nespremenjene soje je lahko pomemben prispevek k varovanju biodiverzitete. Pomembno je v naših pridelovalnih razmerah poznati tudi odziv rastline na različne pridelovalne razmere in pridelovalne sisteme (Bavec 2014, str. 16).

Zaradi prekomernega onesnaževanja tal z TK v preteklosti (industrijska doba) se je začela drastično spreminjati sestava in zgradba tal. Zaradi velikih koncentracij toksičnih snovi v tleh je ogroženo zdravje ter hrana za ljudi in živali. Posledica tega so fizične degradacije, tudi tiste manj opazne, to so biološke in kemijske degradacije, ki so pomembne za pridelavo hrane za ljudi in živali. Po površini kmetijske zemlje v uporabi na prebivalca z 880 m² Slovenija zaostaja za EU in za splošno ugotovljenimi priporočili za samooskrbo (2000 m²/prebivalca). Manjšanje razpoložljivih površin, primernih za pridelavo hrane, nas sili v iskanje novih rešitev, kot je uporaba degradiranih območij (Ribarič – Lasnik in sod., 2014, str. 1). Eno izmed najbolj problematičnih območij onesnaženih tleh je MO Celje, kjer je površin, ki so prekomerno onesnažene z Zn, Cd ter Pb, preko 6.000 ha. Raziskava iz leta 1989 kaže, da je od 2866 ha kmetijskih površin na območju Celja približno 486 ha onesnaženih s kovinami tako, da bi na njih morali ustaviti kmetijske dejavnosti (Ribarič – Lasnik in sod., 2014 v Lobnik in sod., 1989, str. 1). Ravno zaradi teh problemov se je v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Soja« izvajala raziskava privzema različnih elementov v sojo na onesnaženih površinah (Bukovžlak) in Medlogu kot neonesnažena površina.

1.2 Namen in cilji diplomskega dela

V okviru CRP, z naslovom Soja, ki je potekal v obdobju 2015 do 2017 v sodelovanju z Univerzo v Mariboru, Fakulteto za kmetijstvo in biosistemske vede – UM-FKBV, Kmetijskega inštituta Slovenije – KIS, Univerze v Ljubljani, Biotehniške fakultete – ULBF in Inštituta za okolje in prostor – IOP, je potekala raziskava o možnostih pridelave soje v Sloveniji, pri katerih se je spremljalo rast, razvoj in pridelek različnih sort soje, ki so prišle v Slovenijo z namenom uvajanja ali predstavitve sort, ki jo izvajajo na KIS-u.

Manjšanje razpoložljivih površin, primernih za pridelavo hrane, nas sili v iskanje novih rešitev, kot je potencialna uporaba degradiranih območij. Namen predlagane naloge je preučiti uporabo dodatnih kmetijskih zemljišč, ki bodo omogočala pridelavo rastlin, primernih za prehrano ljudi in živali, za industrijske surovine (vlaknine za tekstil, izolacijske materiale, gradbene materiale itn.) in uporabo v energetske namene.

Partnerji na CRP projektu, IOP, smo sojo posejali v začetku junija 2015 na dveh različno onesnaženih lokacijah (Bukovžlak in Medlog).

Na projektu so sodelovali tudi drugi študentje: Katja Bobik, Žan Jankovič in Mitja Laznik. Zaradi prepletanja diplomskih nalog lahko pride do podobnih ugotovitev pri interpretaciji rezultatov. Cilj moje naloge je bil določiti privzem kovin v korenine in nadzemne dele (stebela, stroki in zrna) soje na različno onesnaženih tleh.

1.3 Hipoteze diplomskega dela

- ❖ Vsebnosti kovin v soji bodo večje tam, kjer je večja vsebnost kovin v tleh.
- ❖ Vsebnosti kovin v zrnih soje, ki je rastle na onesnaženih tleh, bodo pod zakonsko določeno mejo.
- ❖ Soja je primerna rastlinska vrsta za prehrano živali, če je gojena na degradiranih tleh.

2. PREGLED LITERATURE

2.1 Kovine v tleh

Tla spadajo med površinski del litosfere. Zaradi počasnega nastajanja ter regeneracije tal predstavljajo neobnovljiv naravni vir. Izpostavljena so številnim nevarnostim iz naravnih ali antropogenih dejavnikov ter procesom degradacije. Med nevarne dejavnike spadajo erozija, zmanjšanje količine organskih snovi, lokalno in razpršeno onesnaženje, pozidava, zbijanje tal, zmanjšanje biotske raznovrstnosti, zaslanjevanje, zemeljski usadi ter poplave. Nekateri degradacijski procesi v času klimatskih sprememb delujejo zelo intenzivno in posledično vplivajo na splošno kakovost in varnost bivanja. Ne smemo pozabiti tudi dejstva, da tla kot odeja pokriva naše vire pitne vode (Zupan in sod., 2008, str. 4).

Tla nastajajo s tlotvornimi procesi; preperevanje matične podlage, kopičenjem humusa, premeščanjem snovi in transformacijami.

Na geološko mladih območjih, kjer je stik kamnine s tlemi blizu površja, ima matična podlaga velik pomen. Vpliva na sestavo mineralnega dela tal (skeletnost, zastopanost mineralov ...) in mnoge druge fizikalno kemijske lastnosti tal. V Sloveniji je matična podlaga poleg reliefa najpomembnejši tlotovorni dejavnik, kamninska pestrost je velika, stik kamnine s tlemi pa večinoma zelo blizu površja (Prus in sod., 2015, str. 5).

TK imajo molekulsko maso $> 5,0 \text{ g cm}^{-3}$, ki je izrazito večja od povprečne gostote drugih delcev tal ($2,65 \text{ g cm}^{-3}$). TK, kot so Fe, Mn, Zn, Cu, Co, M, so bistvenega pomena za rast organizmov. Kovine, kot so, V in Ni, imajo samo po eno funkcijo v nekaterih organizmih. Preostale TK so strupene za organizme, kot so: Cd, Pb, U, Tl, Cr, Ag, As in Se Hg (Sherameti in Varma 2011, str. 35).

Snovi, ki povzročajo onesnaženost tal, se po terminologiji Zakona o varstvu okolja (Ur. l. RS 41/04), imenujejo nevarne snovi. Izvori teh nevarnih snovi so največkrat:

- nevarni ter posebni odpadki (gošče komunalnih in drugih čistilnih naprav in greznic, razne odpadne snovi iz industrije, radioaktivni odpadki,
- urbane ter druge industrijske emisije v zraku,
- oporečne namakalne in poplavne vode,
- organska (gnojevka) in mineralna gnojila,
- fitofarmacevtska sredstva in
- mulj iz rečnih strug in jezer (Zupan in sod., 2008, str. 12).

Anorganske snovi v tleh, večinoma so to TK, se v tleh pojavljajo kot posledica naravnih procesov, predvsem preperevanje kamninske osnove zaradi človekove aktivnosti, kot je :

- rudarjenje,
- taljenje rude,
- industrija,
- promet,
- kmetijstvo in
- odlaganje odpadkov.

Rudarjenje in taljenje rude sta na prvem mestu kot vzrok za povečano vsebnost kovin v tleh (As, Cd, Hg in Pb). Posledica prometa so predvsem povečane koncentracije Cd. Emisije Pb so se v Sloveniji od leta 1994 dalje precej zmanjšale zaradi obvezne uporabe katalizatorjev v novih avtomobilih z bencinskim motorjem, ki ne smejo uporabljati osvinčenega bencina (prav tam, str. 28).

Kmetijstvo k onesnaževanju prispeva predvsem z uporabo:

- fitofarmaceutskih sredstev (Cu, nekoč tudi Hg in Pb) in
- mineralnimi gnojili (Zn, Cd, As) (prav tam, str. 28).

Industrijska dejavnost pa k onesnaževanju prispeva z različnimi kovinami:

- industrija plastike (Cd, Cr, Hg, Co),
- tekstilna industrija (Zn, Sn, Al, Ti) in
- metalurgija (Pb, Cd, As, Cu, Zn, Cr, Ni, Mn) (prav tam, str. 28).

Na splošno so ljudje izpostavljeni tem kovinam s prehranjevanjem (rastline, živali, voda) ali z vdihavanjem tega zraka. Živali lahko TK kopičijo v svojem telesu predvsem s prehranjevanjem rastlin in z zaužito vodo, ki ima zvišano koncentracijo omenjenih kovin (prav tam, str. 28).

2.2 Kovine v rastlinah

Tako kot vsi živi organizmi, so tudi rastline pogosto občutljive na pomanjkanje in na prekomerno količino kovin in mikrohranil. Večje vsebnosti TK in polkovin, kot so Cd, Hg in As, so toksične za organizme.

Raziskave učinkov težkih toksičnih kovin na rastline so bile izvedene že po vsem svetu. TK v kmetijskih tleh so postale ena izmed glavnih okoljskih skrbi ravno zaradi njihovih potencialnih škodljivih ekoloških učinkov. Takšne kovine se štejejo za onesnaževala tal, ker se je njihova količina razširila in povečalo se je tveganje toksičnega učinka pri rastlinah, ki se gojijo na onesnaženih tleh (Nagajyoti in sod., 2010, str. 206).

Kadar so povečane vsebnosti kovin v tleh, se pogosto odraža tudi povečana vsebnost kovin v rastlinah, kar so potrdile številne študije v občini Celje. Primer je vsebnost Cd, Pb in Zn (mg/kg .s.s.) v tleh in rastlinah poljskega poskusa 1994 na območju bivše občine Celje; rastline so bile gojene na treh lokacijah in sicer: ne onesnaženo – Dobrna (D), onesnaženo – Medlog (M), močno onesnaženo – Oblakova ulica (O) (Zupan in sod., 1996 v Lobnik in sod., 2010, str. 20). Na sprejem kovin vplivajo tudi druge talne lastnosti, kot so kislost tal, vsebnost organske snovi in glin, vrsta kovine in vrsta oziroma del rastline. Predvsem za Cd je značilno, da je mobilnost in dostopnost rastlinam večja v kislih tleh, kot pa v alkalnih. Akumulacija kovin v rastlinskih tkivih je zelo različna. Večinoma velja, da so vsebnosti kovin največje v koreninah, najmanjše pa v plodovih in semenih. To moramo upoštevati pri izbirah rastlin na zmernih onesnaženih območjih (Lobnik in sod., 2010, str. 20).

Ne glede na to, ali je nek element v tleh nujno potreben za rastline ali ne, pa je lahko v prevelikih koncentracijah toksičen za rastline, živali in človeka. Koncentracije posameznih kovin v rastlinskih tkivih so lahko prevelike, tudi če rastlina sama ne kaže nobenih zunanjih znamenj toksičnosti, kar lahko dokažemo le z analizo rastlinskega tkiva.

Odvzem TK iz tal v rastline preko korenin je odvisen od dostopnosti kovin v tleh, transpiracije in selektivnega sprejema težkih kovin v rastline (Robinson in sod., 2000 v Markelc 2008, str. 4).

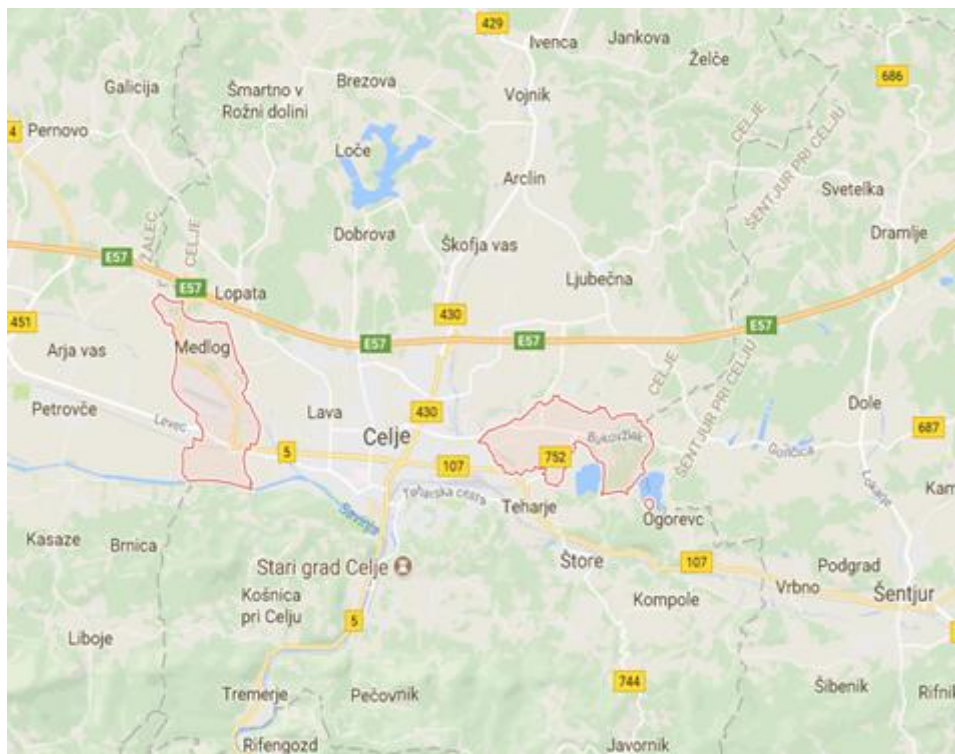
Dostopnost kovin za rastlino je odvisna od:

- vsebnosti TK v talni raztopini,
- njene kemijske pojavnosti oblike,
- različnih talnih lastnosti (pH tal, kationska izmenjevalna kapaciteta (CEC), vsebnost organske snovi, prisotnost mineralnih glinenih delcev in Fe, Mn ter Al oksidov, temperature, redoks potenciala, strukture tal ...) (Kayser in sod., 2000 v Markelc 2008, str. 4).

Vsebnosti TK so običajno v zgornjih slojih tal (0-15 cm) večje kot v spodnjih. V zgornjih horizontih se zadrži več kovin zaradi več organskih snovi in izpustov TK iz ozračja. V globljih slojih tal so večje vsebnosti TK zaradi navoženih onesnaženih tal ali pa so zaprte deponije odpadkov (Alloway 2004 v Markelc 2008, str. 4).

Celjska kotlina je ena izmed najstarejših in najintenzivnejših industrijskih območij v Sloveniji. Industrijska območja so nastala z dejavnostjo predelovanja z rudninami in premogom bogata naravna zaledja; dobra prometna povezanost s svetom ter bližina velikih tržišč (Avstrija, Podonavje, severna Italija) (Grilc 2013, str. 24).

Številne dosedanje raziskave so pokazale, da je zaradi dolgoročne aktivnosti metalurško-kemične industrije na območju, ki se sedaj imenuje »Stara Cinkarna«, v neposredni sosesčini mestnega centra Celja, ostalo izjemno onesnaženo zemljišče (prav tam, str. 23). V Mestni občini Celje so tla močno onesnažena z nekaterimi toksičnimi kovinami, predvsem Cd, Pb in Zn. Ker se kovine v tleh dobro vežejo na organsko snov ter glinene minerale, ostajajo v zgornjih slojih tal dlje časa. Tako ta onesnažena tla ostajajo tudi po prenehanju onesnaževanja vir toksičnih kovin za človeka. Glavne poti vnosa kovin v človeka so predvsem preko hrane, ki se pridela na onesnaženih območjih, direktno z vdihavanjem finih delcev iz zraka ter uživanjem finih talnih delcev preko rok (Lobnik in sod., 2010, str. 14). Celje je kot tretje največje mesto v Sloveniji znano po izrazitem razvoju industrije v 19. in 20. stoletju. Zaradi razvoja industrije, kmetijstva, prometa ter zgoščenega urbanega naselja so posledice vidne predvsem v povečanih vsebnostih nekaterih kovin (Cd, Zn in Pb). Tla so segment v okolju, ki najdlje obdržijo obremenjenost okolja s kovinami, saj se le-te akumulirajo v tleh (prav tam, str. 15).



Slika 1: Prikaz raziskovalnega območje (Medlog in Bukovžlak)
(Vir: medmrežje 1)

2.3 Esencialni in ne- esencialni elementi v rastlinah

Kovine so posredno in/ali neposredno udeležene v rasti rastlin. Za rast in razvoj potrebuje rastlina esencialne elemente. Delimo jih na makro in mikroelemente. Makroelementi so rastlinska hranila, ki jih rastlina potrebuje sorazmerno veliko, v koncentracijah večjih od 20 mg/kg. Ta hranila so: C, O, H, K, Ca, Na, N in Mg. Mikroelementi pa so tista rastlinska hranila, ki jih rastlina potrebuje v majhnih količinah, manjših od 0,5 mg/kg. V to skupino uvrščamo: Fe, Mn, Zn, B, Mo in Cu. Esencialnih elementov pri njihovi biokemijski vlogi ne more nadomestiti drug element (Hagemeyer, 1999 v Pavšič-Mikuž 2005, str. 11).

Esencialni elementi naj bi ustrezali naslednjim kriterije:

- pomanjkanje elementa privede do abnormalne rasti, prekinitve celičnega cikla in prezgodnje odmrtnosti rastlin,
- element je sestavni del rastline (organske strukture, molekule), ki je nujno potreben za rastlino (npr. N v beljakovinah),
- element, ki je neposredno vključen v rastline (Arnon in Stout, 1939 v Slak 2015, str.7).

Mineralni elementi, ko so P, N in S so osnovni gradniki beljakovin in nukleinskih kislin. Ostali mineralni elementi, kot so Mg in drugi esencialni mikroelementi služijo kot gradniki organskih struktur (encimov). Pri tem so posredno ali neposredno vpleteni v encimsko aktivnost. Izjema sta Cl in K (Marschner, 1995 v Slak, 2015, str.8).

Elementi, kot so Cu, Fe, Mn, Ni in Zn so esencialni, ampak lahko pri določeni vrednosti postanejo toksični za rastlino. Rastline pa absorbirajo tudi ne- esencialne elemente, čeprav ti elementi ne prispevajo k boljšemu metabolizmu rastline. Že zelo nizke vrednosti teh elementov (Cd, La, Cr, Ce) so lahko toksične za rastlino (Kötschau in sod., 2012 v Slak, 2015, str.8). Ob prevelikih koncentracijah v zemlji se pri rastlini pojavijo simptomi strupenosti. Kaže se negativni vpliv na aktivnost encimov, poškodujejo se plazmatske membrane in zavrta je rast korenin. Kovine stimulirajo tvorbo prostih radikalov ter reaktivnih kisikovih spojin, posledica je oksidativni stres. Negativne posledice so tudi v oteženem sprejemu vode in ionov, transportu asimilatov in ovirani fotosintezi (Dietz in sod., 1999 v Redek, 2013, str. 12).

Čeprav so mikroelementi v rastlinah prisotni v majhnih količinah, je njihova vloga pri rastlinah izjemno pomembna. Pogosto se pri rastlinah pojavi pomanjkanje mikroelementov zaradi povečane potrebe hranil pri intenzivnem načinu pridelave, gojenja pridelkov na osiromašeni zemlji, zmanjšani uporabi živalskega gnoja in komposta ter uporabi gnojil z majhno vsebnostjo hranil (Fageria in sod., 2002 v Slak, 2015, str.8).

2.4 Zakonodaja

Za nekatere nevarne snovi obstajajo mejne vrednosti, ki jih opredeljuje Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS 68/96). Uredba velja za celotno območje Republike Slovenije in vse vrste rabe tal (Zupan in sod., 2008, str. 12).

Glede na izvor onesnaženja lahko govorimo o onesnaževanju iz kmetijstva (biotehniško onesnaževanje), industrije, mest in prometa. S skupnim izrazom imenujemo to nebiotehniško onesnaževanje. Način, kako onesnažila pridejo do tal, delimo na razpršeno, točkovno in linijsko onesnaženje (prav tam, str. 12).

Preglednica 1: Mejne in opozorilne vrednosti za nekatere TK v mg/kg suhih tal
(Vir: medmrežje 2)

Nevarna snov	Mejna imisijska vrednost (mg/kg)	Opozorilna imisijska vrednost (mg/kg)	Kritična imisijska vrednost (mg/kg)
Cd	1	2	12
Zn	200	300	720
Pb	85	100	530
As	20	30	55
Co	20	50	240
Cr	100	150	380
Cu	60	100	300
Hg	0,8	2	10
Mo	10	40	200
Ni	50	70	210

Preglednica 1 prikazuje vrednosti TK v tleh ter mejne vrednosti za posamezno kovino, ki jo določa uredba nevarnih snovi v tleh.

Preglednica 2: Mejne vrednosti kovin v soji, kot v živilu
(Vir: Uredba komisije (ES) št. 1881/2006)

Kovina	Živilo	Mejne vrednosti mg/kg mokre teže
Pb	Žita, stročnice in zrna stročnic	0,20
Cd	Soja	0,20

Preglednica 3: Mejne vsebnosti kovin v soji, kot proizvodu prehrane za živali
(Vir: Direktiva 2002/32/ES evropskega parlamenta in sveta)

Kovina	Proizvodi, namenjeni za prehrano živali	Največja vsebnost v mg/kg (ppm) pri krmi z 12-odstotno vsebnostjo vlage
Pb	Posamična krmila	10
	Dopolnilne krmne mešanice	10
	Popolne krmne mešanice	5
Cd	Posamična krmila rastlinskega izvora	1
	Dopolnilne krmne mešanice	0,5
	Dopolnilne krmne mešanice za hišne živali	2
	Druge dopolnilne krmne mešanice	0,5
	Popolne krmne mešanice za govedo, ovce, koze in ribe (razen za teleta, jagnjeta in kozličke)	1 (0,5)
	Popolne krmne mešanice za hišne živali	2

2.5 Soja (*Glycine max* (L.))

Soja (*Glycine max* (L.)) je enoletna zeljnata rastlina grmičaste oblike. Spada v družino stročnic *Fabaceae* in rod *Glycine* (Čeh in sod., 2009, str. 17).

Soja je strateško pomembna oljnica in beljakovinska stročnica, zato se zemljišča pod sojo vsako leto povečujejo (FAO 2006 v Razpotnik 2008, str. 2). V primerjavi z letom 2000, ko je bilo s sojo posejanih 70 mio ha, so se v zadnjih letih zemljišča povečala na približno 100 mio ha (Razpotnik 2008, str. 2).



Slika 2: Sojino polje
(Vir: medmrežje 3)



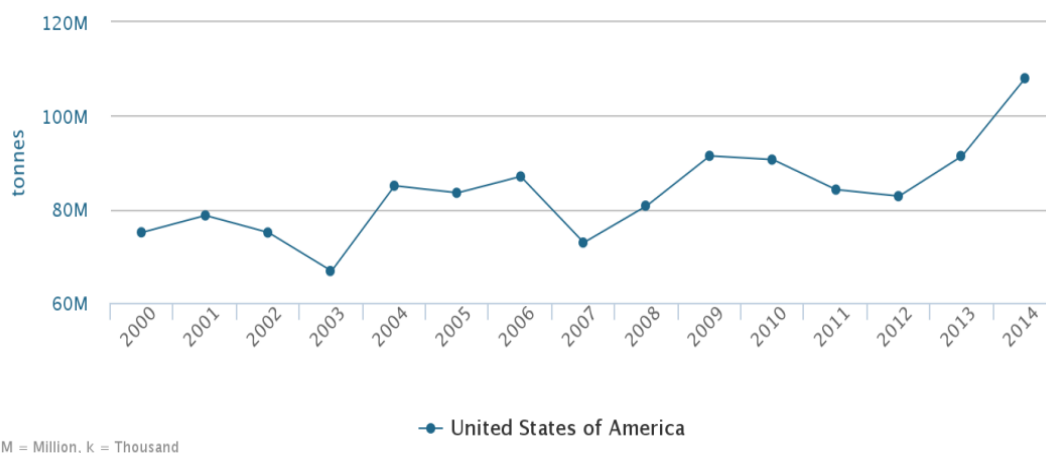
Slika 3: Soja
(Vir: medmrežje 4)

2.6 Preskrba soje po svetu in Sloveniji

V vzhodni Aziji uspeva tako divja soja, kot tudi gojena soja. V stari Kitajski so sojo uporabljali za prehrano ljudi (Černe 1997, str. 76-77).

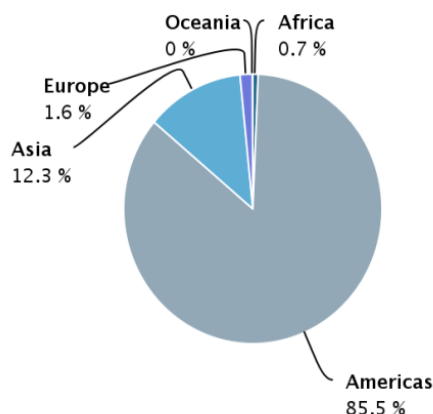
Soja uspeva v toplejših do zmerno toplih območjih. Na Kitajskem so jo gojili že pred 5.000 leti, potem pa se je v 18. stoletju razširila v ZDA in nato še v topla območja Balkana ter južne Evrope. Pri 110 mio ha svetovne pridelave v letu 2013, je soja med poljščinami zavzela četrto mesto. Pred njo so samo pšenica, koruza in riž. Največje svetovne pridelovalke soje so ZDA (31 mio ha), Brazilija (28 mio ha), Argentina (29 mio ha), Indija (12 mio ha), Kitajska (7 mio ha), Paragvaj (3 mio ha) in Kanada (2 mio ha). Povprečen pridelek sojinega zrnja na svetu je 2,5 t zrnja/ha (Kocjan Ačko 2015, str. 79).

Na strani svetovnega spleta Faostat lahko razberemo, da je ZDA največja pridelovalka soje od leta 2000 do leta 2014.



Graf 1: Delež soje v ZDA od leta 2000 do 2014
(Vir: medmrežje 5)

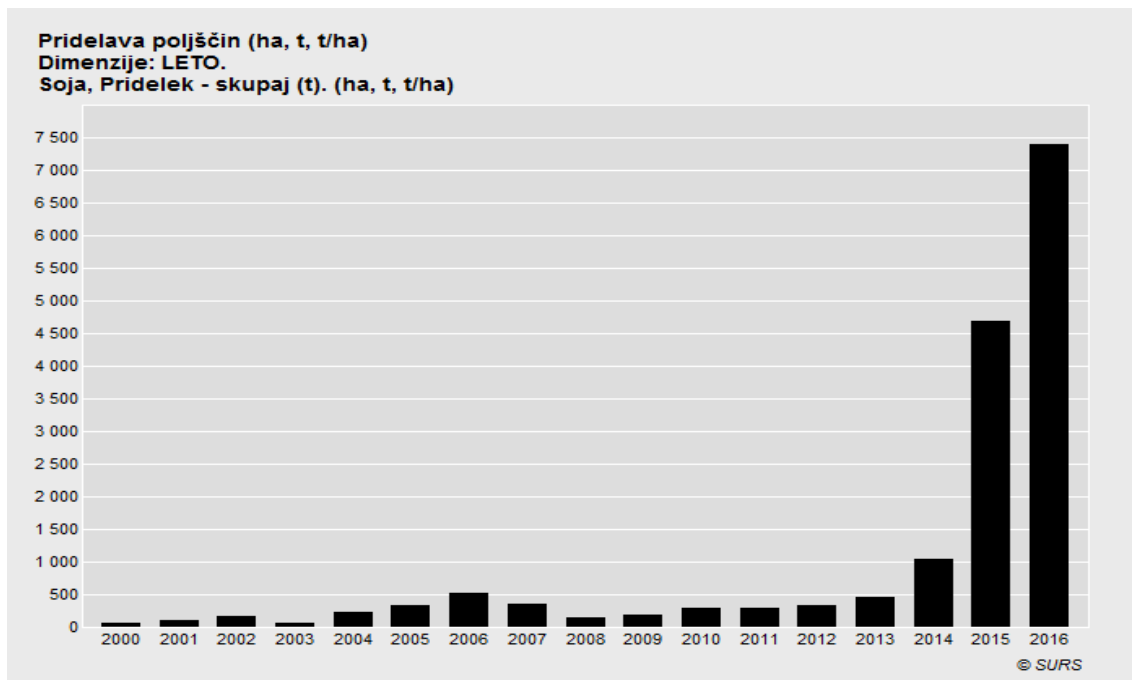
Najmanj soje v ZDA v zadnjem obdobju je bilo pridelano leta 2003 (66,8 mio ton/ha). Največ soje so pridelali leta 2014, kar 108 mio ton/ha. Povprečno število pridelave v ZDA v 14 letih je okoli 89 mio ton na leto.



Graf 2: Delež proizvodnje soje po svetu
(Vir: medmrežje 5)

Procentualno po svetovnem deležu je pridelava soje v Ameriki 85,7 %. Sledijo ji Azija z 11,9 % in Evropa z 1,7 %. Zelo majhen delež proizvodnje ima Afrika, pod 1 %.

Zaradi vsestranske uporabe soje si v zadnjem času, zlasti v razvitih deželah vse bolj prizadevajo za še večjo razširitev te proizvodnje, tudi pri nas. Večje pridelovanje soje pa bo uspešno le v primeru, če se bo dovolj dobro poznala smotrna in pravilna uporaba le-te (Nenadić 1985, str. 49).



Graf 3: Skupni pridelek soje v Sloveniji v tonah v letih 2000-2016
 (Vir: medmrežje 6)

V Sloveniji je bilo v letih 2000, 2001, 2002, 2003, 2008 in 2009 zelo malo površin posejanih s sojo. Iz grafa 3 lahko vidimo, da so se površine s sojo znatno povečale iz leta 2014 na 2015, v 2016 je bil skupni pridelek 7.500 ton.

Sojo v Sloveniji pridelujemo v majhnem obsegu, čeprav se trudimo z uvajanjem že več kot 100 let. Po letu 2000 jo nekateri ekološki kmetje sejejo kot zrnato stročnico v kolobarju, ampak imajo pri pridelavi soje kar nekaj težav (preredki in zapleveljeni posevki ter neprimerne sorte glede na zrelostni razred). Večina soje, ki jo v Sloveniji uporabimo za prehrano živali in ljudi, se uvaža iz drugih držav. Med strokovnjaki ter predelovalci je prevladalo mnenje, da je nakup sojinega zrnja in stranskih proizvodov cenejši glede na stroške pridelave ter predelave soje pri nas (Kocjan A.D. 2004 v Razpotnik 2008, str. 1).

2.7 Uporaba in namen pridelave soje

Soja je najbolj pomembna rastlina za pridelavo beljakovin na svetu. V semenu je več kot 30 % beljakovin, pri gensko spremenjeni tudi do 55 %. Sojine beljakovine so po aminokislinski sestavi in po hranljivosti zelo podobne beljakovinom živalskega izvora. Seme vsebuje okrog 14 % do 27 % olja, ki se največkrat izkorišča za nadaljnjo industrijsko predelavo. Vsebuje še od 2,7 % do 12 % ogljikovih hidratov ter od 3,7 % do 5,9 % pepela. S svojim močno razvejanim in globokim koreninskim sistemom soja zelo ugodno vpliva na vzdrževanje in izboljševanje strukture tal, poleg tega pa veže dušik iz zraka (Čeh 2009, str. 20-21).

Uporaba soje:

- za prehrano ljudi (juhe, solate, kruh, peciva, omake, mleko, mlečni izdelki, nadomestek za meso, solatno olje, kalčki ...),
- za prehrano živali kot kakovostna beljakovinska krma (sojine pogače, moka in zdrob iz praženih semen, zelena masa, posušena in zmleta cela rastlina ...),
- v industriji (za izdelavo sveč, za krmila, barve za tekstil, linoleja, različnih emulgatorjev, barv, firneža, mil, elektro–izolacijskega materiala, nepremočljivih tkanin, zdravil, lakov, plastičnih mas, tekstila, papirja, lepil, nadomestila za celuloid, sojine volne, hidravlično olje ali mazivo za stroje, uporablja se tudi v živilsko predelovalni industriji in v proizvodnji biodizla ...),
- oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel (prav tam str. 21).

Iz sojinih pogač poleg moke in izločenih beljakovin dobivamo tudi beljakovinski koncentrat soje, ki ga potrebuje pekarska industrija kot dodatek (aditiv), prav tako tudi mesna in druga živilsko predelovalna industrija (Nenadič 1985, str. 50).

Domačim živalim lahko krmimo mlade stroke ter zrnje, sveže, silirano ali suho zelinje soje, samostojno ali v mešanici s koruzo, toplotno obdelano suho zrnje, sojin drobljenec in moko, mešanice sojine z žitno moko in otrobe. Kot beljakovinski dodatek h krmi so ostanki olja po stiskanju iz semen, to so pogače (dobimo jih po hladnem stiskanju olja iz semen) ter tropine (dobimo po ekstrakciji olja iz semen z organskimi topili) – uporabljajo se sveže, suhe, zmlete, briketirane ali zdrobljene. Njena značilnost je boljša energijska sestava, zato pa slabša obstojnost (Kocjan Ačko 2015, str. 84-85).

Soja je kot živilo pomembno za tiste ljudi, ki so se odločili za brezmesno in dietno hrano. Strokovnjaki jo kot delikateso priporočajo ljudem vseh starosti. Lizin, izoleucin in treonin so aminokisliline, ki jih žitna zrnja vsebujejo malo. Nepredelana sojina zrnja so strupena, zato jih je potrebno pred pripravo jedi pražiti, kuhati, kaliti ali mikrobiološko predelati (prav tam, str.85).

3. MATERIALI IN METODE

3.1 Vzorčna mesta

Glede na prejšnje raziskave smo v Celju izbrali lokacijo, obremenjeno s TK (Bukovžlak). Prav tako smo za kontrolo in primerjavo izbrali lokacijo v Medlogu pri Celju, kjer je vpliv industrije zmanjšan in kjer je raba tal namenjena kmetijskim površinam.

V 2015 smo na IOP za raziskavo na obeh vzorčnih mestih posejali dve različni sorti soje (ES Dominator 00 in Naya 00) 60-70 semen na m².

Sorta soje ES Dominator 00

Sorta soje ES Dominator je francoskega porekla, spada v skupino srednje zgodnje zrelosti (00). Prvi stroki se nahajajo na višini cca. 9 cm, povprečno višino pa doseže do 90 cm. Sorta je odporna na bolezni. Ima vijolične cvetove, zrna pa so svetlo rumene barve in okrogle oblike. Vsebuje okoli 40 % beljakovin in 12 %maščob. Sejati jo je priporočljivo v začetku aprila, ko temperatura doseže 10 °C (70 semen m²). Potencialni donos sorte ES Dominator 00 je približno 4t/ha (prirejeno po Laznik, 2018).

Sorta soje Naya 00

Sorta soje Naya je metuljnica in spada prav tako v skupino srednje zgodnje zrelosti (00). Je zelo odporna na bolezni in ima visoko vsebnost beljakovin in srednjo vsebnost olja. Rastlina je nizke rasti z odlično stabilnostjo. Njeni cvetovi so vijolične barve, zrna pa so rumene barve. Obrodi lahko okoli 60 zrn/m². Priporočen setveni čas te sorte je med koncem aprila začetkom meseca maja (prirejeno po Laznik, 2018).

Velikost vzorčnih mest je bila v Medlogu približno 20 m² in v Bukovžlaku 7 m².

Sejali smo v vrste, med katerimi je bilo 25 cm razmika. Semena soje so si v vrsti sledila na razdalji 5 cm. V času sejanja smo vrste pognojili z umetnim gnojem 15/15/15. V času večje suše smo sojo zalivali.



Slika 4: Soja v Bukovžlaku
(Foto: N. Pavlinc, 2015)



Slika 5: Soja v Medlogu
(Foto: N. Pavlinc, 2015)

3.2 Vzorčenje rastlin

Vzorčili smo v oktobru 2015 in sicer tehnološko zrele rastline, stare približno 150 dni.

Pri vzorčenju smo uporabili:

- meter, za določanje dolžine stebel ter korenin,
- vrečke za shranjevanje stebel, korenin, strok ter zrnja,
- fotoaparata in
- pisalo.

Vzorčili smo po metodi naključno izbranih vzorcev na vrtu in polju. Za vsako sorto smo naključno izbrali 3 vzorce. Ker je za analizo vzorcev potrebno vsaj 1 g suhe snovi, smo zaradi majhne mase rastlin v en vzorec vzeli več rastlin. Tako je bilo v enem vzorcu najmanj 4 in največ 7 rastlin. Pri vzorčenju smo ločili korenine, stebela, stroke in zrna. Ločene vzorce smo primerno shranili v označene papirnate vrečke. Vzorce smo zračno sušili. Ko so stroki začeli pokati, smo ločili zrnje od strokov, shranili v papirnate vrečke in ustrezno označili.



Slika 6: Zrnja soje v stroku
(Foto: N. Pavlinc, 2015)

3.3 Mletje soje

Mletje zračno suhih rastlinskih delov (skupaj 48 vzorcev) soje je potekalo v Nacionalnem laboratoriju za zdravje, okolje in hrano (NLZOH) v Celju.

Pri mletju smo potrebovali:

- mlin,
- beli plašč,
- epruvete za jemanje vzorcev,
- krtača za pomivanje delov mlina in
- vrečke za ostanke vzorcev.



Slika 7: Mlin ZM200
(Foto: N. Pavlinc, 2015)



Slika 8: Mlevna orodja
(Foto: N. Pavlinc, 2015)

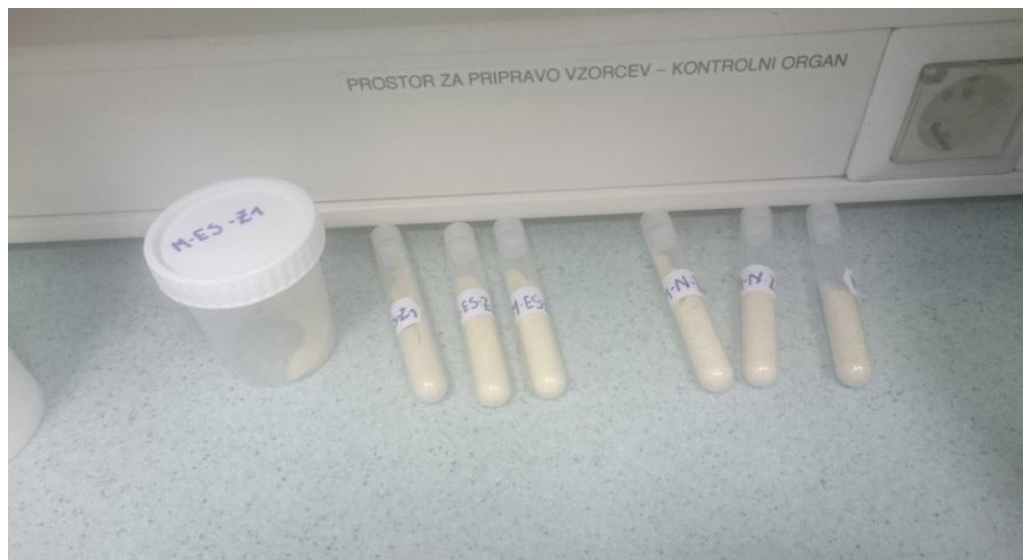
Mlin ZM200 (slika 7) se uporablja za hitro mletje mehkih do srednje trdih in vlaknatih materialov.

Mlevna orodja na sliki 8 so:

- labirintni disk,
- 12-zobni rotor,
- zbirna posoda (kasete),
- obročasto sito (10 mm in 5 mm),
- pokrov kasete.

Mleli smo glede na onesnaženost tal, s pomočjo predhodno pridobljenih rezultatov analiz na IOP. Začeli smo z mletjem vzorcev z manj onesnaženega vzorčnega mesta od zgoraj navzdol, torej v zaporedju: zrna, stroki, stebela in korenine obeh sort soje.

Mlevna orodja smo po vsakem mletju čistili z vodo. Pri mletju smo sprva uporabili večje sito, kjer je bila velikost luknjic 10 mm in nato še manjše sito, velikost luknjic je bila 5 mm. Vzorce, količine vsaj 1 g, smo shranili v manjše plastične epruvete, jih primerno označili in nepropustno zaprli. Preostanek vzorca smo označili in shranili za arhiv.



Slika 9: Zmleti vzorci zrnja
(Foto: N. Pavlinc, 2015)

Zračno suhe, zmlete in ustrezno označene vzorce smo poslali v Vancouver, v laboratorij ACME-Lab, kjer je bila opravljena multielementna analiza z masno spektroskopijo (ICP-MS) v raztopini vodnega medija z enakim deležem HCl in HNO₃, ki vključuje 37 elementov: molibden (Mo), baker (Cu), svinec (Pb), cink (Zn), srebro (Ag), nikelj (Ni), kobalt (Co), mangan (Mn), železo (Fe), arzen (As), uran (U), zlato (Au), thor (Th), stroncij (Sr), kadmij (Cd), antimon (Sb), bizmut (Bi), vanadij (V), kalcij (Ca), fosfor (P), lantan (La), krom (Cr), magnezij (Mg), barij (Ba), titan (Ti), bor (B), aluminij (Al), natrij (Na), kalij (K), volfram (W), skandij (Sc), talij (Tl), žveplo (S), živo srebro (Hg), selen (Se), telur (Te), galij (Ga). Zaradi lažjega izračuna faktorja obogatitve in komentiranja rezultatov smo se kasneje osredotočili samo na PPM mikroelemente z enoto mg/kg s.s., skupaj 26 elementov, med katerimi so bili: Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Mn, As, U, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, La, Cr, Ba, Ti, B, W, Sc, Tl, Se, Te in Ga.

3.4 Faktor obogatitve (EF)

Izračunali smo faktorje obogatitve za posamezen element v tleh in rastlinskih delih soje. Upoštevali smo srednje vrednosti posameznega elementa. Za izračun faktorja obogatitve smo uporabili dve formuli:

$$\text{Faktor obogatitve (EF)} = \frac{\text{vsebnost elementov v tleh v Bukovžlaku}}{\text{vsebnost elementov v tleh v Medlogu}}$$

Večji kot je faktor obogatitve v tleh, večja je vsebnost elementov v Bukovžlaku v primerjavi z Medlogu.

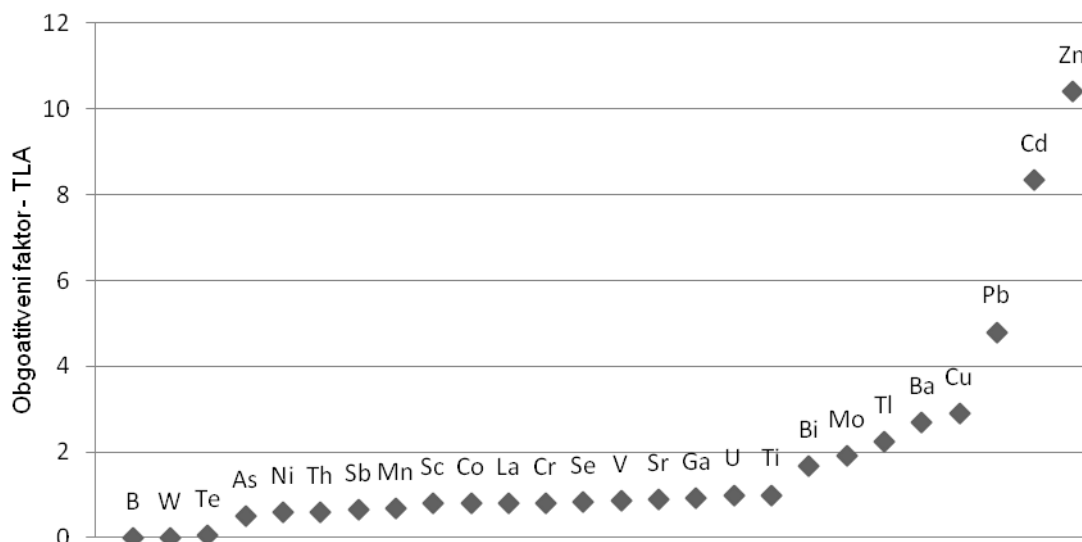
$$\text{Faktor obogatitve (EF)} = \frac{\text{vsebnost elementov v soji v Bukovžlaku}}{\text{vsebnost elementov v soji v Medlogu}}$$

Faktor obogatitve v posameznih delih soje pomeni za kolikokrat je vsebnost določenega elementa večja na določeni izbrani lokaciji. Kadar je faktor obogatitve večji od 1, element predstavlja neko tveganje in ga je potrebno posebej obravnavati.

4. REZULTATI

4.1 Rezultati kovin v tleh

Faktor obogatitve v našem primeru predstavlja razmerje med vsebnostjo elementa na mestu močne onesnaženosti (Bukovžlak) z malo onesnaženim mestom (Medlog). Graf 4 kaže prekomerno onesnaževanje tal na območju Bukovžlaka z TK, predvsem so izstopali Zn (10,4 mg/kg), Cd (8,3 mg/kg) in Pb (4,8 mg/kg).



Graf 4: Faktor obogatitve v tleh (Bukovžlak/Medlog) za posamezen element v letu 2009.

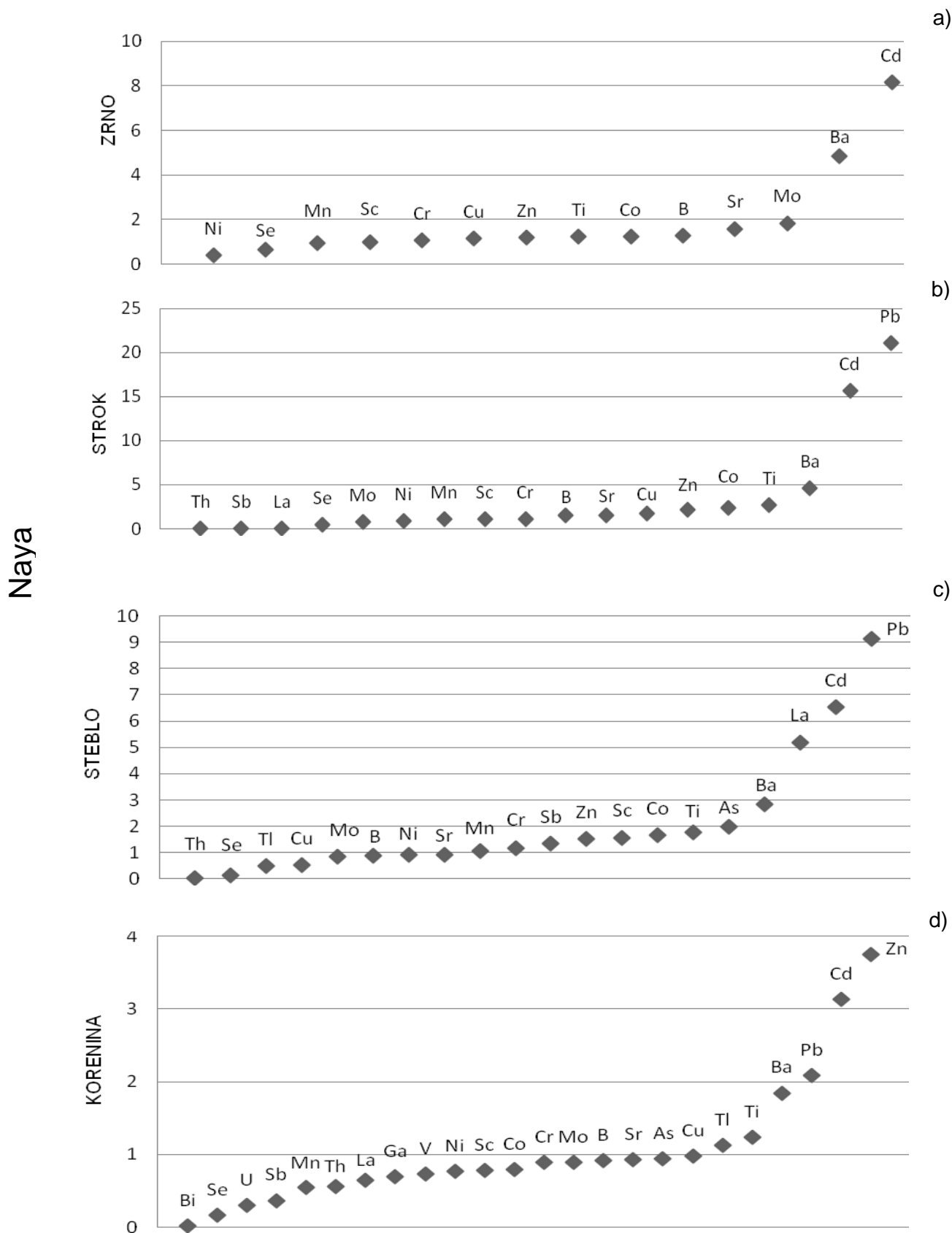
Izračunali smo faktor obogatitve za 26 mikroelementov, podanih v enotah mg/kg suhe snovi.

Izračunani faktorji obogatitve elementov padajo v zaporedju Zn>Cd>Pb>Cu>Ba>Tl>Mo>Bi>Ti=U. Pri teh elementih je prišlo do obogatitve, večjo vrednost obogatitve je imel posamezen element, večjo predstavlja tveganje.

Elementi, ki padajo v zaporedju pod 1, si sledijo v zaporedju Ga>Sr>V>Se>Cr>La>Co>Sc>Mn>Sb>Th>Ni>As>Te. Tukaj ne prihaja do obogatitve in ti elementi ne predstavljajo tveganj. V prilogi 1 so prikazani rezultati analize tal za posamezne elemente (Bukovžlak, Medlog), ter v prilogi 2 izračunano razmerje elementov na obeh lokacijah.

4.2 Rezultati kovin v rastlinskih delih soje

Graf 5 prikazuje izračunane faktorje obogatitve v rastlinskih delih soje sorte Naya.



Graf 5: Faktor obogatitve v zrnju (a), stroku (b), stebelu (c) in korenini (d) soje sorte Naya.

Graf 5 kaže povprečne vrednosti faktorja obogatitve v zrnu (a), stroku (b), stebelu (c) in korenini (d) v sorti soje Naya.

Graf 5 a: Pri zrnu sorte soje Naya povprečne vrednosti faktorja obogatitve v zaporedju padajo Cd>Ba>Mo>Sr>B>Co>Ti>Zn>Cu>Cr>Sc.

Povprečni faktorji obogatitve pod 1 padajo v zaporedju Mn>Se>Ni.

Graf 5 b: Pri stroku sorte soje Naya povprečne vrednosti faktorja obogatitve padajo v zaporedju Pb>Cd>Ba>Ti>Co>Zn>Cu>Sr>B>Cr>Sc>Mn.

Povprečni faktorji obogatitve pod 1 padajo v zaporedju Ni>Mo>Se>La>Sb>Th.

Graf 5 c: Pri stebelu sorte soje Naya povprečne vrednosti faktorja obogatitve padajo v zaporedju Pb>Cd>La>Ba>As>Ti>Co>Sc>Zn>Sb>Cr>Mn.

Povprečni faktorji obogatitve pod 1 padajo v zaporedju Sr>Ni>B>Mo>Cu<Ti>Se>Th.

Graf 5 d: Pri korenini sorte soje Naya povprečne vrednosti faktorja obogatitve padajo v zaporedju Zn>Cd>Pb>Ba>Ti>Ti.

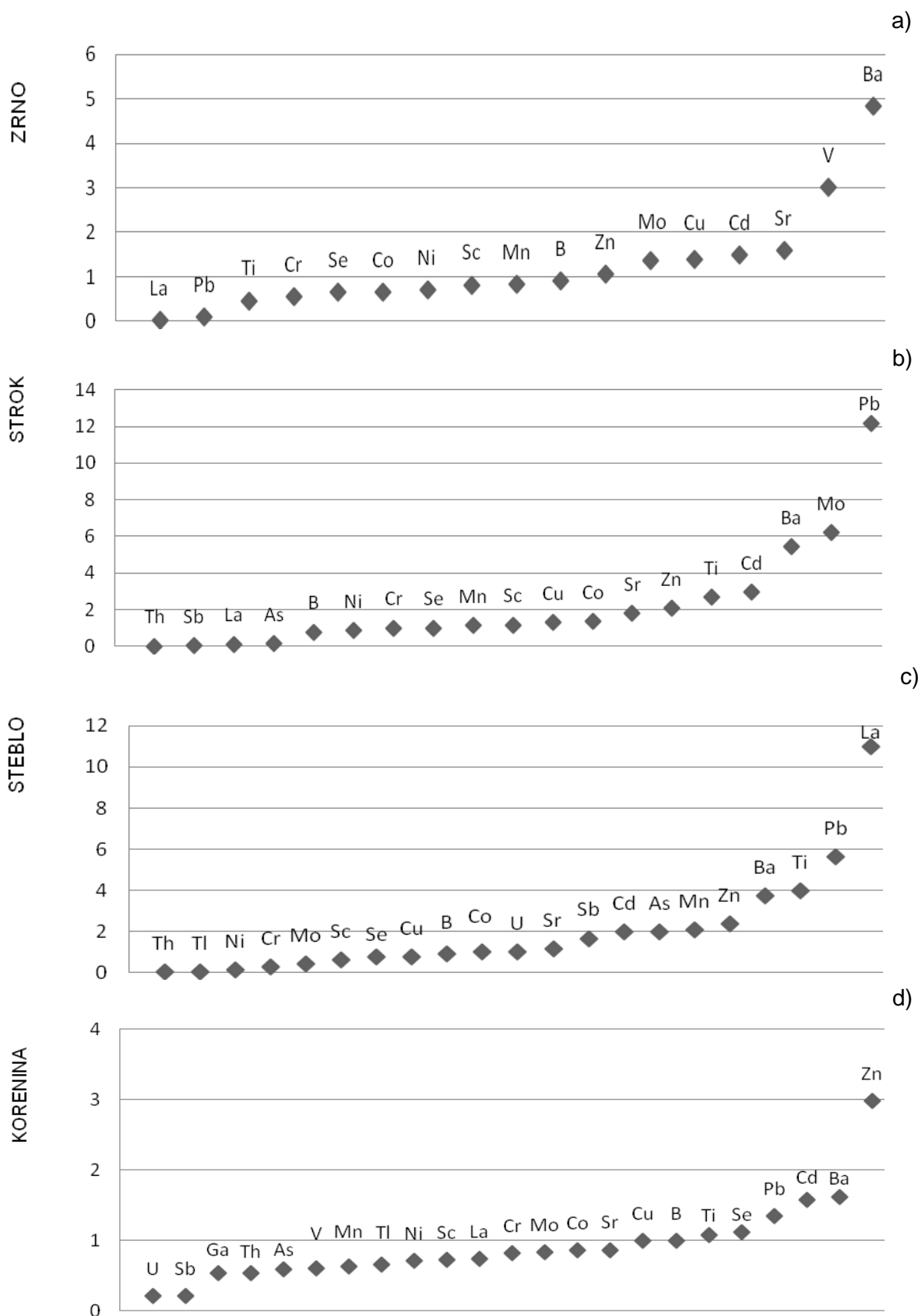
Povprečni faktorji obogatitve pod 1 padajo v zaporedju Cu>As>Sr>B>Mo>Cr>Co>Sc>Ni>V>Ga>La>Th>Mn>Sb>U>Se>Bi.

Preglednica 4: Izračunani faktorji obogatitve v soji sorte Naya za posamezne rastlinske dele

ZRNO - NAYA				STROK NAYA				STEBLO NAYA				KORENINA NAYA			
EF >1, =1		EF <1		EF >1, =1		EF <1		EF >1, =1		EF <1		EF >1, =1		EF <1	
Cd	8,15	Mn	0,93	Pb	21,08	Ni	0,93	Pb	9,14	Sr	0,93	Zn	3,76	Cu	0,98
Ba	4,86	Se	0,67	Cd	15,63	Mo	0,82	Cd	6,55	Ni	0,93	Cd	3,14	As	0,94
Mo	1,84	Ni	0,38	Ba	4,61	Se	0,50	La	5,20	B	0,89	Pb	2,09	Sr	0,92
Sr	1,59	Pb	0,00	Ti	2,70	La	0,06	Ba	2,85	Mo	0,84	Ba	1,85	B	0,92
B	1,27	As	0,00	Co	2,42	Sb	0,03	As	2,00	Cu	0,52	Ti	1,24	Mo	0,89
Co	1,25	U	0,00	Zn	2,18	Th	0,01	Ti	1,77	Tl	0,50	Tl	1,13	Cr	0,89
Ti	1,25	Th	0,00	Cu	1,77	Ga	0,00	Co	1,67	Se	0,13			Co	0,79
Zn	1,18	Sb	0,00	Sr	1,58	Te	0,00	Sc	1,57	Th	0,02			Sc	0,78
Cu	1,16	Bi	0,00	B	1,48	Tl	0,00	Zn	1,50	Ga	0,00			Ni	0,77
Cr	1,06	V	0,00	Cr	1,15	W	0,00	Sb	1,33	Te	0,00			V	0,73
Sc	1,00	La	0,00	Sc	1,13	V	0,00	Cr	1,15	W	0,00			Ga	0,69
		W	0,00	Mn	1,09	Bi	0,00	Mn	1,04	V	0,00			La	0,64
		Tl	0,00			U	0,00			Bi	0,00			Th	0,56
		Te	0,00			As	0,00			U	0,00			Mn	0,55
		Ga	0,00											Sb	0,37
														U	0,30
														Se	0,17
														Bi	0,02
														Te	0,00
														W	0,00

Graf 6 prikazuje izračunane faktorja obogatitve v rastlinskih delih soje sorte Es Dominator.

ES Dominator



Graf 6: Faktor obogatitve v zrnju (a), stroku (b), steblu (c) in korenini (d) sorte soje ES Dominator.

Graf 6 kaže povprečne vrednosti faktorja obogatitve v zrnu (a), stroku (b), stebelu (c) in korenini (d) v sorti soje ES Dominator.

Graf 6 a: Pri zrnu sorte soje ES Dominator povprečne vrednosti faktorja obogatitve padajo v zaporedju Ba>V>Sr>Cd>Cu>Mo>Zn.

Povprečni faktorji obogatitve pod 1 padajo v zaporedju B>Mn>Sc>Ni>Co>Se>Cr>Ti>Pb>La.

Graf 6 b: Pri stroku sorte soje ES Dominator povprečne vrednosti EF padajo v zaporedju Pb>Mo>Ba>Cd>Ti>Zn>Sr>Co>Cu>Sc>Mn>Se>Cr.

Povprečni EF pod 1 padajo v zaporedju Ni>B>As>La>Sb>Th.

Graf 6 c: Pri stebelu sorte soje ES Dominator povprečne vrednosti faktorja obogatitve padajo v zaporedju La>Pb>Ti>Ba>Zn>Mn>As>Cd>Sb>Sr>U>Co.

Povprečni faktorji obogatitve pod 1 padajo v zaporedju B>Cu>Se>Sc>Mo>Cr>Ni>Ti>Th.

Graf 6 d: Pri korenini sorte soje ES Dominator povprečne vrednosti faktorja obogatitve padajo v zaporedju Zn>Ba>Cd>Pb>Se>Ti>B.

Povprečni faktorji obogatitve pod 1 padajo v zaporedju Cu>Sr>Co>Mo>Cr>La>Sc>Ni>Ti>Mn>V>As>Th>Ga>Sb>U.

Preglednica 5: Izračunani faktorji obogatitve v soji sorte Es Dominator za posamezne rastlinske dele

ZRNO - Es Dom.				STROK Es Dom.				STEBLO Es Dom.				KORENINA Es Dom.			
EF >1, =1		EF <1		EF >1, =1		EF <1		EF >1, =1		EF <1		EF >1, =1		EF <1	
Ba	4,83	B	0,91	Pb	12,18	Ni	0,88	La	11,00	B	0,91	Zn	2,98	Cu	0,99
V	3,00	Mn	0,83	Mo	6,23	B	0,78	Pb	5,61	Cu	0,79	Ba	1,61	Sr	0,87
Sr	1,59	Sc	0,82	Ba	5,46	As	0,15	Ti	4,00	Se	0,75	Cd	1,57	Co	0,86
Cd	1,49	Ni	0,71	Cd	2,96	La	0,12	Ba	3,74	Sc	0,63	Pb	1,35	Mo	0,83
Cu	1,38	Co	0,66	Ti	2,67	Sb	0,03	Zn	2,35	Mo	0,44	Se	1,13	Cr	0,82
Mo	1,37	Se	0,64	Zn	2,05	Th	0,01	Mn	2,06	Cr	0,26	Ti	1,08	La	0,74
Zn	1,05	Cr	0,55	Sr	1,82	Bi	0,00	As	2,00	Ni	0,13	B	1,00	Sc	0,73
		Ti	0,46	Co	1,34	V	0,00	Cd	1,98	Tl	0,04			Ni	0,71
		Pb	0,09	Cu	1,29	W	0,00	Sb	1,67	Th	0,03			Tl	0,67
		La	0,03	Sc	1,17	Tl	0,00	Sr	1,15	Bi	0,00			Mn	0,63
		Ga	0,00	Mn	1,13	Te	0,00	Co	1,00	V	0,00			V	0,60
		Te	0,00	Cr	1,00	Ga	0,00	U	1,00	W	0,00			As	0,59
		Tl	0,00	Se	1,00	U	0,00			Te	0,00			Th	0,54
		W	0,00							Ga	0,00			Ga	0,54
		Bi	0,00											Sb	0,22
		Sb	0,00											U	0,21
		Th	0,00											Te	0,00
		U	0,00											Bi	0,00
		As	0,00											W	0,00

4.3. Rezultati kovin Pb in Cd glede na veljavno zakonodajo

Preglednica 6: Primerjava vsebnosti kovin Pb in Cd v zrnu za posamezne sorte na dveh vzorčnih mestih glede na zakonodajo o živilih in krmi za živali (Vir: Uredba komisije (ES) št. 1881/2006)

Element	Lokaciji	Sorti		Mejne vrednosti mg/kg mokre teže (živila)	Največja vsebnost v mg/kg (ppm) pri krmi z 12-odstotno vsebnostjo vlage (krma)
Pb	Medlog	Naya	< 0,01	0,2	5 do 10
		ES Dominator	0,17		
	Bukovžlak	Naya	0,01		
		ES Dominator	0,02		
Cd	Medlog	Naya	0,17	0,2	0,5 do 2
		ES Dominator	0,57		
	Bukovžlak	Naya	1,41		
		ES Dominator	0,85		

Na podlagi zakonsko dovoljenih mejnih vrednosti kovin v soji, kot v živilu za ljudi in krmi za živali za Pb ter Cd (preglednica 6), rezultati ne kažejo presežene vsebnosti Pb v zrnu. Rezultati analiz v zrnu kažejo preseženo vsebnost Cd v Medlogu pri sorti ES Dominator (0,57 mg/kg) in v Bukovžlaku pri sorti Naya in ES Dominator (1,41 mg/kg in 0,85 mg/kg v zaporedju) ter tako zrno ni primerno kot živilo za ljudi.

5. RAZPRAVA S SKLEPI

5.1 Tla

Rezultati analize tal so pridobljeni po predhodnih raziskavah IOP-a v letu 2009 za Medlog in analizirana zemlja v letu 2015 za vzorčno mesto Bukovžlak.

Rezultate smo primerjali z Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. L. RS 68/96). V spodnji preglednici so podani rezultati analiz tal elementov, ki glede na Ur. L. RS 68/96 presegajo mejno, opozorilno ali kritično vrednost.

Preglednica 7: Vsebnost elementov v vzorcih tal glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (mg/kg suhih tal)

Vir: Arhiv IOP

	Pb	Zn	As	Cd
Medlog	38	139	30,4	1,4
Bukovžlak	181	1445	14,4	11,7
mejna vrednost	85	200	20	1
opozorilna vrednost	100	300	30	2
kritična vrednost	530	720	55	12

Rezultati analiz tal kažejo povečano mejno vsebnost za Cd in As v Medlogu. V Bukovžlaku vsebnosti nevarnih snovi v tleh presegajo opozorilno vsebnost za Cd in Pb in kritično vsebnost za Zn.

Glede na Uredbo (Ur. L. RS 68/96) so razloženi pojmi in njihov pomen:

Mejna imisijska vrednost je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da se zagotavljajo življenjske razmere za rastline in živali in pri kateri se ne poslabšuje kakovost podtalnice ter rodovitnost tal. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje še sprejemljivi.

Opozorilna imisijska vrednost je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka ali okolje.

Kritična imisijska vrednost je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje onesnažena tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali ter za zadrževanje ali filtriranje vode.

Na podlagi zgoraj podanih rezultatov smo določili Medlog za malo onesnaženo vzorčno mesto in Bukovžlak za močno onesnaženo vzorčno mesto.

Preglednica 8: Vrednosti tal faktorja obogatitve

ELEMENTI	RAZMERJE (BUKOVŽAK/MEDLOG)
Zn	10,4
Cd	8,3
Pb	4,8
Cu	2,9
Ba	1,7
Tl	2,2
Mo	1,9
Bi	1,7

Preglednica (8) nam prikazuje izračun elementov v tleh, kjer so bile ugotovljene največje obogatitve. V primerjavi s faktorji obogatitve za tla v Bukovžlaku s primerjalno točko v Medlogu, so faktorji obogatitve značilni za naslednje elemente: Zn (10,4), Cd (8,3), Pb (4,8), Cu (2,9), Ba (2,7), Tl (2,2), Mo (1,9) in Bi (1,7). V prilogi (1) je v preglednici prikazanih vseh 26 obravnavanih elementov in njihove vsebnosti v tleh, prav tako v prilogi (2) vsi elementi po izračunu faktorja obogatitve.

V naši raziskavi so faktorji obogatitve značilni za tiste elemente, ki so posledica več desetletnega delovanja industrije v Celju (Lobnik in sod., 2010). Raziskava iz leta 1989, kjer so bile opravljene analize za vsebnost TK v tleh na območju Celja, kaže odstopanje vsebnosti elementov Zn, Cd in Pb (Lobnik 1989 v Lobnik in sod., 2010). V Mestni občini Celje je s Cd onesnaženih preko 4.901 ha zemljišč preko opozorilne vrednosti, prav tako je s Pb onesnaženih približno 4.750 ha, vsebnosti Zn v tleh pa presegajo opozorilno vrednost na 6.000 ha. Površin onesnaženih z Zn je več kot pri Pb ter Cd (Grčman in sod., 2013, str. 75). V preglednici antropogenih izvorov kovin v okolje (Ross 1994 v Zupan 2016, str. 9) se ti elementi pojavljajo predvsem pri atmosferskih usedlinah (kovinsko - pridelovalne industrije, izgorevanje fosilnih goriv). Izmerjene so bile velike vsebnosti Cu v prahu v neposredni bližini stare železarne v Štorah, kot posledica vpliva zračnih odvodnih plinov iz talilne peči v železarni Štore. Daleč najvišja izmerjena vsebnost Cu v tleh pa se nahaja v neposredni bližini nove železarne (Žibret, idr. 2010, str. 51). Oddaljenost Bukovžlaka od železarne v Štorah je 1,46 km.

Antropogeni izvor Tl je v atmosferskem depozitu metalurške industrije in Mo predvsem pri avtomobilskih izpustih in blatu čistilnih naprav. Za element Mo se po podatkih v Celju (2008) z referenčno točko v Novi Cerkvi (oddaljenost od Bukovžlaka 8,35 km) kažejo obogatitve 5,2, ki so najbolj izražene v cestnem sedimentu (Žibret, idr. 2010, str. 53 - 54). Za element Ba se pri eni izmed raziskav (Pukl, 2016), kaže povečana geokemična porazdelitev Ba v tleh v okolici Cinkarne, kjer je bil prav tako potrjen antropogen vnos z izračuni faktorjev obogatitve 7 - 8 v okolici Stare Cinkarne.

Bizmut (Bi) se naravno pojavlja kot kovina in se nahaja kot kristal v sulfidnih rudah niklja, kobalta, srebra ter kositra. Bizmutske spojine imajo na splošno zelo nizko topnost, ne štejejo se za strupene. Njihov glavni vir onesnaževanja okolja je taljenje bakra in svinčevih rud (Babula in sod., 2008, str. 199).

5.2 Privzem Cd in Pb v sojo glede na veljavno zakonodajo

Glede na slovensko zakonodajo mejnih vrednosti za živila (preglednica 2) in mejnih vsebnosti kovin v proizvodih, namenjeni za prehrano živali (preglednica 3), smo analizirali vsebnosti Cd in Pb v zrnju sort Naya in ES Dominator. Rezultati kažejo, da je vsebnost Pb pod mejno vrednostjo, ki jo predpisuje slovenska zakonodaja. Vsebnost Cd v zrnju je na močno onesnaženem območju presežena in tako ni primerna za živilo. Na malo onesnaženem območju je vsebnost Cd bila glede na zakonodajo za živila presežena pri sorti ES Dominator in tako kot živilo ni primerna za prehrano ljudi.

5.3 Faktorji obogatitve v soji

Sorta Naya

Za sorto Naya (graf 5) in preglednica 4 je faktor obogatitve v zrnju največji za Cd (8,15) in Ba (4,86), sledijo Mo (1,84), Sr (1,59), B (1,27), Co (1,25), Ti (1,25), Zn (1,18), Cu (1,16) in Cr (1,06).

Izračunan faktor obogatitve za strok je največji za Pb (21,08) in Cd (15,63), sledijo Ba (4,61), Ti (2,70), Co (2,42), Zn (2,18), Cu (1,77), Sr (1,58), B (1,48), Cr (1,15), Sc (1,13) in Mn (1,09).

Faktor obogatitve za steblo je največji za Pb (9,14), Cd (6,55) in La (5,20), sledijo Ba (2,85), As (2,00), Ti (1,77), Co (1,67), Sc (1,57), Zn (1,50), Sb (1,33), Cr (1,15) in Mn (1,04).

Izračunan faktor obogatitve je največji v korenini za Zn (3,76), Cd (3,14), Pb (2,09), Ba (1,85), Ti (1,24) in Tl (1,13).

Iz grafa (5) in preglednice (4) lahko razberemo, da imajo največje faktorje obogatitve v rastlinskih delih sorte Naya **ne-esencialni mikroelementi** Cd, Ba, Pb, La, As, Ti, Tl, Sc, Sr, Cr in Sb.

Literatura (Grčman idr. 2013) navaja, da je bil v Celju izmed preučevanih kovin prenosa iz tal v rastlinsko tkivo najintenzivnejši kadmij (Cd), kar potrjujejo tudi naši rezultati (Graf 5 a) za zrnje sorte Naya. Cd učinkovito absorbirajo koreninski in listni sistemi ter se kopičijo v organizmih tal. Ker rastline rastejo na onesnaženih tleh, je zelo velika verjetnost, da se Cd koncentrira tudi v korenine (Kabata – Pendias, 2001, str. 164). Literatura (Alloway 1994 v Romih 2013, str. 9) navaja, da Cd^{2+} pri večji vsebnosti v tleh zamenja Zn^{2+} pri prevzemu v rastlinske celice. Neesencialni kovinski ioni zaradi kemijske podobnosti vstopajo v rastlino po sistemu esencialnih ionov, kar se je zgodilo tudi v našem primeru.

Faktorji obogatitve za Cd > 1 so izračunani za vse rastlinske dele sorte soje Naya, največji izračunan faktor obogatitve za Cd je bil za strok (15,63).

Vsebnosti barija (Ba) v naši raziskavi so bile izračunane za zrno (4,86), strok (4,61), steblo (2,85) in korenino (1,85). Izračunani faktorji obogatitve za Ba > 1 so za vse rastlinske dele sorte soje Naya, največji izračunan faktor obogatitve za Ba je bil za zrno (4,86). Vsebnost Ba v rastlinskih tkivih se giblje od 1 do 198 mg/kg, kjer je največja v listih žit in stročnicah (Kabata – Pendias, 2001, str. 145). Za Ba v naši raziskavi je bila v Medlogu vsebnost največja v koreninah pri Naya (19,17 mg/kg). V Bukovžlaku je bila vsebnost največja v stroku pri Naya (40,60 mg/kg).

Svinec (Pb) je neesencialen element in slabo mobilen v rastline. Tako so lahko tudi nekatere rastline, ki so zrastle na zemlji z vsebnostjo Pb 300 mg/kg, neproblematične celo za uživanje. Če pa je prisoten v prevelikih količinah, lahko zavira rast in razvoj korenin. Drži trditev, da bolj ko neka rastlinska vrsta privzema Pb v svoj koreninski sistem, slabše ga razporeja po nadzemnih delih (Misteriji, str. 40). Izračunani faktorji obogatitve za Pb > 1 so v strokih, steblih in koreninah sorte Naya, največji izračunan faktor obogatitve za Pb je bil v stroku (21,8).

Lantan (La) se pojavlja v stebelu (5,20) sorte Naya in nima znane biološke vloge. Zanimivo je, da je vsebnost La v tleh večja v Medlogu in faktor obogatitve ni bil pričakovan.

Arzen (As) lahko najdemo v zemlji naravno v majhnih koncentracijah, prihaja preko tal in mineralov iz različnih virov (vulkani in fosilna goriva). Pri prevelikih količinah prihaja tudi v žive organizme in povzroča zdravstvene težave za ljudi in živali (medmrežje 7). Faktor obogatitve As je izračunan v stebelu (2,00).

Za titan (Ti) ni znanih poročil o vplivih na okolje, le da ima nizko toksičnost. Če je v obliki kovinskega prahu, povzroči nevarnost požara ali celo eksplozije (medmrežje 10). Je relativno nedostopen rastlinam in ni mobilen, kar pomeni da Ti ni bistveni element za rastline (Kabata – Pendias, 2001, str. 236). Faktor obogatitve za Ti je izračunan v zrnju, stroku stebelu in korenini ter je največji v stroku (2,70).

Talij (Tl) ni opazen pri virih onesnaževal okolja iz industrije, vendar pa se uporablja v strupenih pripravkih za podgane kot pesticid. Tl je zlahka na voljo rastlinam, in ko se koncentrira v koreninah do okoli 2 mg/kg, lahko zavira kalitev, rast rastlin in vsebnost klorofila (Kabata – Pendias, 2001, str. 199). Faktor obogatitve za Tl je izračunan v koreninah (1,13).

Krom (Cr) je element, ki je toksičen za rastline le, če je prisoten v velikih koncentracijah (Chatterjee J. in Chatterjee C. 2000 v Horvat 2009, str.11). Cr ni esencialen element za rastlinske celice. Večina privzetega Cr ostane v koreninah (Horvat, 2009, str. 12). Kot navaja Horvat v svoji nalogi (prav tam), so užitni plodovi poljščin vsebovali majhne količine Cr. Horvat je dokazal odvisnost akumulacije Cr od vrste rastline in močno omejen transport Cr po rastlini. Zemeljski plodovi (pesa, repa in hren) so vsebovali precej večje vsebnosti Cr kot nadzemni plodovi (fižol). Vsebnost Cr pa v nobenem vzorcu ni presegla 2 µgCr/g s.s. in 0,2 µgCr/g svežega vzorca. V naši nalogi je bil faktor obogatitve Cr izračunan za zrnje, steblo in strok. Največjo vrednost smo ugotovili v stroku in stebelu (1,15).

Stroncij (Sr) se nahaja v majhnih količinah v vsej zeleni zelenjavi, žitnem zrnju, mleku in tudi pitni vodi. Najbogatejše kamnine z njim so magmatske kamnine (Misteriji, str. 38). Po poročanju Wallace in Romney (Wallace in Romney 1982 v Kabata – Pendias 2001, str. 143) je privzem Sr iz podzemnih delov (korenin) v poganjke otežen, vendar pa se največje koncentracije Sr pogosto pojavljajo pri vrhovih rastlin, kar potrjujejo tudi naši rezultati. Faktor obogatitve Sr je izračunan pri zrnju (1,59) in stroku (1,58). V rastlinah ni poročil o strupenosti Sr, vendar pa se rastline razlikujejo glede na njihove tolerance na ta element. Ni dokazov, da ima normalna vsebnost Sr škodljive učinke na človeka in živali, vendar pa je akumulacija radionuklida Sr v hrani in krmi največja skrb za okolje (Kabata – Pendias, 2001, str. 143).

Za skandij (Sc) obstaja zelo malo podatkov o njegovi distribuciji v rastlinah. Ta element se le redko kje pojavlja, zato povečan faktor obogatitve ni bil pričakovan, izračunan je bil v stebelu (1,57) in stroku (1,13).

Antimon (Sb) velja za neobstojo kovino in je mobilni element za rastline, če je prisoten v topni obliki. Ni znanih poročil o strupenosti rastlin, ki jih povzroča Sb, vendar pa se lahko pričakuje, da se bodo koncentracije Sb povečale v rastlinah, ki rastejo na tleh, onesnaženih z industrijskimi emisijami in blatom čistilnih naprav (Kabata – Pendias, 2001, str. 247).

Faktor obogatitve za Sb je bil v našem primeru izračunan v stebelu (1,33).

Ugotovimo lahko, da je faktor obogatitve pri neesencialnih elementih za Nayo največkrat izračunan v stebelu (Cd, Ba, Pb, La, As, Ti, Cr, Sc in Sb) in najbolj poredko v zrnju (Cd, Ba, Ti, Cr in Sr) in korenini (Cd, Ba, Pb, Ti in Tl).

Med **esencialnimi mikroelementi** z faktorjem obogatitve > 1 pa se pojavljajo Mo, Co, B, Cu, Zn in Mn.

Molibden (Mo) je bistvenega pomena za mikroorganizme. Nekatere vrste bakterij lahko oksidirajo Mo v tleh. Običajno je v listnih tkivih Mo 1 mg/kg ali manj, medtem ko pri koreninah več. Povečana vsebnost Mo (> 20 mg/kg) v proizvodih, namenjenih za prehrano živali, je lahko toksična za živali (Adriano 2001 v Romih 2013, str. 78). V rastlinskem svetu je Mo nujno potreben element, saj pri rastlinah deluje kot komponenta encimov, ki so odgovorni za predelavo strupenih nitritov v proteine. Pomanjkanje Mo v zemlji se kaže kot nalaganje nitritov v listih in s tem njihovo rumenenje in odmiranje. Rast je počasnejša. Posebej občutljive na pomanjkanje Mo so metuljnice (detelje in stročnice), kamor spada tudi soja (Misteriji, str. 37). Faktor obogatitve za Mo je bil izračunan v zrnju (1,84).

V svetu živih bitij ima kobalt (Co) pomembno vlogo. Pri pomanjkanju Co v rastlinah le-te slabo razvijejo koreninski sistem in posledično zaostajajo v rasti, podobno kot Mo v rastlinskem svetu velja Co za biostimulant (Misteriji, str. 45). Poleg dejavnikov tal, ki močno vplivajo na koncentracije Co v rastlinah, se sposobnost kopičenja Co z rastlinskimi vrstami zelo spreminja. Znano je, da na splošno koncentracija Co v stročnicah presega vsebnost Co v travah in žitaricah. Zdi se malo verjetno, da bi zrna vsebovala večje količine Co, kot jih najdemo v zelenih delih, vendar se lahko v zrnih določenih vrst žit pojavijo višje vsebnosti Co, pa tudi v zrnih rastlin, ki rastejo na določeno onesnaženih tleh in podnebnih razmerah (Kabata – Pendias, 2009, str. 323). Pri Co je bil faktor obogatitve izračunan pri vseh nadzemnih delih soje, razen pri korenini. Največji izračun je bil v stroku (2,42).

V svetu rastlin je bor (B) življenjskega pomena in rastline brez njega ne dosežejo stopnje cvetenja, njihova stebela pa so izredno krhka. Le ena rastlina nima B fiksiranega v svojem tkivu in to je sliva. Strupenost B in večine njegovih spojin je nizka (Misteriji, str. 40). Odzivi posameznih rastlinskih vrst na B so različni glede na rastlinsko vrsto. Nedavna raziskava biokemije je poudarila poseben pomen interakcij B z biološkimi membranami in z različnimi biomolekulami. Pomanjkljivost B se kaže v zmanjšanemu pridelku semena (Kabata – Pendias, 2001, str. 188). Faktor obogatitve za B je izračunan v zrnju in stroku ter je največji v stroku (1,48).

Baker (Cu) je esencialen element. V tleh z visokim pH, visoko vsebnostjo organske snovi v tleh in v tleh, kjer je značilna hitra infiltracija vode, se njegova dosegljivost za rastline zmanjša. Je nujno potreben vsem organizmom, previsoke vsebnosti Cu v tleh pa so lahko tudi toksične za rastline, živali in ljudi. Pri rastlinah povzročajo tudi železno klorozo (Leštan 2000 v Tuhtar 2012, str. 5). Vsebnost Cu je pri rastlinah bistvena tako za zdravje rastline kot za oskrbo s hranili za ljudi in živali. Nekatere rastlinske vrste imajo veliko toleranco za povečane vsebnosti Cu in lahko v svojih tkivih kopičijo izredno velike količine te kovine. Vsebnost vseh rastlinskih delov večinoma naj ne bi presegala 20 mg/kg, zato se ta vsebnost šteje za prekomerno, vendar pa se lahko v primernih pogojih v rastlinah kopiči več Cu, še posebej v koreninah (Kabata – Pendias, 2001, str. 128 in 132). Faktor obogatitve je v našem primeru za Cu izračunan v zrnju in stroku ter je največji v stroku (1,77).

Cink (Zn) je pomemben sestavni del encimov, večje količine pa lahko povzročajo motnje v reprodukciji (Leštan 2000 v Tuhtar 2012, str. 6). Zn je esencialen element, pomemben za rast in razvoj rastlin in v zrnju sorte Naye nima povečanega faktorja obogatitve, kot je bilo pričakovati, kar lahko pripišemo zamenjavi Zn^{2+} s Cd^{2+} .

V rastlini se nahaja največ Zn v koreninah, v nadzemnem delu pa v starejših listih. Mobilnost je odvisna od njegove koncentracije v tleh. Najmanjše vrednost Zn so večinoma v plodovih. Kadar je koncentracija Zn v tleh velika, je tudi transport po rastlini večji ter obratno (Kabata – Pendias in Pendias, 1984, str. 146). Faktor obogatitve za Zn je izračunan v vseh rastlinskih delih (zrno, strok, steblo in korenina). Največji izračunan faktor obogatitve je v korenini (3,76) in najmanjši v zrnu (1,18).

Mangan (Mn) je esencialen element, ki je nujno potreben rastlinam, ki ob pomanjkanju Mn v tleh ostanejo nizke in porumenijo, saj brez tega mikrohranila ne morejo pravilno metabolizirati dušika (Misteriji, str. 37). Mn deluje kot aktivator različnih encimskih reakcij v rastlini, na primer pri vodni delitvi med fotosintezo, sintezo aminokislin in proteinov ter pri izgradnji rastlinskih celičnih membran in kloroplastov. Običajno rastlina Mn absorbira s koreninami. Pomanjkanje Mn povzroča različne fiziološke spremembe v rastlini, ker je zmanjšana tvorba proteinov. Poleg tega pa se veliko kemičnih reakcij v celicah rastline upočasni, kar privede do nabiranja organskih kislin (medmrežje 8). Faktor obogatitve je bil izračunan v stroku in stebelu, največji je bil v stroku (1,09).

Ugotovimo, da je faktor obogatitve bil največkrat izračunan za zrno (Mo, Co, B, Cu in Zn) in strok (Co, B, Cu, Zn in Mn) ter samo enkrat za korenino (Zn).

Sorta ES Dominator

Za sorto ES Dominator (graf 6) in preglednica 5 sta največja faktorja obogatitve v zrnu Ba (4,83) in V (3,00), sledijo Sr (1,59), Cd (1,49), Cu (1,38), Mo (1,37) in Zn (1,05).

Izračunani faktor obogatitve za strok je največji za Pb (12,18), sledijo Mo (6,23), Ba (5,46), Cd (2,96), Ti (2,67), Zn (2,05), Sr (1,82), Co (1,34), Cu (1,29), Sc (1,17) in Mn (1,13).

Faktor obogatitve v stebelu je največji za element La (11,00), sledijo Pb (5,61), Ti (4,00), Ba (3,74), Zn (2,35), Mn (2,06), As (2,00), Cd (1,98), Sb (1,67) in Sr (1,15).

Izračunani faktor obogatitve za korenine je največji za Zn (2,98), sledijo Ba (1,61), Cd (1,57), Pb (1,35), Se (1,13) in Ti (1,08).

Značilni faktorji obogatitve **neesencialnih mikroelementov** za sorto soje ES Dominator so Ba, Sr, Cd, Pb, Ti, Sc, La, Sb in As.

Faktor obogatitve za barij (Ba) je glede na graf 6 in preglednico 5 značilen za vse rastlinske dele soje, največji faktor obogatitve 5,46 je izračunan v stroku. Zaporedje obogatitvenih faktorjev sorte Es Dominator, glede na rastlinske dele, je enak sorti Naya in pada zrno > strok > steblo > korenina.

Stroncij (Sr) je srebrna zemljoalkalijska kovina. Pridobivajo ga z elektrolizo stroncijevega klorida. Na zemlji ga je celo več kot S, a je veliko manj znan in tudi v industriji nima večjega pomena. Za element Sr ni poznana strupenost pri rastlinah in tudi ni dokazov, da ima stabilna oblika Sr na ravneh, prisotnih v biosferi, škodljive učinke na človeka in živali (Kabata – Pendias, 2001, str. 143). Faktor obogatitve za Sr je izračunan v zrnih, stroku in steblih ter je faktor obogatitve največji v stroku (1,82) sorte Es Dominator.

Faktor obogatitve za kadmij (Cd) so bili > 1 v vseh rastlinskih delih soje, največji je bil izračunan v stroku (2,96). Podobno kot pri sorti Naya tudi pri sorti Es Dominator neesencialni kovinski ioni Cd vstopajo v rastlino po sistemu esencialnih ionov.

Faktor obogatitve za svinec (Pb) > 1 so bili v strokih, steblih in koreninah. Največji faktor obogatitve je bil izračunan v stroku (12,18). Enako kot pri sorti Naya, tudi pri sorti Es Dominator pada v zaporedju strok > steblo > korenina.

Faktor obogatitve za titan (Ti) so bili izračunani v stroku, stebelu in korenini sorte Es Dominator. Največji izračunan faktor obogatitve Ti je v stebelu (4,00).

Skandij (Sc) redko najdemo v naravi, saj se pojavlja v zelo majhnih količinah. Nima nobene biološke vloge in ni strupen za rastline. Je pa lahko v delovnem okolju nevaren pri vdihavanju plinov iz zraka (medmrežje 9). Faktor obogatitve za Sc je izračunan samo v stroku (1,17) sorte Es Dominator.

Faktor obogatitve za antimon (Sb) je bil izračunan samo v stebelu (1,67) sorte Es Dominator, kakor tudi v sorti Naya.

Neesencialni arzen (As) je bil izračunan v stebelu (2,00) sorte Es Dominator, kakor tudi pri sorti Naya.

Faktor obogatitve za lantan (La) je bil izračunan prav tako kot za sorto Naya v stebelu (11,00). Ugotovimo, da je bil faktor obogatitve največkrat izračunan za steblo (Ba, Sr, Cd, Pb, Ti, Sb, As in La) ter najbolj poredko za korenino (Ba, Cd, Pb in Ti).

Med **esencialnimi mikroelementi** s faktorjem obogatitve > 1 se pojavljajo V, Zn, Mo, Cu, Co, Mn in Se.

Vanadij (V) se sicer pridobiva kot stranski produkt pri predelavi rud, iz katerih pridobivajo titan, svinec, uran ter druge kovine. Je nujno potreben nekaterim živim bitjem. Po trenutnih dognanjih V ni potreben za življenjske procese rastlin, razen za nekatere vrste iz rodu metuljnic (*Fabales*), kamor uvrščamo tudi sojo in kjer ga potrebujejo njihove simbiotske bakterije za fiksiranje dušika iz ozračja (Misteriji, str. 40), zato je faktor obogatitve za V pričakovan in je zaznan v zrnju (3,00). V igra pomembno vlogo tudi pri živalih (Misteriji, str. 40).

Faktor obogatitve za cink (Zn) v sorti Es Dominator je bil izračunan v vseh rastlinskih delih soje in je največji v koreninah (2,98) in najmanjši v zrnju (1,05), enako kot pri sorti Naya. Faktor obogatitve Co je bil izračunan samo v stroku (1,34) sorte Es Dominator, kakor tudi pri sorti Naya.

Faktor obogatitve za baker (Cu) je izračunan v zrnju in stroku. Največji izračunan faktor obogatitve je v zrnju (1,38).

Faktor obogatitve za molibden (Mo) je bil izračunan v zrnju in stroku, največji izračun je bil v stroku (6,23).

Faktor obogatitve za mangan (Mn) je bil izračunan v stroku in stebelu, največji izračun je bil v stebelu (2,06).

Selen (Se) v rastlinskem svetu, čeprav je pogost, nima znane vloge. Rastline ga v majhnih količinah vgrajujejo v molekule namesto žvepla. Razen redkih izjem velja v rastlinskem svetu pravilo, da malce Se koristi pri razvoju rastline, prevelike koncentracije pa hitro škodujejo, meja je postavljena zelo nizko (Misteriji, str. 38). V našem primeru je faktor obogatitve pri Se izračunan pri korenini (1,13). Ugotovimo, da je faktor obogatitve obravnavanih elementov bil največkrat izračunan za zrno (V, Zn, Cu in Mo) in strok (Zn, Cu, Mo in Mn) ter najbolj poredko za korenino (Zn in Se).

5.4 Analize hipotez

V diplomski nalogi sem podala tri hipoteze in jih glede na dobljene rezultate naše raziskave tudi potrdila oz. ovrгла:

- Vsebnosti kovin v soji bodo večje tam, kjer je večja vsebnost kovin v tleh.

Faktor obogatitve v tleh je izračunan za elemente (Zn, Cd, Pb, Cu, Ba, Tl, Mo in Bi), ki imajo faktor obogatitve nad 1. Faktor obogatitve je razmerje med vsebnostjo elementa v tleh v Bukovžlaku in Medlogu. Večja kot je vsebnost kovin v tleh v Bukovžlaku, večji je faktor obogatitve. Prav tako je faktor obogatitve za iste elemente večji v soji v Bukovžlaku. Hipoteza je s tem potrjena.

- Vsebnosti kovin v zrnih soje, ki je rastla na onesnaženih tleh, bodo pod zakonsko določeno mejo.

Za močno onesnažena tla smo izbrali Bukovžlak. Slovenska zakonodaja predvideva mejne dovoljene vsebnosti v živilu za elementa Cd in Pb. Rezultati za Pb (preglednica 6) ne kažejo presežene vsebnosti v zrnju. Rezultati za Cd pa kažejo preseženo vsebnost v zrnju v Medlogu pri sorti ES Dominator (0,57 mg/kg) in v Bukovžlaku pri sorti Naya in ES Dominator (1,41 mg/kg in 0,85 mg/kg v zaporedju) ter tako zrno ni primerno kot živilo za ljudi. Hipoteza je s tem ovržena.

- Soja je primerna rastlinska vrsta za prehrano živali, če je gojena na degradiranih tleh.

Glede na slovensko zakonodajo (Uredba komisije (ES) št. 1881/2006 in Direktiva 2002/32/ES evropskega parlamenta in sveta) je zrnje sorte Naya, ki je rastla v Medlogu, primerno kot živilo za ljudi in krmo za živali.

V zrnju soje Naya in Es Dominator, ki so rastle na degradiranih tleh v Bukovžlaku so bile presežene mejne vrednosti za Cd glede na prej omenjeno veljavno zakonodajo. Hipoteza je s tem ovržena.

6. POVZETEK

Soja (*Glycine max* (L.)) je v svetu najbolj razširjena pomembna oljnica in beljakovinska stročnica, zemljišča s sojo pa se vsako leto povečujejo. ZDA je še vedno med vodilnimi svetovnimi pridelovalkami soje ter glavna predelovalka soje v sojine izdelke, sledita ji Brazilija in Argentina. V Sloveniji pridelujemo zrnate stročnice le na 0,23 % njivskih površin, sojo pa na manj kot 200 ha v letu 2012. Namen projekta je zmanjšati odvisnost oskrbe z gensko spremenjeno sojo iz Brazilije (uvoz znaša 97,5 %) ter ustvariti pogoje za lokalno proizvodnjo živalskega in hrane rastlinskega porekla. Naša naloga je vključena v program preizkušanja sort, ki ga izvaja Kmetijski inštitut Slovenije. Diplomsko delo je nastalo v okviru CRP Soja, v obdobju 2015 do 2017 v sodelovanju z Univerzo v Mariboru, Fakulteto za kmetijstvo in biosistemske vede (FKBV), Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS), Univerze v Ljubljani, Biotehniške fakultete (ULBF) in Inštituta za okolje in prostor (IOP). Zaradi problemov, kot so manjšanje razpoložljivih površin, primernih za pridelavo hrane je potrebno iskati nove rešitve, kot je potencialna uporaba degradiranih območij. Potrebno je preučiti tudi uporabo dodatnih kmetijskih zemljišč, z namenom omogočanja pridelave rastlin, primernih za prehrano živali in ljudi ter za industrijske surovine in uporabo v energetske namene.

Eno izmed najbolj problematičnih območij onesnaženih tleh je MO Celje. Ravno zaradi teh problemov smo na IOP izbrali površine, kjer so vrednosti nekaterih kovin nad kritičnimi vrednostmi. Vzorčenje je potekalo na dveh različno onesnaženih površinah, na močno onesnaženih tleh v Bukovžlaku in manj onesnaženih tleh v Medlogu. V začetku junija 2015 smo na omenjenih lokacijah posejali dve sorti soje: Es Dominator (00) in Naya (00). Oktobra 2015 smo vzorčili sojo, zračno sušili in primerno pripravili za analizo. Vzorci soje so bili poslani v Vancouver, v laboratorij ACME-Lab, kjer je bila opravljena multielementna analiza z masno spektroskopijo (ICP-MS) v raztopini vodnega medija z enakim deležem HCl in HNO₃, ki vključuje 37 elementov (Pb, Ag, As, U, Th, Sb, Bi, V, La, Al, Na, W, Ti, Te, Ga, Ni, Au, Se, Mn, Sc, Hg, Cr, Ca, K, Mg, Cu, Zn, P, Ti, Co, B, S, Fe, Sr, Mo, Ba in Cd).

Opravljena je bila primerjava 26 mikroelementov (Pb, As, U, Th, Sb, Bi, V, La, W, Ti, Te, Ga, Ni, Se, Mn, Sc, Cr, Cu, Zn, Ti, Co, B, Sr, Mo, Ba in Cd) s pripadajočo enoto mg/kg s.s. v tleh. S pomočjo faktorja obogatitve smo izračunali srednje vrednosti za posamezen element v tleh. Faktor obogatitve je v našem primeru predstavljal razmerje med vsebnostjo elementa v tleh na mestu močne onesnaženosti (Bukovžlak) z malo onesnaženim mestom (Medlog). Rezultati so nam pokazali prekomerno onesnaževanje tal na območju Bukovžlaka s težkimi kovinami (TK), predvsem so izstopali Zn(10,4), Cd(8,3) in Pb(4,8). Elemente, pri katerih je faktor obogatitve bil pod 1 pa v nadaljnje nismo obravnavali.

V naši raziskavi so bili faktorji obogatitve značilni za tiste elemente, ki so posledica več desetletnega delovanja industrije v Celju.

Nato smo s pomočjo faktorja obogatitve opravili primerjavo istih elementov v rastlinskih delih (zrno, strok, steblo in korenina) dveh sort soje: Es Dominator (00) in Naya (00). Uporabili smo srednje vrednosti posameznih elementov. Obogatitve smo izračunali s pomočjo formule, ki je predstavljala razmerje med vsebnostjo elementa v soji v Bukovžlaku in vsebnostjo elementa v soji v Medlogu.

Rezultati so pokazali, da so največje obogatitve v rastlinskih delih pri sorti Naya ne-esencialnih mikroelementih za Cd, Ba, Pb, La, As in Ti. Obogatitve so največkrat izračunane v steblo (Cd, Ba, Pb, La, As, Ti, Cr, Sc in Sb), v stroku (Pb, Cd, Ba, Ti, Sr, Cr, Sc) ter najmanjkrat v zrnu (Cd, Ba, Ti, Cr in Sr) in korenini (Cd, Ba, Pb, Ti in Ti).

Med esencialnimi mikroelementi pa so obogatitve značilne za Mo, Co, B, Cu, Zn in Mn. Obogatitev je največkrat izračunana v zrnu (Mo, Co, B, Cu in Zn), stroku (Co, B, Cu, Zn in Mn), steblo (Pb, Cd, Ba, Ti, Sr, Cr, Sc) ter samo enkrat v korenini (Zn).

Rezultati pri sorti Es Dominator za ne-esencialne mikroelemente so obogatitve največje za Ba, Sr, Cd, Pb, Ti, Sc, La, Sb in As. Faktor je največkrat izračunan za steblo (Ba, Sr, Cd, Pb, Ti, Sb, As in La) ter najmanjkrat za korenino (Ba, Cd, Pb in Ti).

Pri esencialnih mikroelementih se obogatitve pojavljajo v Zn, V, Mo, Cu, Co, Mn in Se. Največkrat je faktor izračunan v zrnju (V, Zn, Cu in Mo) ter stroku (Zn, Cu, Mo in Mn) in najmanjkrat za korenino (Zn in Se).

Glede na dobljene rezultate smo ugotovili, da je največji faktor obogatitve izračunan za Pb v stroku sorte Naya in sicer 21,8. Največja obogatitev pri Es Dominator je prav tako za Pb v stroku (12,18). Pri obeh sortah se večja obogatitev kaže v stebelu, medtem, ko obogatitve v zrnju pri Pb ni bilo pri nobeni sorti. Pri sorti Es Dominator v primerjavi z Nayo se kažejo različne obogatitve za Cd. Pri Es Dominator je obogatitev v stroku (2,96), v drugih rastlinskih delih so obogatitve manjše, medtem, ko je pri Nayi obogatitev za Cd v stroku kar 15,63, prav tako se večje obogatitve kažejo v ostalih rastlinskih delih (zrno, steblo in korenina). Za obe sorti imamo obogatitev pri Zn največjo v korenini. Za sorto Naya je obogatitev 3,76 in za Es Dominator 2,98, v drugih rastlinskih delih so obogatitve manjše. Glede na rezultate obogatitve v tleh, kjer je največja za Zn (10,4) je obogatitev z Zn v soji manjša. Faktor obogatitve pri Nayi je za Ba izračunan v zrnju (4,86) in stroku (4,61) ter prav tako pri Es Dominator v zrnju (4,83) in stroku (5,46). Za As je bila obogatitev pri obeh sortah v stebelu (2,00), medtem, ko pri drugih rastlinskih delih ni izračunane obogatitve.

Pri Es Dominator se je obogatitev za Ti pokazala v stebelu (4,00), v zrnju ni izračunane obogatitve. Pri Nayi je obogatitev v stroku (2,70) in manjša v drugih rastlinskih delih. Za La, kar ni bilo pričakovati, je izračunana obogatitev pri Es Dominator v stebelu (11,00) in pri Nayi v stebelu (5,20). V drugih rastlinskih delih pa za La ni izračunane obogatitve. Prav tako je obogatitev izračunana pri Es Dominator za V v zrnju (3,00), kjer ni bila pričakovana. V drugih rastlinskih delih za V obogatitve ni bilo, prav tako ne pri Nayi.

Večje obogatitve so se pokazale tudi pri Nayi za Co v stroku (2,42) in pri Es Dominator za Mn v stebelu (2,06).

Primerjali smo tudi vsebnosti kovin Pb in Cd za posamezne sorte soje na dveh vzorčnih mestih glede na zakonodajo o krmi za živali in živilih za ljudi. Ugotovili smo (glede na preglednico 6), da na podlagi zakonsko dovoljenih mejnih vsebnosti kovin v soji, kot v živilu za ljudi in krmi za živali za Pb ter Cd, rezultati ne kažejo presežene vsebnosti Pb v zrnju, medtem ko rezultati analiz v zrnju kažejo preseženo vsebnost Cd v Medlogu pri sorti ES Dominator (0,57 mg/kg) in v Bukovžlaku pri sorti Naya in ES Dominator (1,41 mg/kg in 0,85 mg/kg v zaporedju). Ugotavljamo, da takšno zrno ni primerno kot živilo za ljudi.

Sorta Naya, ki je rasla na malo onesnaženih tleh, ne presega mejnih vrednosti kovin za živila in tudi ne za proizvode, ki so namenjeni za prehrano živali. Ugotavljamo, da je glede na slovensko zakonodajo (Uredba komisije (ES) št. 1881/2006 in Direktiva 2002/32/ES evropskega parlamenta in sveta) zrnje sorte Naya, ki je rasla v Medlogu, primerno kot živilo za ljudi in krmo za živali.

Menim, da je soja na onesnaženih območjih Bukovžlaka in Medloga primerna samo kot energetska rastlina. Ker pa imamo v Sloveniji druge primerne obdelovalne površine in bodo potrebe po tej surovini naraščale tudi v prihodnje, bi lahko pridelavo soje zaradi njenih ugodnih lastnosti pri vključevanju v njivski kolobar povečali in uporabljali za pridobivanje beljakovinske krme za domače živali.

7. SUMMARY

Soybean (*Glycine max* (L.)) is the most important and widespread oilseed and protein crop in the world, and land with soybean increase every year. USA is still among the leading world producers of soybean and the main processor of soybean into soy products, followed by Brazil and Argentina. Grain legume is produced in Slovenia on only 0,23 % of cropland and soybean on less than 200 ha in 2012. The purpose of the project is to reduce the dependence on supply of genetically modified soybean from Brazil (the import amounts to 97,5 %) and to create conditions for local production of food of animal and plant origin. Our thesis is included in the programme of testing varieties, which is carried out by the Agricultural Institute of Slovenia. The thesis was written as part of the Target Research Programme Soja, in the period from 2015 to 2017 in collaboration with the University of Maribor, Faculty of Agriculture and Life Sciences, Agricultural Institute of Slovenia, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty and Institute of Environment and Spatial Planning. Due to problems, such as the reduction of available land, appropriate for food production, it is necessary to search for new solutions, such as the potential use of degraded areas. It is necessary to study the use of additional agricultural land for the purpose of enabling plant production, appropriate for animal and human nutrition, for industrial raw material and use for energy purposes.

One of the most problematic areas with contaminated soil is the City Municipality of Celje. Precisely because of these problems, we chose land, where the values of some metals are above critical values. The sampling took place on two differently contaminated areas, on highly contaminated soil in Bukovžlak and less contaminated soil in Medlog. At the beginning of June 2015, we sown two soybean varieties on the above mentioned locations: Es Dominator (00) and Naya (00). In October 2015, soybean was sampled, air dried and appropriately prepared for an analysis. The samples of soybean were sent to Vancouver, to the ACME-Lab laboratory, where the multielement analysis was carried out with the mass spectrometry (ICP-MS) in the aqueous medium solution with the same share of HCl and HNO₃, which includes 37 elements (Pb, Ag, As, U, Th, Sb, Bi, V, La, Al, Na, W, Ti, Te, Ga, Ni, Au, Se, Mn, Sc, Hg, Cr, Ca, K, Mg, Cu, Zn, P, Ti, Co, B, S, Fe, Sr, Mo, Ba and Cd).

Comparison of 26 microelements (Pb, As, U, Th, Sb, Bi, V, La, W, Ti, Te, Ga, Ni, Se, Mn, Sc, Cr, Cu, Zn, Ti, Co, B, Sr, Mo, Ba and Cd) was carried out with the corresponding unit mg/kg s.s. in the soil. We calculated median values for a single element in the soil with the help of the enrichment factor. The enrichment factor represented in our case the ratio between the element content in soil on the location of high contamination (Bukovžlak) with the location with low contamination (Medlog). The results showed excessive contamination of soil with heavy metals in the area of Bukovžlak, especially metals such as Zn(10,4), Cd(8,3) and Pb(4,8) stood out. Elements, which enrichment factor was below 1, were not further analysed. In our research, the enrichment factors were characteristic for those elements, which are the consequence of industry in Celje for several decades.

With the help of the enrichment factor, we carried out a comparison of same elements in vegetative parts (grain, pod, stem and root) of two soybean varieties: Es Dominator (00) and Naya (00). We used the median values of single elements. The enrichments were calculated with the help of the formula, which represented the ratio between the element content in soybean in Bukovžlak and element content in soybean in Medlog.

The results showed that the highest enrichments in vegetative parts are with the variety Naya of non-essential microelements for Cd, Ba, Pb, La, As and Ti. The enrichments are mostly calculated in the stem (Cd, Ba, Pb, La, As, Ti, Cr, Sc and Sb), in the pod (Pb, Cd, Ba, Ti, Sr, Cr, Sc) and the least in the grain (Cd, Ba, Ti, Cr and Sr) and in the root (Cd, Ba, Pb, Ti and Ti). Enrichments among essential microelements are significant for Mo, Co, B, Cu, Zn and Mn. The enrichment is mostly calculated in the grain (Mo, Co, B, Cu and Zn), in the pod (Co, B, Cu, Zn and Mn), in the stem (Pb, Cd, Ba, Ti, Sr, Cr, Sc) and only once in the root (Zn).

Results for the variety Es Dominator for non-essential microelements show that the enrichments are highest for Ba, Sr, Cd, Pb, Ti, Sc, La, Sb and As. The factor is mostly calculated for the stem (Ba, Sr, Cd, Pb, Ti, Sb, As and La) and the least for the root (Ba, Cd, Pb and Ti).

In essential microelements, the enrichments appear in Zn, V, Mo, Cu, Co, Mn and Se.

The factor is mostly calculated in the grain (V, Zn, Cu and Mo) and in the pod (Zn, Cu, Mo and Mn), and the least in the root (Zn and Se).

Considering the results obtained, we established that the highest enrichment factor is calculated for Pb in the pod of the variety Naya, that is 21,8. The highest enrichment with Es Dominator is also for Pb in the pod (12,18). With both varieties, a higher enrichment is shown in the stem, while the enrichment in the grain with Pb was not present in any variety. Variety Es Dominator shows different enrichments for Cd, compared to the variety Naya. Es Dominator shows enrichment in the pod (2,96), the enrichments are lower in other vegetative parts, while the enrichment with the variety Naya for Cd is 15,63 in the pod, and also higher enrichments are shown in other vegetative parts (grain, stem and root). The enrichment for both varieties is the highest for Zn in the root. The enrichment for the variety Naya is 3,76 and for Es Dominator 2,98, the enrichments in other vegetative parts are lower. According to the enrichment results in soil, where the highest enrichment is for Zn (10,4), the enrichment with Zn in soybean is lower. The enrichment factor with the variety Naya is for Ba calculated in the grain (4,86) and in the pod (4,61), and also with the variety Es Dominator in the grain (4,83) and in the pod (5,46). For As, the enrichment was present with both varieties in the stem (2,00), while enrichments were not calculated for other vegetative parts.

With Es Dominator, the enrichment for Ti was present in the stem (4,00), while there is no enrichment calculated in the grain. For the variety Naya, there is enrichment in the pod (2,70) and lower in other vegetative parts. For La, the enrichment is calculated with the variety Es Dominator in the stem (11,00) and with the variety Naya in the stem (5,20), these results for La were not expected. There were no enrichments calculated in other vegetative parts for La. The enrichment is calculated also with the variety Es Dominator for V in the grain (3,00), where it was not expected. There was no enrichment shown for V in other vegetative parts, also not with the variety Naya.

Higher enrichments were shown with the variety Naya for Co in the pod (2,42) and with the variety Es Dominator for Mn in the stem (2,06).

We also compared the content of metals Pb and Cd for each variety of soybean on two sample locations according to the legislation on animal feed and food for people. We established (considering table 6) that according to legally permitted limit of metal content in soybean, as food for people and animal feed for Pb and Cd, the results do not show the exceeded content of Pb in the grain, while the results of analysis in the grain show the exceeded value of Cd in Medlog with the variety Es Dominator (0,57 mg/kg) and in Bukovžlak with the variety Naya and Es Dominator (1,41 mg/kg and 0,85 mg/kg in sequence). We determine that such grain is not suitable as food for people.

The variety Naya, which grew on less contaminated land, does not exceed the limit value of metal for food and also not for products, which are intended for animal nutrition. We establish, according to the Slovenian legislation (Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 and the Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council), that the grain of variety Naya, which grew in Medlog, is suitable as food for people and as animal feed.

I think that soybean on contaminated areas of Bukovžlak and Medlog is suitable only as an energy crop. Since there are other suitable cultivated areas in Slovenia and the needs for this raw product will increase also in the future, soybean production could be increased and used as protein feed for domestic animals due to its favourable characteristics in the inclusion in the crop rotation.

8. VIRI

- 1) Babula, P., Adam, V., Opatrilova, R., Zehnalek, J., Havel, L., Kizek, R. (2008). Uncommon Heavy Metals, Metalloids and Their Plant Toxicity: A Review, Springer, Dordrecht, Czech Republic, str. 199.
- 2) Bavec, F. (2014). Javni razpis za izbiro raziskovalnih projektov Ciljnega raziskovalnega programa »Zagotovimo si hrano za jutri!« v letu 2014 – Soja, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, str.16.
- 3) Bergant, J. (2008). Pridelek in možnosti uporabe pri nas pridelane soje v prehrani domačih živali. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, str.1.
- 4) Canna – Vodnik o pomanjkanju mangana. Medmrežje 8: http://www.canna.si/vodnik_o_pomanjkanju_mangana (5.10.2017).
- 5) Cheng – Di, D., Chih Feng, C., Ming – Sheng, K., Chiu – Wen, C. (2012). Enrichment, Accumulation and Ecological Risk Evaluation of Cadmium in the Surface Sediments of Jen - Gen River Estuary, Taiwan, str. 371.
- 6) Čeh, B. (2009). Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in biodizel, Fakulteta za strojništvo, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, str. 20 – 21.
- 7) Čeh, B., Tajnšek, A., Žveplan, S., Rak Cizej, M., Pavlovič, M., Košir, I.J., Hrastar, R., Kržan, B., Vižintin, J., Nikolić Matanović, N. (2009). Oljnice: pridelava, kakovost olja ter možnost uporabe za biomaziva in dizel. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo; Žalec, Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, str. 17.
- 8) Černe, M. (1997). Stročnice, Založba Kmečki glas, Ljubljana, str. 76 – 77.
- 9) DIREKTIVA 2002/32/ES EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA o nezaželenih snoveh v živalski krmí, str. 11-13.
- 10) FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Medmrežje 5: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (15.10.2017).
- 11) Google maps. Medmrežje 1: <https://www.google.si/maps/dir/Medlog,+3000/Bukov%C5%BEIak/@46.2468195,15.2305271,13z/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x47657023553f9d01:0xe4a366073c1a0b56!2m2!1d15.2224885!2d46.2535489!1m5!1m1!1s0x476570cad61f5d31:0x7bee868a9f07f8ab!2m2!1d15.3039344!2d46.2382694!3e0?hl=sl> (3.10.2017).
- 12) Grčman, H., Lapajne, S., Zupan, M. (2013). Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – Celjska kotlina kot modelni pristop za degradirana območja: Sanacijski in preventivni ukrepi za preprečevanje vnosa kovin iz tal v človekov organizem. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta in Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, str. 75.
- 13) Grilc, V. (2013). Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – Celjska kotlina kot modelni pristop za degradirana območja: Priprava onesnaženega zemljišča stare cinkarne v Celju na sanacijo. Inštitut za okolje in prostor, Celje, str. 23 – 24.

- 14) Horvat, A. (2009). Vsebnost kroma v poljščinah in tleh onesnaženih z usnjarskimi odpadki. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta – Oddelek za živilstvo, str. 11 - 12.
- 15) Kabata, P. A. (2001). Trace Elements in Soils and Plants: Third edition. Department of Soil Science and Land Protection Institute of Soil Science and Cultivation of Plants Pulawy, Poland, str. 128, 143, 145 - 146, 164, 188, 199, 236, 247 in 323.
- 16) Kmetijski inštitut Slovenije – Oddelek za kmetijsko ekologijo in naravne vire, raziskave in projekti oddelka: Pridelava vrtnin v Celju – informacije in priporočila. Medmrežje 2: http://www.kis.si/Raziskave_in_projekti/MOCvrt (2.11.2017).
- 17) Kocjan, A.D. (2015). Poljščine: pridelava in uporaba. Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, str. 79 - 86.
- 18) Lenntech – Arsenic (Chemical properties of arsenic – Health effects of arsenic – Environmental effects of arsenic. Medmrežje 7: <https://www.lenntech.com/periodic/elements/as.htm> (3.11.2017).
- 19) Lobnik, F., Zupan, M., Grčman, H. (2010). Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavniki razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja: Onesnaženost tal in rastlin v Celjski kotlini, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, str. 14 - 20.
- 20) Markelc, I. (2008). Vsebnost težkih kovin v vrtninah, pridelanih na vrtičkih občine Ljubljana, Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, str.4.
- 21) Misteriji, Ilustriran mesečnik, letnik 17 – Št. 200 – Marec 2010, str. 45.
- 22) Misteriji, Ilustriran mesečnik, letnik 16 – Št. 181 – Avgust 2008, str. 40.
- 23) Misteriji, Ilustriran mesečnik, letnik 19 – Št. 220 – November 2011, str. 40.
- 24) Misteriji, Ilustriran mesečnik, letnik 17 – Št. 199 – Februar 2010, str. 38
- 25) Misteriji, Ilustriran mesečnik, letnik 17- Št. 204 – Julij 2010, str. 38
- 26) Misteriji Ilustriran mesečnik, letnik 18 – Št. 208 – November 2010, str. 37.
- 27) Misteriji, Ilustriran mesečnik, letnik 14 – Št. 162 – Januar 2007, str. 40.
- 28) Misteriji, Ilustriran mesečnik, letnik 16 – Št. 184 – November 2008, str. 37.
- 29) Nagajyoti, P.C., Lee, K.D., Sreekanth, T.V.M. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants :a review. Institute of Environmental and industrial Medicine (IEIM), Hanyang University, South Korea; Department of Nanomaterial Chemistry, Dongguk University, Republic of Korea. str. 206.
- 30) Nenadić, N. (1985). Soja, Kmečki glas, Ljubljana, str. 49 - 50.
- 31) Pavšič-Mikuž, P. (2005). Kovine in mikroelementi v mahovih in epifitskih lišajih na območju Slovenije: magistrsko delo = Metals and microelements in mosses and epiphytic lichens in Slovenia: master of science thesis. Ljubljana, 11 str.

- 32) Phillip S. (2015). Soybean market outlook; Soybean guide: When a supply interruption eventually comes, which it will, soybean prices will have to go up to ration demand. Medmrežje 3: <https://www.country-guide.ca/2015/11/30/soybean-market-outlook/47691/> (4.10.2017).
- 33) Projekti Svarog, Periodni sistem – elementi, Skandij. Medmrežje 9: http://projekti.svarog.org/periodni_sistem/elementi/021.htm (5.10.2017).
- 34) Prus, T., Kralj, T., Vrščaj, B., Zupan, M., Grčman, H. (2015). Slovenska klasifikacija tal. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, str. 5.
- 35) Pukl, M. (2016). Ocena onesnaženja tal v Celju s TiO₂ in Ba. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta – oddelek za geologijo, Ljubljana, str. 29 – 31.
- 36) Razpotnik, D. (2008). Pridelek zrnja soje (*Glycine max* (L.) Merrill) iz sortnih poskusov obdobja 2001 do 2003 in možnosti uporabe soje v živinoreji. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, str. 1- 2.
- 37) Redek, A. (2013). Vsebnost težkih kovin in radionuklidov v koruzi, krmni travi in zemlji na onesnaženih območjih Slovenije. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana str. 12.
- 38) Ribarič Lasnik, C., Grabner, B., Jejčič, V., Poje, T., Godeša, T., Zupan, M., Grčman, H., Mihelič, R., Prus, T., Lakota, M. (2014). Zaključno poročilo ciljnega raziskovalnega projekta – Modeli rastlinske pridelave na območjih degradiranega okolja. Kmetijski inštitut Slovenije, Univerza v Ljubljani - Biotehniška fakulteta, Univerza v Mariboru – Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, str.1.
- 39) Ribarič Lasnik, C., Grabner, B., Romih, N. (2010). Remediacija onesnaženih tal s težkimi kovinami. Inštitut za okolje in prostor – Celje, str.1.
- 40) Romih, N. (2013). Vpliv povečane koncentracije kovin v rastlinah na njihovo snovno in energijsko izrabo. Doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, str. 9 in 78.
- 41) Sherameti, I., Varma, A. (2011). Detoxification of Heavy Metals. Friedrich-Schiller Universitat Jena Institut fur Allgemeine Botanik und Pflanzenphysiologie, Germany, Amity University Uttar Pradesh Amity Institute of Microbial Sciences Noida Uttar Pradesh, India, str. 35.
- 42) Slak, M. (2015). Karakterizacija špinače s pomočjo stabilnih izotopov ogljika in dušika. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta-oddelek za živilstvo, str.7-8.
- 43) Soybean seeds, Soybeans for sale, South Africa. Medmrežje 4: https://www.alibaba.com/product-detail/Soybean-Seeds-Soybeans-for-sale-Soybeans_50034914609.html (4.10.2017).
- 44) Statistični urad RS: pridelava poljščin (ha, t, t/ha letno), Slovenija. Medmrežje 6: http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=1502402S&ti=&path=../Database/Repozitorij_SLO/&lang=2 (15.9. 2017).
- 45) Tuhtar, J. (2012). Kakovost vrtno solate (*Lactusa sativa* L.) pridelane iz sadik gojenih na različnih rastnih substratih. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, str. 5 - 6.

- 46) Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti nevarnih snovi v tleh, Ur. l. RS, št. 68/96. Zakon o varstvu okolja – ZVO - 1. Ur. l. RS, št. 41/04.
- 47) Uredba komisije (ES) o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih, št. 1881/2006 str. 26-28.
- 48) Zupan, M. (2016). Statistično modeliranje vsebnosti izbranih kovin v vrtninah glede na lastnosti tal na območju Celja. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, str. 9.
- 49) Zupan, M., Grčman, H., Lobnik, F., Žlebir, S. (2008). Raziskave onesnaženosti tal Slovenije (ROTS), Agencija RS za okolje, Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana, str. 4, 12 in 28.
- 50) Žibret, G., Šajn, R. (2010). Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja: Kemijska sestava urbanih sedimentov (prahov) na območju Celja v primerjavi z ostalimi slovenskimi mesti, Inštitut za okolje in prostor, Celje, str. 51 – 54.

PRILOGE

Priloga 1: Rezultati analize tal v mg/kg s.s.

Rezultati analize tal v mg/kg s.s. v letu 2009 za Medlog in letu 2015 za Bukovžlak (Vir IOP).

ELEMENTI	MEDLOG	BUKOVŽLAK
Zn	139 mg/kg	1445,8 mg/kg
Cd	1,4 mg/kg	11,68 mg/kg
Pb	38 mg/kg	181,37 mg/kg
Cu	17,7 mg/kg	52,13 mg/kg
Ba	123 mg/kg	331 mg/kg
Tl	0,3 mg/kg	0,67 mg/kg
Mo	0,4 mg/kg	0,74 mg/kg
Bi	0,3 mg/kg	0,5 mg/kg
Ti	0,004 mg/kg	0,004 mg/kg
U	1,2 mg/kg	1,2 mg/kg
Ga	5 mg/kg	4,6 mg/kg
Sr	21 mg/kg	18,4 mg/kg
V	36 mg/kg	31 mg/kg
Se	0,6 mg/kg	0,5 mg/kg
Cr	30 mg/kg	24,5 mg/kg
La	19 mg/kg	15,3 mg/kg
Co	12 mg/kg	9,6 mg/kg
Sc	3,9 mg/kg	3,1 mg/kg
Mn	817 mg/kg	605 mg/kg
Sb	1,1 mg/kg	0,71 mg/kg
Th	05 mg/kg	2,9 mg/kg
Ni	33,1 mg/kg	20,5 mg/kg
As	30,4 mg/kg	14,4 mg/kg
Te		0,07 mg/kg
W	<0.1 mg/kg	<0.1 mg/kg
B	<20 mg/kg	<20 mg/kg

Priloga 2: Rezultati tal po izračunu faktorja obogatitve

ELEMENTI	RAZMERJE (BUKOVŽAK/MEDLOG)
Zn	10,4
Cd	8,3
Pb	4,8
Cu	2,9
Ba	1,7
Tl	2,2
Mo	1,9
Bi	1,7
Ti	1
U	1
Ga	0,9
Sr	0,9
V	0,9
Se	0,8
Cr	0,8
La	0,8
Co	0,8
Sc	0,8
Mn	0,7
Sb	0,6
Th	0,6
Ni	0,6
As	0,5
Te	0,1
W	0
B	0

Priloga 3: Rezultati srednjih vrednosti (n=3) v mg/kg s.s. za posamezne elemente (26), ki smo jih obravnavali v nalogi.

Srednje vrednosti v rastlinskih delih soje sorte Naya (00) na območju Medloga v letu 2015.

MEDLOG - NAYA	Zrno	Strok	Steblo	Korenina
Mo	27,66	8,64	7,1	0,79
Cu	16,18	7,14	10,16	8,63
Pb	<0,01	0,04	0,23	7,05
Zn	62,2	41,8	22,1	37,67
Cd	0,17	0,27	0,4	0,49
Bi	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
Ba	1,67	8,8	9,07	19,17
Tl	<0,02	<0,02	0,04	0,03
Ni	3,8	0,93	0,47	2,43
Co	0,13	0,13	0,07	0,58
Mn	20	21,33	7,67	46
As	<0,01	<0,1	0,1	1,1
U	<0,01	<0,01	<0,01	0,32
Th	<0,01	<0,01	<0,01	0,36
Sr	3,37	33,4	26,77	13,07
Sb	<0,02	<0,02	0,02	0,29
V	<2	<2	<2	3,67
La	<0,01	<0,01	0,03	1,38
Cr	2,23	1,83	2	4,27
Ti	9,33	3,33	7,33	19,67
B	15	17,33	12	4
W	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1
Sc	0,27	0,27	0,23	0,6
Se	0,3	0,2	0,13	0,17
Te	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ga	<0,01	<0,1	<0,1	0,43

Srednje vrednosti v rastlinskih delih soje sorte Es Dominator (00) na območju Medloga v letu 2015.

MEDLOG - ES DOMINATOR	Zrno	Strok	Steblo	Korenina
Mo	26,17	1,68	3,8	0,45
Cu	13,86	8,69	7,33	7,67
Pb	0,17	0,07	0,35	6,85
Zn	62,2	33,2	14	34,3
Cd	0,57	0,69	0,89	0,77
Bi	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ba	8	8	8,07	18,43
Tl	<0,02	<0,02	<0,04	0,03
Ni	2,67	0,87	3,57	2,2
Co	0,14	0,13	0,13	0,49
Mn	23,33	18,67	5,33	39
As	<0,1	<0,1	0,1	0,9
U	<0,01	<0,01	0,01	0,31
Th	<0,01	<0,01	<0,01	0,31
Sr	2,87	29,17	25	12,27
Sb	<0,02	<0,02	0,02	0,35
V	3	<2	11	3,33
La	0,03	<0,01	0,02	1,24
Cr	3,67	2,1	8,97	4,4
Ti	18	3	4,33	21
B	18	26	11	3,67
W	<0,1	<0,01	<0,1	<0,1
Sc	0,37	0,2	0,27	0,5
Se	0,23	0,1	0,13	0,13
Te	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ga	<0,1	<0,1	<0,1	0,43

Srednje vrednosti v rastlinskih delih soje sorte Naya (00) na območju Bukovžlaka v letu 2015.

BUKOVŽLAK - NAYA	Zrno	Strok	Steblo	Korenina
Mo	51,04	7,07	5,94	0,7
Cu	18,78	12,63	5,26	8,43
Pb	0,01	0,91	2,13	14,74
Zn	73,67	91,2	33,23	141,47
Cd	1,41	4,17	2,62	1,55
Bi	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ba	8,1	40,6	25,83	35,4
Tl	<0,02	<0,02	0,02	0,03
Ni	1,43	0,87	0,43	1,87
Co	0,17	0,31	0,12	0,46
Mn	18,67	23,33	8	25,33
As	0,1	<0,1	0,2	1,03
U	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Th	<0,01	0,01	0,02	0,2
Sr	5,37	52,67	24,9	12,07
Sb	<0,02	0,03	0,03	0,11
V	<2	<2	<2	2,67
La	<0,01	0,06	0,13	0,89
Cr	2,37	2,1	2,3	3,8
Ti	11,67	9	13	24,33
B	19	25,67	10,67	3,67
W	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sc	0,27	0,3	0,37	0,47
Se	0,2	0,1	<0,1	<0,1
Te	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ga	<0,1	<0,2	<0,1	0,3

Srednje vrednosti v rastlinskih delih soje sorte Es Dominator (00) na območju Bukovžlaka v letu 2015.

BUKOVŽLAK - ES DOMINATOR	Zrno	Strok	Steblo	Korenina
Mo	35,79	10,45	1,67	0,38
Cu	19,12	11,2	5,77	7,63
Pb	0,02	0,89	1,98	9,25
Zn	65,23	68,2	32,97	102,37
Cd	0,85	2,03	1,75	1,22
Bi	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ba	7,57	43,67	30,2	29,73
Tl	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
Ni	1,9	0,77	0,47	1,57
Co	0,09	0,17	0,13	0,42
Mn	19,33	21	11	24,67
As	<0,1	0,15	0,2	0,53
U	<0,01	<0,01	0,01	0,07
Th	<0,01	0,01	0,03	0,17
Sr	4,57	53,13	28,8	10,67
Sb	<0,02	0,03	0,03	0,08
V	<2	<2	<2	2
La	<0,01	0,12	0,26	0,92
Cr	2,03	2,1	2,37	3,6
Ti	8,33	8	17,33	22,67
B	16,33	20,33	10	3,67
W	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sc	0,3	0,23	0,17	0,37
Se	0,15	0,1	0,1	0,15
Te	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ga	<0,1	<0,1	<0,1	0,23

Priloga 4: Rezultati analiz soje (Vancouver, 2016)



BUREAU VERITAS MINERAL LABORATORIES
Canada

www.bureauveritas.com/um

Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.
9050 Shaughnessy St Vancouver British Columbia V6P 6E5 Canada
PHONE (604) 253-3158

Client: Institute of the Environment and Spatial Pla
Ipavceva 18
Celje 3000 Slovenia

Submitted By: Nadja Romih
Receiving Lab: Canada-Vancouver
Received: January 25, 2016
Report Date: October 04, 2016
Page: 1 of 3

CERTIFICATE OF ANALYSIS

VAN16000175.1

CLIENT JOB INFORMATION

Project: Soja
Shipment ID:
P.O. Number
Number of Samples: 48

SAMPLE PREPARATION AND ANALYTICAL PROCEDURES

Procedure Code	Number of Samples	Code Description	Test Wgt (g)	Report Status	Lab
SLBHP	48	Sorting, labeling and boxing samples received as pulps			VAN
VG101	48	Aqua Regia digestion ICP-MS analysis	1	Completed	VAN
DRPLP	48	Warehouse handling / disposition of pulps			VAN

SAMPLE DISPOSAL

DISP-PLP Dispose of Pulp After 90 days

ADDITIONAL COMMENTS

Bureau Veritas does not accept responsibility for samples left at the laboratory after 90 days without prior written instructions for sample storage or return.

Invoice To: Institute of the Environment and Spatial Plannin
Ipavceva 18
Celje 3000
Slovenia

CC:



This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only. All results are considered the confidential property of the client. Bureau Veritas assumes the liabilities for actual cost of analysis only. Results apply to samples as submitted. ** asterisk indicates that an analytical result could not be provided due to unusually high levels of interference from other elements.

Pavlinc N.: Privzem kovin v sojo (*Glycine Max* (L)), VŠVO, Velenje, 2018



BUREAU VERITAS
MINERAL LABORATORIES
Canada

www.bureauveritas.com/um

Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.

9050 Shaughnessy St Vancouver British Columbia V6P 6E5 Canada
PHONE (604) 253-3158

Client: Institute of the Environment and Spatial Pla
Ipavceva 18
Celje 3000 Slovenia

Project: Soja
Report Date: October 04, 2016

Page: 2 of 3 **Part:** 1 of 2

CERTIFICATE OF ANALYSIS

VAN16000175.1

Method	Analyte	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101
		Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca	P	ppm	ppm
Unit		ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm
MDL		0.01	0.01	0.01	0.1	2	0.1	0.01	1	0.001	0.1	0.01	0.2	0.01	0.5	0.01	0.02	0.02	2	0.01	0.001		
M-N-Z1	Vegetation	31.67	17.95	<0.01	61.9	<2	4.0	0.19	16	0.011	<0.1	<0.01	0.7	<0.01	3.4	0.14	<0.02	<0.02	<2	0.23	0.836		
M-N-Z2	Vegetation	16.34	11.59	<0.01	55.9	<2	2.4	0.07	27	0.009	<0.1	<0.01	0.2	<0.01	2.7	0.20	<0.02	<0.02	<2	0.23	0.622		
M-N-Z3	Vegetation	34.98	19.01	<0.01	68.8	<2	5.0	0.14	17	0.013	<0.1	<0.01	1.2	<0.01	4.0	0.18	<0.02	<0.02	<2	0.26	0.913		
M-N-KL1	Vegetation	11.12	9.44	0.05	49.6	<2	1.3	0.17	19	0.011	<0.1	<0.01	1.2	<0.01	36.1	0.25	<0.02	<0.02	<2	1.85	0.162		
M-N-KL2	Vegetation	1.25	3.55	0.04	14.6	<2	0.3	0.06	25	0.007	<0.1	<0.01	0.8	<0.01	27.0	0.14	<0.02	<0.02	<2	1.29	0.049		
M-N-KL3	Vegetation	13.55	8.43	0.04	61.2	<2	1.2	0.15	20	0.011	<0.1	<0.01	1.1	<0.01	37.1	0.41	<0.02	<0.02	<2	1.91	0.175		
M-N-S1	Vegetation	6.61	10.84	0.20	18.4	<2	0.4	0.08	6	0.007	<0.1	<0.01	0.5	<0.01	22.4	0.32	0.02	<0.02	<2	0.62	0.464		
M-N-S2	Vegetation	2.52	7.03	0.29	15.8	<2	0.3	0.07	9	0.010	<0.1	<0.01	1.0	<0.01	28.7	0.31	0.02	<0.02	<2	0.81	0.146		
M-N-S3	Vegetation	12.16	12.60	0.21	32.1	3	0.7	0.06	8	0.009	0.1	<0.01	1.0	<0.01	29.2	0.57	0.02	<0.02	<2	0.76	0.633		
M-ES-Z1	Vegetation	36.89	17.74	0.32	64.1	<2	4.6	0.24	23	0.024	<0.1	<0.01	1.9	<0.01	3.8	0.55	<0.02	<0.02	3	0.26	0.795		
M-ES-Z2	Vegetation	19.01	11.62	<0.01	59.2	<2	2.0	0.10	23	0.011	<0.1	<0.01	1.3	<0.01	2.6	0.57	<0.02	<0.02	<2	0.19	0.606		
M-ES-Z3	Vegetation	22.61	12.21	0.01	63.3	<2	1.4	0.07	24	0.011	<0.1	<0.01	1.3	<0.01	2.2	0.59	<0.02	<0.02	<2	0.20	0.609		
M-ES-KL1	Vegetation	3.30	12.17	0.08	50.2	2	1.2	0.21	10	0.010	<0.1	<0.01	3.7	<0.01	33.2	0.82	<0.02	<0.02	<2	1.71	0.139		
M-ES-KL2	Vegetation	0.98	7.49	0.08	27.3	<2	0.9	0.11	21	0.009	<0.1	<0.01	4.0	<0.01	28.3	0.66	<0.02	<0.02	<2	1.40	0.061		
M-ES-KL3	Vegetation	0.75	6.41	0.06	22.1	<2	0.5	0.06	25	0.007	<0.1	<0.01	3.0	<0.01	26.0	0.58	<0.02	<0.02	<2	1.21	0.047		
M-ES-S1	Vegetation	6.15	9.95	0.26	16.5	3	0.5	0.08	4	0.008	0.1	<0.01	1.7	<0.01	22.0	1.05	<0.02	<0.02	<2	0.60	0.283		
M-ES-S2	Vegetation	2.59	6.77	0.39	14.1	<2	0.3	0.06	5	0.009	<0.1	0.01	0.9	<0.01	27.4	0.80	0.02	<0.02	<2	0.76	0.101		
M-ES-S3	Vegetation	2.65	5.26	0.41	11.4	<2	9.9	0.25	7	0.018	<0.1	<0.01	0.5	<0.01	25.6	0.81	<0.02	<0.02	11	0.67	0.076		
B-N-Z1	Vegetation	47.22	18.53	0.01	72.1	<2	1.3	0.19	18	0.015	<0.1	<0.01	0.3	<0.01	4.9	1.42	<0.02	<0.02	<2	0.26	0.936		
B-N-Z2	Vegetation	50.03	18.31	<0.01	76.2	<2	1.4	0.15	19	0.015	0.1	<0.01	0.3	<0.01	5.7	1.47	<0.02	<0.02	<2	0.28	1.004		
B-N-Z3	Vegetation	55.86	19.49	<0.01	72.7	<2	1.6	0.16	19	0.015	<0.1	<0.01	0.2	<0.01	5.5	1.35	<0.02	<0.02	<2	0.27	1.020		
B-N-KL1	Vegetation	4.58	12.53	0.84	81.1	7	0.9	0.30	22	0.020	<0.1	<0.01	2.1	<0.01	45.7	4.27	0.03	<0.02	<2	1.98	0.159		
B-N-KL2	Vegetation	5.79	12.74	1.16	102.3	2	0.8	0.30	24	0.024	<0.1	<0.01	1.9	0.01	54.7	4.36	0.03	<0.02	<2	2.36	0.198		
B-N-KL3	Vegetation	10.85	12.61	0.74	90.2	<2	0.9	0.32	24	0.020	<0.1	<0.01	1.2	<0.01	57.6	3.87	0.03	<0.02	<2	2.39	0.248		
B-N-S1	Vegetation	3.71	5.45	1.72	27.7	5	0.4	0.11	8	0.016	<0.1	<0.01	4.8	0.01	24.2	2.59	0.02	<0.02	<2	0.53	0.277		
B-N-S2	Vegetation	5.04	4.66	2.44	36.4	4	0.5	0.13	8	0.021	0.2	<0.01	3.8	0.03	23.0	2.47	0.03	<0.02	<2	0.56	0.275		
B-N-S3	Vegetation	9.08	5.67	2.24	35.6	3	0.4	0.11	8	0.019	<0.1	<0.01	3.7	0.02	27.5	2.80	0.03	<0.02	<2	0.65	0.399		
B-N-K1	Vegetation	0.52	8.00	12.47	122.0	19	1.7	0.40	23	0.115	0.9	0.10	1.5	0.19	11.4	1.54	0.10	<0.02	2	0.34	0.051		
B-N-K2	Vegetation	0.89	8.27	14.24	136.9	23	1.9	0.45	24	0.128	0.9	0.09	1.8	0.20	12.3	1.42	0.10	<0.02	3	0.37	0.039		
B-N-K3	Vegetation	0.70	9.01	17.50	165.5	26	2.0	0.53	29	0.148	1.3	0.10	2.4	0.22	12.5	1.68	0.12	<0.02	3	0.38	0.046		

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.



BUREAU VERITAS MINERAL LABORATORIES
Canada

www.bureauveritas.com/um

Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.

9050 Shaughnessy St Vancouver British Columbia V6P 6E5 Canada
PHONE (604) 253-3158

Client: Institute of the Environment and Spatial Pla
Ipavceva 18
Celje 3000 Slovenia

Project: Soja
Report Date: October 04, 2016

Page: 3 of 3

Part: 1 of 2

CERTIFICATE OF ANALYSIS

VAN16000175.1

Method	Analyte	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101
		Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca	P
Unit		ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%
MDL		0.01	0.01	0.01	0.1	2	0.1	0.01	1	0.001	0.1	0.01	0.2	0.01	0.5	0.01	0.02	0.02	2	0.01	0.001
B-ES-Z1	Vegetation	35.40	19.26	0.02	63.3	<2	1.9	0.09	19	0.012	<0.1	<0.01	<0.2	<0.01	4.6	0.88	<0.02	<0.02	<2	0.22	1.038
B-ES-Z2	Vegetation	37.76	19.47	0.01	66.5	<2	2.1	0.09	19	0.013	<0.1	<0.01	0.3	<0.01	4.9	0.80	<0.02	<0.02	<2	0.26	1.000
B-ES-Z3	Vegetation	34.21	18.63	<0.01	65.9	<2	1.7	0.09	20	0.012	<0.1	<0.01	0.3	<0.01	4.2	0.86	<0.02	<0.02	<2	0.21	0.911
B-ES-KL1	Vegetation	9.00	10.74	0.90	68.4	3	0.8	0.17	21	0.022	<0.1	<0.01	1.5	0.02	54.4	2.02	0.03	<0.02	<2	2.20	0.247
B-ES-KL2	Vegetation	14.40	11.70	0.91	74.7	<2	0.9	0.18	21	0.024	0.2	<0.01	2.6	0.01	56.4	2.13	0.02	<0.02	<2	2.31	0.230
B-ES-KL3	Vegetation	7.96	11.16	0.87	61.5	<2	0.6	0.16	21	0.019	0.1	<0.01	1.2	0.01	48.6	1.94	0.03	<0.02	<2	1.91	0.160
B-ES-S1	Vegetation	1.63	5.88	2.37	35.5	3	0.5	0.16	12	0.034	0.2	0.01	1.5	0.04	29.2	1.76	0.04	<0.02	<2	0.70	0.341
B-ES-S2	Vegetation	1.78	5.83	2.25	38.3	5	0.5	0.16	12	0.029	<0.1	0.01	4.0	0.03	28.8	1.93	0.04	<0.02	<2	0.60	0.350
B-ES-S3	Vegetation	1.61	5.60	1.33	25.1	5	0.4	0.07	9	0.017	<0.1	<0.01	3.0	0.01	28.4	1.57	0.02	<0.02	<2	0.59	0.310
B-ES-K1	Vegetation	0.40	7.17	8.31	95.9	17	1.5	0.43	23	0.113	0.4	0.07	6.2	0.17	11.2	1.37	0.07	<0.02	2	0.31	0.063
B-ES-K2	Vegetation	0.35	7.77	8.80	101.3	18	1.5	0.40	23	0.103	0.5	0.06	0.9	0.15	9.9	1.00	0.07	<0.02	2	0.28	0.055
B-ES-K3	Vegetation	0.38	7.94	10.64	109.9	21	1.7	0.43	28	0.124	0.7	0.07	1.3	0.19	10.9	1.28	0.09	<0.02	2	0.31	0.050
M-N-K1	Vegetation	0.71	9.91	7.89	42.0	30	2.6	0.61	47	0.219	1.2	0.36	1.3	0.36	13.6	0.55	0.40	0.02	4	0.44	0.063
M-N-K2	Vegetation	0.72	8.08	7.87	35.7	31	2.7	0.68	55	0.229	1.2	0.33	4.3	0.46	13.2	0.48	0.28	<0.02	4	0.44	0.054
M-N-K3	Vegetation	0.93	7.91	5.38	35.3	20	2.0	0.45	36	0.160	0.9	0.27	0.9	0.27	12.4	0.45	0.19	<0.02	3	0.46	0.076
M-ES-K1	Vegetation	0.50	7.14	6.00	28.7	23	1.9	0.39	31	0.158	0.7	0.26	2.5	0.31	11.1	0.82	0.32	<0.02	3	0.34	0.038
M-ES-K2	Vegetation	0.47	7.70	6.27	33.4	23	2.0	0.46	38	0.156	0.9	0.36	1.4	0.23	12.7	0.69	0.35	<0.02	3	0.39	0.039
M-ES-K3	Vegetation	0.39	8.18	8.27	40.8	29	2.7	0.61	48	0.198	1.1	0.32	1.1	0.40	13.0	0.81	0.38	<0.02	4	0.40	0.040



BUREAU MINERAL LABORATORIES
VERITAS Canada

www.bureauveritas.com/um

Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.

9050 Shaughnessy St Vancouver British Columbia V6P 6E5 Canada

PHONE (604) 253-3158

Client: Institute of the Environment and Spatial Pla
Ipavceva 18
Celje 3000 Slovenia

Project: Soja
Report Date: October 04, 2016

Page: 3 of 3

Part: 2 of 2

CERTIFICATE OF ANALYSIS

VAN16000175.1

Method	Analyte	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	
		La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Sc	Tl	S	Hg	Se	Te	Ga
Unit		ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	%	%	ppm	ppm	ppm	%	ppb	ppm	ppm	ppm	
MDL		0.01	0.1	0.001	0.1	1	1	0.01	0.001	0.01	0.1	0.1	0.02	0.01	1	0.1	0.02	0.1
B-ES-Z1	Vegetation	<0.01	1.8	0.287	8.4	8	15	<0.01	<0.001	2.34	<0.1	0.2	<0.02	0.34	2	0.2	<0.02	<0.1
B-ES-Z2	Vegetation	<0.01	2.1	0.258	8.3	8	17	<0.01	<0.001	2.30	<0.1	0.3	<0.02	0.35	<1	0.1	<0.02	<0.1
B-ES-Z3	Vegetation	<0.01	2.2	0.276	6.0	9	17	<0.01	<0.001	2.21	<0.1	0.4	<0.02	0.38	<1	<0.1	<0.02	<0.1
B-ES-KL1	Vegetation	0.12	2.3	0.726	49.5	9	20	<0.01	0.001	1.62	<0.1	0.3	<0.02	0.20	4	<0.1	<0.02	<0.1
B-ES-KL2	Vegetation	0.14	2.1	0.794	44.3	9	21	<0.01	<0.001	1.84	<0.1	0.3	<0.02	0.24	5	0.1	<0.02	<0.1
B-ES-KL3	Vegetation	0.09	1.9	0.719	37.2	6	20	<0.01	0.001	1.74	<0.1	0.1	<0.02	0.16	4	<0.1	<0.02	<0.1
B-ES-S1	Vegetation	0.31	2.4	0.230	35.4	21	10	0.02	0.003	0.64	<0.1	0.2	<0.02	0.18	3	<0.1	<0.02	<0.1
B-ES-S2	Vegetation	0.28	2.4	0.264	29.6	19	10	0.02	0.002	0.62	<0.1	0.2	<0.02	0.20	1	0.1	<0.02	<0.1
B-ES-S3	Vegetation	0.18	2.3	0.287	25.6	12	10	<0.01	0.003	1.33	<0.1	0.1	<0.02	0.36	<1	<0.1	<0.02	<0.1
B-ES-K1	Vegetation	0.89	3.7	0.056	30.9	20	4	0.08	0.005	0.10	<0.1	0.3	0.02	0.07	11	<0.1	<0.02	0.2
B-ES-K2	Vegetation	0.86	3.5	0.051	27.1	24	3	0.07	0.003	0.09	<0.1	0.4	<0.02	0.04	11	0.2	<0.02	0.2
B-ES-K3	Vegetation	1.01	3.6	0.056	31.2	24	4	0.09	0.003	0.07	<0.1	0.4	0.02	0.02	6	0.1	<0.02	0.3
M-N-K1	Vegetation	1.59	4.5	0.092	21.5	19	4	0.19	0.004	0.07	<0.1	0.6	0.03	0.05	29	0.2	<0.02	0.5
M-N-K2	Vegetation	1.52	4.8	0.108	19.5	23	4	0.18	0.005	0.09	<0.1	0.7	0.03	0.07	27	0.2	<0.02	0.5
M-N-K3	Vegetation	1.04	3.5	0.080	16.5	17	4	0.13	0.004	0.12	<0.1	0.5	0.02	0.04	22	0.1	<0.02	0.3
M-ES-K1	Vegetation	1.11	4.1	0.066	16.1	22	3	0.14	0.004	0.05	<0.1	0.5	0.03	0.01	19	0.1	<0.02	0.4
M-ES-K2	Vegetation	1.16	3.8	0.064	17.9	17	4	0.15	0.004	0.05	<0.1	0.4	<0.02	0.02	21	0.1	<0.02	0.4
M-ES-K3	Vegetation	1.46	5.3	0.066	21.3	24	4	0.18	0.004	0.05	<0.1	0.6	0.03	<0.01	23	0.2	<0.02	0.5



BUREAU MINERAL LABORATORIES
VERITAS Canada

www.bureauveritas.com/um

Bureau Veritas Commodities Canada Ltd.
9050 Shaughnessy St Vancouver British Columbia V6P 6E5 Canada
PHONE (604) 253-3158

Client: **Institute of the Environment and Spatial Pla**
Ipavceva 18
Celje 3000 Slovenia

Project: Soja
Report Date: October 04, 2016

Page: 1 of 1

Part: 1 of 2

QUALITY CONTROL REPORT

VAN16000175.1

Method		VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101	VG101
Analyte		Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca	P	
Unit		ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	
MDL		0.01	0.01	0.01	0.1	2	0.1	0.01	1	0.001	0.1	0.01	0.2	0.01	0.5	0.01	0.02	0.02	2	0.01	0.001	
Pulp Duplicates																						
B-ES-KL1	Vegetation Pu	9.00	10.74	0.90	68.4	3	0.8	0.17	21	0.022	<0.1	<0.01	1.5	0.02	54.4	2.02	0.03	<0.02	<2	2.20	0.247	
REP B-ES-KL1	QC	9.40	10.62	0.94	68.9	3	0.9	0.20	23	0.025	<0.1	<0.01	1.9	0.02	56.0	2.13	0.03	<0.02	<2	2.28	0.244	
M-ES-K3	Vegetation Pu	0.39	8.18	8.27	40.8	29	2.7	0.61	48	0.198	1.1	0.32	1.1	0.40	13.0	0.81	0.38	<0.02	4	0.40	0.040	
REP M-ES-K3	QC	0.43	7.72	6.89	36.9	20	2.2	0.48	37	0.163	1.1	0.27	0.9	0.34	12.8	0.77	0.32	<0.02	4	0.39	0.040	
Reference Materials																						
STD CDV-1	Standard	0.19	7.98	0.81	19.6	7	5.7	1.73	377	0.240	1.2	0.15	1.0	0.55	108.6	0.04	0.02	<0.02	8	1.91	0.040	
STD CDV-1	Standard	0.16	7.47	0.81	20.8	9	5.5	1.76	369	0.228	1.1	0.14	1.5	0.50	106.3	0.04	0.03	<0.02	7	1.91	0.037	
STD V16	Standard	1.30	5.56	2.51	35.8	32	6.9	1.01	645	0.395	1.3	<0.01	1.6	<0.01	10.6	0.08	0.06	<0.02	140	0.27	0.046	
STD V16	Standard	1.50	5.72	2.64	37.2	34	6.5	0.92	621	0.354	1.2	<0.01	0.4	<0.01	9.8	0.07	0.06	<0.02	121	0.27	0.046	
STD V16 Expected		1.6	6.69	2.8	39.2	40	7.48	1.11	720	0.4035	1.6		1		11	0.086	0.07			0.3	0.0488	
STD CDV-1 Expected		0.2	8.61	1	23.3	9	6.4	2	385	0.256	1.3	0.17	2.3	0.61	112	0.04	0.03	0.02	8.7	1.94	0.038	
FLOUR	Blank	0.46	2.58	0.01	21.6	<2	0.2	0.02	24	0.003	<0.1	<0.01	<0.2	<0.01	1.1	0.02	<0.02	<0.02	<2	0.03	0.271	
BLK	Blank	<0.01	<0.01	0.01	0.3	<2	<0.1	<0.01	<1	0.001	0.2	<0.01	<0.2	<0.01	<0.5	<0.01	<0.02	<0.02	<2	<0.01	<0.001	
FLOUR	Blank	0.52	3.02	<0.01	25.4	<2	0.2	0.02	32	0.004	<0.1	<0.01	<0.2	<0.01	1.3	0.02	<0.02	0.03	<2	0.03	0.326	
BLK	Blank	<0.01	<0.01	<0.01	0.4	<2	<0.1	<0.01	<1	<0.001	<0.1	<0.01	<0.2	<0.01	<0.5	<0.01	<0.02	<0.02	<2	<0.01	<0.001	

