

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PRIVZEM KOVIN V RAZLIČNE SORTE SOJE
(*Glycine max* (L.) Merrill)**

MITJA LAZNIK

VELENJE, 2017

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PRIVZEM KOVIN V RAZLIČNE SORTE SOJE
(*Glycine max* (L.) Merrill)**

MITJA LAZNIK
Varstvo okolja in ekotehnologije

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

VELENJE, 2017

Številka: 726-44/2016-2

Datum: 14. 11. 2016

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **Mitja Laznik** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Privzem kovin v različne sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill).

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Uptake of metals in different sorts of sovebean (*Glycine max* (L.) Merrill).

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

Somentorica: **dr. Nadja Romih.**

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

Podpisani **Mitja Laznik**, z vpisno številko 34080042, študent dodiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

PRIVZEM KOVIN V RAZLIČNE SORTE SOJE (*Glycine max* (L.) Merrill),

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

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 lektorirano;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne 05.09.2017

Podpis:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem Inštitutu za okolje in prostor (IOP) iz Celja, za vključitev v raziskovalno-razvojni projekt (CRP) z naslovom Soja.

Želel bi se lepo zahvaliti mentorici doc. dr. Cvetki Ribarič Lasnik in somentorici dr. Nadi Romih za vso tehnično-strokovno pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela.

Prav tako, bi se želel zahvaliti tudi svojim bližnjim, Luciji, staršem in prijateljem, za spodbudne besede in motivacijo med pisanjem diplomske naloge.

IZVLEČEK

Hrana je eden izmed dejavnikov, ki vplivajo na naše zdravje in počutje, zato je pomembno kako kvalitetno se prehranjujemo. Kvaliteta živil je odvisna od načina pridelave in pogojev rasti. Pri rastlinah imajo pomembno vlogo tla, na katerih rastejo le-te. Rastline posejane na degradiranih tleh lahko poleg esencialnih elementov v poteku razvoja privzemajo tudi neesencialne elemente, ki kasneje preidejo v živalsko in človeško prehransko verigo, in lahko negativno vplivajo na zdravje živali in ljudi.

V diplomski nalogi smo raziskali primerjavo rasti koreninskih in stebelnih delov izbranih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill), vpliv vremenskih pogojev (sončnega obsevanja in padavin) na rast rastlin ter privzem in posledično vsebnost težkih kovin v rastlinskih delih soje. Tla na območju Bukovžlaka v Celju, na katerih smo sejali sojo, so onesnažena z nezaželenimi snovmi, in sicer s kadmijem, svincem in cinkom. Sojo smo vzorčili po metodi naključnega izbora in jo razdelili na več delov: zrno, strok, steblo in korenine. Posamezne rastlinske dele smo posušili na sobni temperaturi in jih v laboratoriju s pomočjo ultracentrifugalnega mlina ZM 200 zmleli in tako pripravili vzorce za analizo. Na podlagi mejnih vrednosti kovin v soji, kot v živilu (UREDBA KOMISIJE (ES) št. 1881/2006) in proizvodu prehrane za živali (DIREKTIVA 2002/32/ES EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA), smo nato opredelili ali so zrna soje, ki so rastle na onesnaženih tleh, primerna za prehrano ljudi.

Na podlagi Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l.RS 68/96) so izmerjene vrednosti za vsebnost kadmija in svinca v tleh presegale opozorilne vrednosti, medtem ko je vsebnost cinka presegala kritično vrednost. Rezultati analize na podlagi mejnih vrednosti kovin v soji, kot v živilu, so pokazali, da vsebnost svinca v zrnju ni bila presežena, vsebnost kadmija pa je bila precej višja od dovoljene. Ker je kadmij za človeka karcinogen in lahko negativno vpliva na človeško zdravje ter povzroči številne bolezni, izbrane sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill), posejane na območju Bukovžlaka, niso primerne za prehrano ljudi.

Ključne besede: onesnažena tla, privzem težkih kovin, kadmij, svinec, cink, soja (*Glycine max* (L.) Merrill).

ABSTRACT

Food is one of the factors, which affect our health and well-being, hence its quality is very important. The quality of food depends mainly on the cultivation and growth conditions. Plants depend upon the soil in which they are grown. When growing in degraded soil, plants are capable of taking up essential and non-essential elements retained in soil. Those elements are later transferred into the animal and human food chain, and can negatively affect animal and human health.

In this thesis, we studied the growth of selected soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties, and the impact of weather conditions (solar radiation and rainfall) on plant growth and heavy metal uptake. Furthermore the content of heavy metals in various plant parts was studied. The soil in the area of Bukovžlak in Celje, where we planted our soybeans are contaminated with undesirable elements, namely cadmium, lead and zinc. Soybean plants were sampled by the method of random selection and divided into several parts: seed pods, stems and roots. Individual plant parts were dried at room temperature and afterwards samples were prepared by grinding with ultra-centrifugal mill ZM 200. Following the legislation on limit values of metals in soybeans, as food (Commission Regulation (EC) No. 1881/2006) and as product of animal feed (Directive 2002/32 / EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL) we identified soybeans suitable for human consumption.

According to the Slovenian Decree on limit values, alert thresholds and critical levels of dangerous substances in the soil (Official Gazette of RS No. 68/1996) measured values exceeded alert thresholds for cadmium and lead, and critical values for zinc. Results of analysis showed that values of lead are not exceeded, while values of cadmium exceeded in soybeans according to Slovenian legislation of setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Since cadmium is classified as human carcinogen and can negatively affect human health and cause various diseases, selected varieties of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill), sown on a range of Bukovžlak are not suitable for human consumption.

Key words: degraded soil, heavy metal uptake, cadmium, lead, zinc, soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill).

Kazalo vsebine

1 UVOD	1
1.1 OPIS PROBLEMATIKE	1
1.2 NAMEN, CILJI IN HIPOTEZE	1
2 TEORETIČNI DEL	3
2.1 ŠKODLJIVE SNOVI V TLEH IN PREHRANI.....	3
2.2 KAKOVOST TAL V CELJU IN POSLEDICE	3
2.3 TEŽKE KOVINE	4
2.3.1 Kadmij.....	4
2.3.2 Svinec.....	4
2.3.3 Cink	4
2.4 ZAKONODAJA NA PODROČJU VARSTVA TAL.....	5
2.5 ESENCIALNI IN NEESENCIALNI ELEMENTI ZA RAST RASTLIN	6
2.6 PRIVZEM TEŽKIH KOVIN V RASTLINE	6
2.7 SOJA.....	7
2.7.1 Zgodovina soje.....	8
2.7.2 Kemijska sestava soje.....	8
2.7.3 Sejalne površine in pridelek soje	9
2.7.4 Zgradba soje	10
2.7.5 Značilnosti različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)	12
2.7.6 Setev, oskrba in spravilo posevka	12
2.8 ZAKONODAJA ŽIVIL IN PREHRANE ZA ŽIVALI	13
3 MATERIALI IN METODE	15
3.1 SEJALNA POVRŠINA	15
3.2 IZVEDBA PRESKUSA.....	15
3.2.1 Sejanje sort (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)	15
3.3 VZORČENJE.....	16
3.3.1 Vzorčenje tal	16
3.3.2 Vzorčenje sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)	16
3.4 PRIPRAVA VZORCEV	18
3.4.1 Mletje vzorcev	19
4 REZULTATI IN DISKUSIJA.....	21
4.1 TLA	21
4.2 RAST RAZLIČNIH SORT SOJE (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)	21
4.3 VPLIV VREMENSKIH POGOJEV NA RAST SOJE (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	24
4.4 PRIVZEM KOVIN V RAZLIČNE SORTE SOJE (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	26
4.4.1 Privzem Cd v rastlinske dele različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)	26
4.4.2 Privzem Pb v rastlinske dele različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill)	27
4.4.3 Privzem Zn v rastlinske dele različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	27
5 ZAKLJUČEK	29
6 SEZNAM UPORABLJENE LITERATURE	30
PRILOGE	

Kazalo slik

Slika 1: Povezava med koncentracijo kovin v rastlinskih tkivih in tleh.....	7
Slika 2: Translokacija težkih kovin v nadzemne dele rastline.	7
Slika 3: Koreninski del soje.	10
Slika 4: Faze razvoja korenin soje.....	10
Slika 5: Steblo in plodovi soje.....	11
Slika 6: Steblo in listi soje.....	11
Slika 7: Listi soje.	11

Slika 8: Cvetovi soje.....	11
Slika 9: Stroki in zrna soje.....	11
Slika 10: Sejalna površina soje (2016) na lokaciji Bukovžlak v Celju.....	15
Slika 11: Soji sort Es Mentor 00 in Ema 00-0 na polju.....	16
Slika 12: Vzorčenje po metodi naključnega izbora.....	17
Slika 13: Paralelno pobrane rastline sorte soje Es Mentor 00.....	17
Slika 14: Paralelno pobrane rastline sorte soje Ema 00-0.....	17
Slika 15: Vzorci rastlinskih delov sorte soje Es Mentor 00 (paralelno vzorčenje).....	18
Slika 16: Vzorci rastlinskih delov sorte soje Ema 00-0 (paralelno vzorčenje).....	18
Slika 17: Stroki in zrnje soje.....	18
Slika 18: Očiščene korenine soje.....	19
Slika 19: Ultracentrifugalni mlin ZM 200 in sestavni deli mlevnih orodij.....	19
Slika 20: Mletje vzorcev.....	19
Slika 21: Epruvice z mletimi vzorci soje.....	20

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti snovi v tleh.....	5
Preglednica 2: Hranilna sestava sojinega zrna.....	9
Preglednica 3: Mejne vrednosti kovin v soji, kot v živilu.....	13
Preglednica 4: Mejne vrednosti vsebnosti kovin v soji, kot proizvodu prehrane za živali.....	14
Preglednica 5: Vsebnost težkih kovin v tleh, na katerih smo sejali sojo.....	21
Preglednica 6: Primerjava rastne dobe različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	23
Preglednica 7: Primerjava povprečnih višin stebel različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	23
Preglednica 8: Povprečna mesečna temperatura, količina padavin in izračunana efektivna temperatura (ET) ter transpiracijski koeficinet (TK) na merilni postaji Medlog, v času rasti različnih sort soje v letu 2015 in 2016.....	25
Preglednica 9: Povprečna mesečna temperatura, količina padavin in izračunana efektivna temperatura (ET) ter transpiracijski koeficinet (TK) na merilni postaji Brnik in Murski Soboti, v času rasti različnih sort soje v letu 2015.....	25
Preglednica 10: Primerjava vsot (korenina, steblo, strok in zrno) povprečnih vsebnosti kovin v različnih sortah soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	28

Kazalo grafov

Graf 1: Primerjava povprečnih dolžin korenin različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	22
Graf 2: Primerjava povprečnih dolžin stebel različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	22
Graf 3: Povprečna mesečna temperatura in količina padavin na območju Medlog v izbranem obdobju v letih 2015 in 2016.....	24
Graf 4: Privzem Cd v rastlinske dele različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	26
Graf 5: Privzem Pb v rastlinske dele različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	27
Graf 6: Privzem Zn v rastlinske dele različnih sort soje (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	28

1 UVOD

1.1 OPIS PROBLEMATIKE

Območje Celja je onesnaženo z nekaterimi toksičnimi kovinami (Cd, Pb, Zn,...), kar je razvidno iz številnih raziskav, opravljenih v Mestni občini Celje. Povečanje koncentracij nekaterih težkih kovin v okolju je predvsem posledica razvoja industrije, prometa, kmetijstva in zgoščenega urbanega naselja. Težke kovine se zelo dobro vežejo na organsko snov in glinene minerale v tleh in tako ostajajo v zgornjih slojih tal. Tudi po prenehanju onesnaževanja so tla potencialen vir toksičnih kovin, pri čemer je hrana, pridelana na onesnaženem območju, eden glavnih krivcev vnosa kovin v človeka.

Številne študije potrjujejo, da se povečane koncentracije kovin odražajo tudi v povečanih koncentracijah le-teh v rastlinah. Privzem kovin v rastline je odvisen od kislosti (pH) in sestave tal (vsebnosti organskih snovi in gline) ter vrste oz. dela rastline. Pri gojenju rastlin na zmerno onesnaženih območjih so koncentracije kovin najvišje večinoma v koreninah, najnižje pa v semenih in plodovih (Lobnik in sod., 2010).

Na svetu imamo vsako leto manj površin, ki bi jih lahko koristili za pridelavo hrane. Degradacija tal in prsti je posledica poslabšanja fizikalnih, kemičnih in bioloških lastnosti tal, pri čemer lahko tla izgubijo sposobnost izvajanja življenjsko pomembnih funkcij (Streže, 2010).

Slovenija je na dnu evropske lestvice v količini obdelovalnih površin na prebivalca (800 m²) (medmrežje 1), za zagotovitev potrebnih količin hrane pa bi jih potrebovali vsaj (2000 m²) (Haerlin in sod., 2013). Težkim kovinam smo lahko izpostavljeni tako s hrano rastlinskega izvora kot tudi živalskega izvora. V primeru, ko se rastlinojede živali prehranjujejo z rastlinami, ki vsebujejo prekomerno količino težkih kovin, se le-te lahko nalagajo tudi v živalih. Tako lahko privzem težkih kovin iz tal v rastline prehaja skozi prehranjevalno verigo v živali in človeka. Uživanje hrane s preveliko vsebnostjo težkih kovin ima negativne učinke na zdravje, kar lahko prispeva k nastanku številnih bolezni (Lobnik in sod., 2010).

1.2 NAMEN, CILJI IN HIPOTEZE

Diplomska naloga je del Ciljnega raziskovalno-razvojnega projekta (CRP) z naslovom Soja, ki poteka v obdobju od 2015 do 2017, v sodelovanju s Fakulteto za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru (FKBV UM), Kmetijskim inštitutom Slovenije (KIS), Biotehniško fakulteto Univerze v Ljubljani (BF UL) in Inštitutom za okolje in prostor (IOP).

V okviru omenjenega projekta potekajo poskusi sejanja, pri katerih se spremlja rast in razvoj ter pridelek različnih sort soje, ki so prišle v Slovenijo z namenom uvajanja (introdukcije) sort, ki ga izvajajo na Kmetijskem inštitutu Slovenije.

Na projektu so sodelovali tudi drugi študentje: Nuša Pavlinc, Katja Bobik in Žan Jankovič. Zaradi prepletanja diplomskih nalog lahko prihaja do podobnih ugotovitev pri interpretaciji rezultatov.

Namen moje diplomske naloge je ugotoviti, kakšen je privzem težkih kovin v rastlinske dele štirih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill), posejane na območju Celjske kotline.

Cilji:

1. Narediti primerjavo med štirimi sortami soje (*Glycine max* (L.) Merrill), ki so rasle na onesnaženih tleh.
2. Prikazati razlike privzema težkih kovin v različne sorte soje z grafično ponazoritvijo.
3. Primerjati dobljene rezultate s slovensko zakonodajo glede uporabnosti soje, ki je rasla na onesnaženih tleh.

Hipotezi:

1. Različne sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill) bodo imele najvišjo koncentracijo kovin v koreninskem delu rastline.
2. Soje različnih sort (*Glycine max* (L.) Merrill), posajene na degradiranem območju, niso primerne za prehrano ljudi in živali.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 ŠKODLJIVE SNOVI V TLEH IN PREHRANI

Ker so rastline in živali vir naše prehrane, je zelo pomembno na kakšnih tleh poteka proces rasti rastlin. V primeru rasti rastlin na onesnaženih tleh, lahko le-te poleg koristnih črpajo tudi škodljive snovi, ki se lahko prenašajo skozi prehranjevalno verigo in ogrožajo človeško zdravje. Učinek škodljivih snovi v tleh se razlikuje glede na fizikalno-kemijske lastnosti snovi in od lastnosti tal (kislost, delež humusa in gline, temperatura, namočenost, poroznost tal itd.). K onesnaženosti tal v veliki meri prispevajo industrijske emisije, pri čemer se zaradi razpršenih emisij, v tleh nalagajo težke kovine in nekatere organske spojine. Posledično lahko pride do privzema težkih kovin v rastline, večinoma preko koreninskega sistema, manj v stebela z listi in najmanj v plodove in semena. Gojenje nekaterih rastlin na kontaminiranih tleh je lahko zato tvegano.

Uživanje živil, pripravljenih po priporočilih o zdravi prehrani, ne bi smelo predstavljati grožnje našemu zdravju. K ogrožanju našega zdravja lahko prispevajo nekatere naravne in med pridelavo ter predelavo dodane kemijske spojine. Glavni povzročitelji degradacije tal so pesticidi, težke kovine, nitrati, nitriti, nitrozamini, rastni regulatorji, hormoni, antibiotiki ter kemijski dodatki. Raziskave so pokazale, da imajo nekateri zgodnji pesticidi ter klorirani ogljikovodiki zelo škodljive učinke na zdravje človeka. Zaradi svoje obstojnosti prehajajo v človeško prehranjevalno verigo. Pesticidi lahko v človekovo telo prodirajo na več načinov in sicer skozi kožo, dihala in usta. Težke kovine prehajajo v telo skozi hrano, pridobljeno na degradiranih tleh, in vodo, lahko pa tudi z uporabo neprimernih pripomočkov pri kuhanju. Toksičnost posamezne snovi pa je odvisna od njene koncentracije (Hudnik in sod., 2000). Toksične snovi imajo negativen vpliv na biološke organizme. Mehanizmi delovanja toksičnosti se lahko razlikujejo med posameznimi rastlinskimi in živalskimi vrstami, pa tudi med organi istega organizma.

Ker nosijo degradirana tla velike finančne posledice, gre na to temo veliko razprav v postopkih sprejemanja direktiv v organih EU. Predloge za to področje predpisuje direktiva o varstvu tal, katera predvideva popis onesnaženih območij, ki ga je potrebno izvesti v petih letih po sprejetju. Na potencialno onesnaženih lokacijah je potrebno ugotoviti ali obstaja zdravstveno tveganje za ljudi in okolje. V primeru tveganja se lokacija opredeli kot onesnažena, ob prodaji degradiranih lokacij pa je potrebno priložiti poročilo o stanju tal. Države članice EU so dolžne sanirati degradirana območja, ki so navedena v popisih. Obstaja več sanacijskih ukrepov (odstranitvev, nadzor, obvladovanje, zmanjševanje onesnažil), odvisno od stopnje onesnaženosti in ogroženosti zdravja ljudi in okolja, upoštevati pa je potrebno tudi trenutno in predvideno rabo (Suhadolc in sod., 2010).

2.2 KAKOVOST TAL V CELJU IN POSLEDICE

V zadnjih dveh desetletjih so bile na območju Celja opravljene številne raziskave, ki so dokazale degradacijo tal s težkimi kovinami. Onesnaženost je predvsem posledica preteklega industrijskega razvoja, degradirana območja pa predstavljajo grožnjo nadaljnega onesnaževanja. Pri tem je najbolj zaskrbljujoč podatek, da je na območju onesnaženih tal precej gosta poseljenost ljudi, vključno z velikim številom vrtov, parkirišč in otroških igrišč. Nekatero raziskavo so bile posvečene tudi ugotavljanju dostopnosti akumulacije kovin v rastlinske dele. Center za pedologijo in varstvo okolja Biotehniške fakultete v Ljubljani je v letih 1994, 2003 in 2008 izvedel raziskave, ki so določile sum na poslabšanje človeškega zdravja preko kmetijskih rastlin, zaradi vsebnosti težkih kovin. Višja kot je stopnja onesnaženosti tal, večja je vsebnost kovin v rastlinah, pri čemer nastopa predvsem privzem Cd in Zn. Rezultati meritev določenih vsebnosti kovin kmetijskih rastlin se preračunajo tako, da se lahko nato neposredno primerjajo na podlagi normativov Evropske skupnosti (Zupan in sod., 2010).

2.3 TEŽKE KOVINE

Za težke kovine velja, da imajo gostoto večjo od 5 kg/dm^3 , zanje pa je značilno tudi atomsko število nad 20. Izraz težke kovine se pogosto uporablja pri prehodnih elementih (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn), njihova prisotnost v tleh pa je načeloma v zelo majhnih koncentracijah, zato se imenujejo tudi mikroelementi. Problem degradacije tal s prisotnostjo teh elementov se pojavi v primeru prekomernih koncentracij. Kadar se elementi v okolju nakopičijo v večjih količinah, postanejo toksični. Velike koncentracije teh elementov imajo negativne vplive na metabolizem in prispevajo k številnim boleznim (kostne deformacije, slabokrvnost, rastna zaostalost, hipertenzija, rakave bolezni) (Ghosh in Singh, 2005).

2.3.1 Kadmij

Kadmij (Cd) je v tleh lahko naravno prisoten, večinoma pa je posledica človeške dejavnosti (predelovanje kovin, izdelovanje plastičnih spojin in barvil, izdelovanje in odlaganje baterij z nikljem in kadmijem, uporaba fosfatnih umetnih gnojil...). V ozračje se sprošča ob vulkanskih izbruhih in pri izgorevanju fosilnih goriv, krivci degradacije s Cd pa so tudi mestni in medicinski odpadki ter mulj v odplakah.

Cd je neesencialna kovina oz. element brez znane biološke vrednosti. Cd je zelo mobilni element, ki se zlahka absorbira skozi korenine rastlin in hitro potuje do listov, zaradi dobre mobilnosti pa je enakomerno razporejen po rastlinskih delih (Sekara in sod., 2005; Romih, 2015). Če so rastline in živali izpostavljene Cd, lahko prehaja tudi v živila, in smo mu zatorej s hrano izpostavljeni tudi ljudje. Za človeka je Cd potencialno karcinogen in lahko povzroči nastanek številnih boleznih (Likar, 1998).

2.3.2 Svinec

Svinec (Pb) je poleg Cd in Hg eden izmed najpogostejših onesnažil v tleh. Antropogeni (človeški) izvori Pb so rudarjenje in taljenje rude, rafinerije, atmosferski depoziti in odlaganje odpadkov.

Pb iz tal slabo prehaja v rastline, zato so koncentracije Pb v rastlinah majhne v primerjavi s koncentracijo v tleh, ne smemo pa zanemariti vnosa preko zraka, ki je značilen za urbana in industrijska okolja (Kabata-Pendias, 2001). Pb je slabo mobilni, njegova vsebnost v rastlini pa pada v naslednjem vrstnem redu: korenine, poganjki, listi, plod in seme. Ta razdelitev je posledica zaščitnih mehanizmov rastline, ki preprečijo translokacijo Pb iz korenin v nadzemne dele (Sekara in sod., 2005; Romih, 2015).

Pb je neesencialna kovina, ki človeku že v majhnih količinah povzroči zastrupitev, kronično poškodbo možganov, degradacijo krvotvornih organov ter številne druge bolezni. Človek je Pb izpostavljen s hrano, vodo in vdihavanjem zraka. Z industrijo se količina Pb v ozračju drastično povečuje (Likar, 1998).

2.3.3 Cink

Cink (Zn) se poleg Pb in Cd v povečanih količinah pogosto pojavlja v tleh, ker pa je mikrohranilo, je v določenih koncentracijah nujno potreben za rast in razvoj rastlin, živali in človeka (Zupan in sod., 2008; Romih, 2015). Zn se nahaja v vseh kamninah zemeljske skorje, njegovi antropogeni izvori pa so rudarjenje in taljenje rude, tekstilna industrija, industriji mikroelektronike in metalurgije, odlaganje odpadkov in blat iz čistilnih naprav in kmetijstvo (Kabata-Pendias 2001; Romih, 2015).

Brez Zn bi bila rast in razvoj rastlin močno ovirana, saj ima Zn pomembno vlogo v metabolizmu rastlin. V rastlini se največ Zn nahaja v koreninah, v nadzemnih delih pa v starejših listih, iz katerih se nato transportira v mlajše, medtem ko so najmanjše vrednosti Zn v plodovih (Kabata-Pendias, 2001).

Zn je naravna prvina, ki je v sledovih človeku koristna in v prevelikih koncentracijah škodljiva. Negativen vpliv na zdravje človeka imajo predvsem Zn soli. Ob zaužitju lahko Zn povzroča želodčne težave, pri prekomernem uživanju v mineralnih dodatkih pa povzroča težave z ožiljem. Povzroči lahko tudi številne druge posledice in nevšečnosti za zdravje. Ljudje smo Zn izpostavljeni predvsem s hrano (beljakovine, mleko, meso, perutnina, žito...) in nekoliko manj z vodo. Zn v obliki oksida (ZnO) lahko predstavlja nevarnost industrijskim delavcem (Likar, 1998).

2.4 ZAKONODAJA NA PODROČJU VARSTVA TAL

Onesnaženost tal lahko predstavlja resno grožnjo za ljudi, živali in rastline, saj gre za proces, ki je očem neviden. Pri določanju obsega in stopnje onesnaženosti tal, je potrebno vključiti vzorčenje, pripravo vzorcev za analize in interpretacijo rezultatov (Zupan in sod., 2010). Slovenska zakonodaja – Uredba o tleh določa mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti nevarnih snovi v tleh, pri čemer je:

1. *»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.*
2. *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.*
3. *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« (Ur.I.RS 68/96).*

Zakonsko določene vrednosti za Cd, Pb in Zn v tleh, določene z Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.I.RS 68/96), so predstavljene v preglednici 1.

Preglednica 1: Mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti snovi v tleh. (Vir: Ur.I.RS 68/96, 2017).

Nevarna snov	Mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	Opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	Kritična vrednost (mg/kg suhih tal)
kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd	1	2	12
svinec in njegove spojine, izražene kot Pb	85	100	530
cink in njegove spojine, izražene kot Zn	200	300	720

2.5 ESENCIALNI IN NEESENCIALNI ELEMENTI ZA RAST RASTLIN

Esencialni elementi so rastlinska mineralna hranila. Za razvoj rastlin so nujno potrebni, saj se brez njih rastlina ne more normalno razvijati in se jih ne da nadomestiti z drugimi elementi. Esencialni elementi se delijo na 4 skupine:

1. skupina: mineralna hranila, ki tvorijo organske spojine (N, S),
2. skupina: mineralna hranila, ki so pomembna v strukturnih in energetskih molekulah (P, B, Si),
3. skupina: mineralna hranila ionske oblike (K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl),
4. skupina: mineralna hranila, ki so udeležena v elektronskem transportu (Fe, Cu, Zn, Mo, Ni) (medmrežje 2).

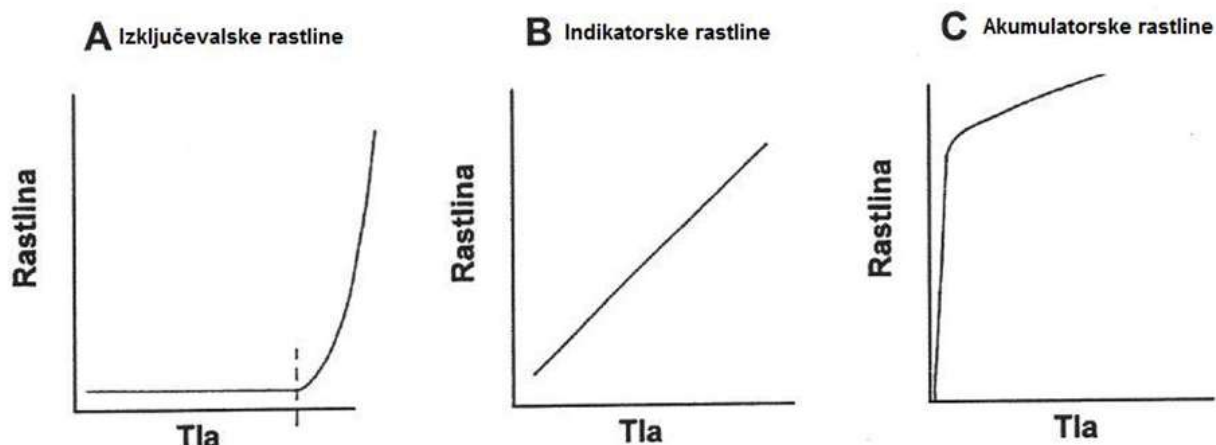
Neesencialni elementi (Cd, Ni, As, V, herbicidi...) nimajo biološke vloge oz. le-ta ni poznana. Pri prevelikih koncentracijah lahko večina esencialnih in neesencialnih elementov postane določenemu organizmu toksičnih (Clemens, 2006).

2.6 PRIVZEM TEŽKIH KOVIN V RASTLINE

Korenine rastlin privzemajo iz tal tako esencialne elemente (N, S, P, B, Si, K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl, Fe, Cu, Zn, Mo, Ni), kakor tudi neesencialne elemente (Cd, Ni, As, V...). Neesencialni kovinski ioni, zaradi kemijske podobnosti, vstopijo v rastlino po sistemu esencialnih ionov in tako predstavljajo potencialno toksičnost za rastlinske celice (Clemens, 2006).

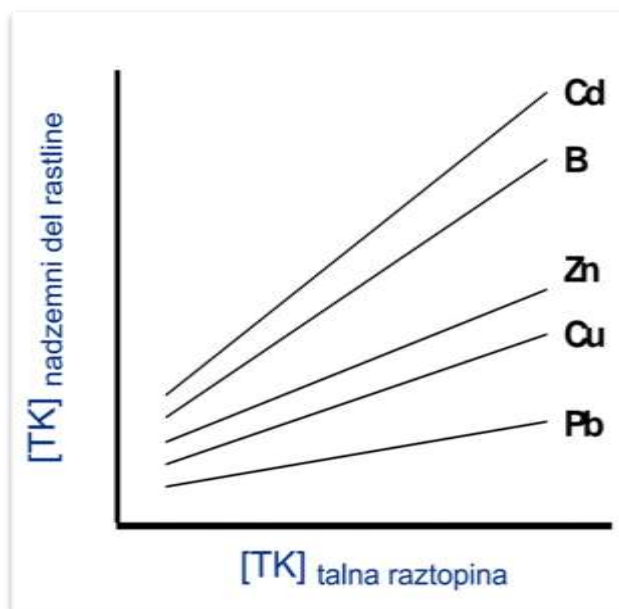
Mehanizme privzemanja toksinov v rastline so odkrivale številne raziskave v namen razumevanja optimizacije faktorjev pri izboljšanju učinkovitosti privzema rastlin. Rastline lahko delujejo akumulatorsko ali izključevalno. Akumulatorske rastline preživijo kljub koncentraciji kontaminiranih snovi v svojih zračnih (nadzemnih) tkivih, in sicer na podlagi biodegradacije ali biotransformacije kontaminiranih snovi v inertne oblike v tkivih. Pri izključevalnem procesu pa rastline omejujejo privzem kontaminiranih snovi v svoj organizem. Rastline imajo razvite zelo natančne in učinkovite mehanizme za privzem bistvenih mikrohranil iz okolja tudi v primeru vsebnosti majhnih količin ppm (angl. parts per million ali število delcev na milijon). S pomočjo koreninskega sistema proizvajajo kelatizacijo oz. razstrupljanje in sprožijo nastanek pH sprememb in redoks reakcije (atomi spremenijo svoje oksidacijsko stanje), zmožne pa so tudi solubizirati (topiti oz. kemijsko očistiti) in prevzeti mikrohranila iz zelo nizkih talnih ravni prsti. (medmrežje 3).

Slika 1 prikazuje različne rastlinske strategije privzema težkih kovin iz tal, prikazane kot koncentracije kovin v rastlinskih tkivih v odvisnosti od koncentracije kovin, ki se nahajajo v tleh. Primer A prikazuje privzem kovin pri izključevalskih, B indikatorskih in C akumulatorskih rastlinah (medmrežje 4).



Slika 1: Povezava med koncentracijo kovin v rastlinskih tkivih in tleh. (Prirejeno po: Baker, 1981).

Zaradi razlik v zadrževanju težkih kovin v koreninah in mobilnosti kovin po rastlini, je učinkovitost premeščanja težkih kovin v nadzemne dele rastlin različna, kar prikazuje slika 2 (medmrežje 4).



Slika 2: Translokacija težkih kovin v nadzemne dele rastline. (Vir: Kabata-Pendias, 2001).

Diplomska naloga je nastala v okviru Ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Soja«, katerega cilj je preučiti možnosti povečanja deleža beljakovinskih poljščin na slovenskih tleh. Povečana pridelava gensko spremenjene soje nas sili v iskanje možnosti samooskrbe beljakovinskih poljščin na slovenskih tleh. Tako smo v okviru projekta »Soja« želeli preučiti možnost gojenja soje na s kovinami onesnaženih tleh in definirati snovno ter energijsko izrabo soje.

2.7 SOJA

Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) je stročnica, ki je del družine *Fabaceae* in rodu *Glycine*. Gre za enoletno zeljnato rastlino, ki ima grmičasto obliko. Zraste nekje od 20 do 100 cm visoko. Dosežena višina se razlikuje glede na sorto, dolžino rastne dobe in razmer med pridelavo.

Zelo pozne sorte pa lahko pri ugodnih razmerah dosežejo tudi višino nad 1,5 m. Na višino ima vpliv tudi gostota setve (Čeh in sod., 2009).

Soja je uporabna rastlina pri prehrani ljudi (juhe, solate, kruh, pecivo, omake, mleko, mlečni izdelki, nadomestek za meso,...) in živali (kakovostna beljakovinska krma), veliko uporabno vrednost pa ima tudi pri industrijskih izdelkih (izdelava sveč, lecitina, barv za tekstil, linolej, različni emulgatorji, barve, mila, elektro-izolacijski material, nepremočljive tkanine, zdravila, laki, papir, lepila,...) (Čeh in sod., 2009).

2.7.1 Zgodovina soje

Zapisi o uporabnosti soje segajo v 11. stoletje pred našim štetjem. Narava te rastline je bila odkrita iz strani narodov severovzhodnega dela Kitajske, uvrščali pa so jo med pet svetih rastlin. Korenine prve omembe Japoncev segajo v leto 712, sojino zrnje pa se je razširilo na področja današnje Indonezije, Filipinov, Vietnama, Tajske, Malezije, Burme, Nepala in severne Indije v koncu 15. stoletja. Tekom časa je soja postala osnova prehrane azijskih dežel. Miso, tofu in tempeh so pripravljene jedi iz soje. Florentinec Francesco Carletti je na podlagi potovanja v Nagasaki leta 1597 vzhičeno opisal ribje jedi pripravljene s sojino omako. Domingo Navaret, popotnik iz Španije, pa je leta 1665 opisal tofu kot zelo razširjeno jed Kitajske.

Konec 17. stoletja so sojino omako uporabljali v aktivnem trgovanju med Vzhodom in Zahodom. Leta 1712 je na Japonskem izšla knjiga nizozemskega zdravnika Engelberta Kampferja z naslovom *Amoenitatum Eroficum*. Prvi poskusi gojenja soje v Evropi segajo v 18. stoletje (leta 1737 na Nizozemskem in 1739 v okolici Pariza), pri čemer pridelek ni bil namenjen za proizvodnjo hrane, temveč v znanstvene namene (raziskovanje in opazovanje rastline).

Prve plantaže soje v industrijske namene so ustanovili v Dubrovniku leta 1804. Takrat je bila soja prvič uporabljena v človeški in živalski prehrani (krma za ptice). Zgodovina sajenja soje v Ameriki sega v leto 1765, kjer so jo prvič posejali v zvezni državi Georgia in Pennsylvaniji leta 1770. Zaradi ugodne klime in rodovitne zemlje se je sajenje soje nato hitro razširilo še na mnoge druge države (Vanjkevič, 2011).

2.7.2 Kemijska sestava soje

V primerjavi z drugimi pomembnimi beljakovinami v človeški prehrani, je biološka vrednost sojinih beljakovin izredno visoka (Pokorn, 1995).

Kar se tiče razlik med rastlinskimi in živalskimi proteini, glede uporabe v organizmu, ni bistvenih odstopanj. Je pa soja nižje cenovna, brez holesterola in brez relativno težje prebavljivih maščobnih kislin (nenasičenih), ki jih najdemo v živilih živalskega izvora. Vrednost sojinih beljakovin se zatorej lahko enači z beljakovinami živalskega izvora. Soja ima poleg beljakovin tudi vsebnost nujnih mineralnih snovi za organizem (kalij, natrij, železo, cink), vsebuje pa tudi vitamine skupin B in C. V soji so bile odkrite fitokemične snovi, ki imajo antikancerogen učinek.

Sojino zrno ima vsebnost sedmih aminokislin, katere so nujno potrebne za organizem. Sojine maščobe močno presegajo vsebnost živalskih maščob. Iz vidika maščob ima soja na 100 g vsebnost 7 g vode ter dobro razmerje maščobnih kislin, vsebuje namreč 3 g nasičenih, 4 g mononenasičenih ter 12 g polinenasičenih maščobnih kislin (Vanjkevič, 2011). Vsebnost ogljikovih hidratov v soji je razmeroma nizka. Zaradi visokega odstotka balastih snovi (4,3 - 7,6 %) in lecitina (2 - 3 %) ima soja pomembno vlogo v dietni prehrani (Pokorn, 1995).

Soja vsebuje ogljikove hidrate (polisaharid dekstrin), ki imajo ključno vlogo v diabetični prehrani, saj zavirajo povečano vsebnost glukoze v krvi (Vanjkevič, 2011). Celotna hranilna sestava sojinega zrna je predstavljena v preglednici 2.

Preglednica 2: Hranilna sestava sojinega zrna.
(Vir: Pokorn, 1995).

Sestavine	Delež (%)
Beljakovine	36,6 do 53,2
Olje	14,9 do 22,9
Celuloza	4,3 do 7,6
Ogljikovi hidrati	2,7 do 12,0
Pepel	3,7 do 5,9

Poleg številnih pozitivnih lastnosti pa soja spada tudi med alergena živila, zaradi velike vsebnosti beljakovin. Zaužitje soje, enako kot fižol, povzroča napihovanje in vetrove. Sojini napitki so lahko brez vitamina D z nizko vsebnostjo kalcija in vitamina A ter brez vsebnosti vitamina B12. Takšni napitki so lahko slabi nadomestki za mleko, ki je poleg beljakovinskega živila tudi zelo dober vir kalcija in vitaminov A, D ter B12. Nekateri strokovnjaki zato odsvetujejo uživanje sojinih napitkov zdravim dojenčkom in malim otrokom do drugega leta starosti.

Soja je poleg žitaric, koruze, paradižnika in oljne ogrščice živilo, ki mu pripada sinonim genetsko spremenjenega organizma. Ocenjuje se, da je na svetu približno ena tretjina soje genetsko spremenjene. O genetsko spremenjenih organizmih govorimo takrat, ko se živemu organizmu z vgraditvijo določenih genov, ki nosijo zapis za določene lastnosti, spremeni oziroma preoblikuje genska struktura (Hollingsworth, 2014).

Gene vgrajujejo rastlinam predvsem zaradi izboljšanja prehranske vrednosti in boljše odpornosti rastline proti škodljivcem. Problem je, da genetsko spremenjeni organizmi lahko vsebujejo snovi, ki povzročijo alergijske reakcije in številne druge zdravstvene nevšečnosti. Iz ekološkega vidika pa se preko širjenja cvetnega prahu genetsko spremenjenih rastlin lahko širijo novi geni tudi na običajne sorte, ki niso bile genetsko spremenjene (medmrežje 5).

2.7.3 Sejalne površine in pridelek soje

Površine namenjene gojenju soje se od leta 1989 dalje močno povečujejo (Čeh in sod., 2009). Od leta 1991 do leta 2014 so površine globalno narastle iz približno 55 mio ha na približno 118 mio ha (medmrežje 6). Med poljščinami zaseda soja četrto mesto, takoj za pšenico, rižem in koruzo. Največje obdelovalne površine soje so v Ameriki, sledi Azija (Čeh in sod., 2009). V Evropi so med leti 1991 in 2014 s sojo zasejali med 1,5 in 4,5 mio ha obdelovalnih površin (medmrežje 6), v Sloveniji pa je po podatkih SURSA med leti 1991 in 2008 bilo s sojo zasejanih med 4 in 226 ha (Čeh in sod., 2009), v letu 2016 pa so površine narastle na 2.400 ha (CRP), s pomočjo subvencije (proizvodno vezano plačilo), ki pa se je s koncem 2016 tudi uknilo.

Hektarski pridelki soje po svetu so zelo različni in odvisni od klime, talnih dejavnikov in agrotehnike (Čeh in sod., 2009). Med leti 1989 in 2014 se je globalno povprečje pridelave soje povečalo iz 1,7 t/ha na 3,1 t/ha. Največ soje pridelajo v Severni Ameriki, v letu 2014 so jo povprečno pridelali 3,5 t/ha, medtem ko so v Evropi v tem času pridelali povprečno 2 t/ha soje. V Sloveniji je količina pridelave soje zelo nihala. Po podatkih Statističnega urada RS je v povprečju pridelek med leti 1991 in 2008 znašal med 1,1 do 2,9 t/ha. V letu 2014 je pridelek soje v Sloveniji znašal v povprečju približno 3 t/ha (medmrežje 6).

2.7.4 Zgradba soje

Rastlina soje je zgrajena iz korenine, stebła, listov, cveta, ploda in zrna.

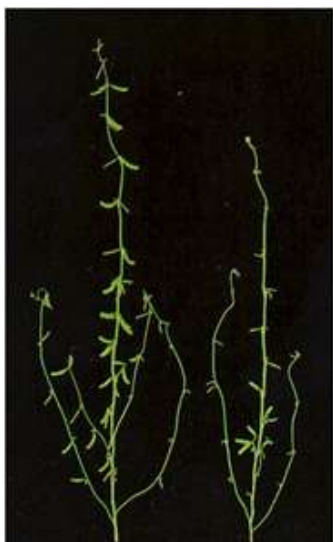
1. *Koreninski del* soje (sliki 3 in 4) je precej razvejan, vretenast, dobro razvit in lahko prodira globoko v zemljo. Razdeljen je na glavno korenino, katera se deli na več stranskih korenin in koreninic. Le-te se lahko razraščajo od 20 do 30 cm globoko v površinskem sloju zemlje, nekatere korenine in koreninice pa imajo sposobnost prodreti tudi do 2 metra globoko v zemljo. Na razvoj korenin in globino prodornosti v veliki meri vplivajo fizikalne lastnosti tal in nivo agrotehničnih ukrepov ter priprava zemlje in gnojenje.
2. *Steblo* soje (sliki 5 in 6) je po navadi ravno in doseže povprečno višino nekje med 50 in 150 cm, obstajajo pa tudi sorte, ki uspevajo do višine 200 cm visoko in več. Stebelni del sestavlja večje število členkov (12 do 15), med členki pa se nahajajo kolenca, na katerih rastejo požene liste, v pazduhi lista pa cvetove. Na spodnjem delu stebła se iz pazduh listov razvijajo stranske veje, tako da ima rastlina grmičasto podobo.
3. *Listi* soje (slika 7) so sestavljeni iz treh lističev, le prva dva sta prosta. Lističi so lahko različnih oblik (srčaste, jajčaste, ovalne, kopjaste...). Ena rastlina soje šteje nekje med 15 do 20 listov, na zelo razvejanih rastlinah pa se lahko razvije tudi po več 10 listov. Barva listov se spreminja iz svetlozelene ob začetku vegetacije v temno zeleno na sredini. Na koncu vegetacije listi postopoma porumenijo in odpadejo.
4. *Razvoj cveta* soje (slika 8) poteka v listnih pazduhah v skupinah od 3 do 5 cvetov. Nekatere sorte imajo grozdasto socvetje. Cvetovi so majhni, komaj vidni, podobne oblike kot pri ostalih stročnicah in metuljaste barve. Ker je soja avtogamna (samooprašna) rastlina, se samooprašitev pojavi v 99,6 odstotkih.
5. *Plod* soje (slika 9) ima obliko stroka v katerem je od 1 do 5 zrn. V začetku je strok zelene barve, ob dozorelosti pa spremeni barvo v svetlo do temno rumeno, obraslo z dlačicami. Strok lahko doseže različne dolžine, in sicer med 3 in 7 centimetrov. Dolžina stroka je odvisna od sorte in razvojnih razmer, oblika pa je lahko ravna ali delno ukrivljena. Če pravočasno in pravilno opravimo žetev ni nevarnosti v osipanju zrna, nasprotno pa lahko stroki nekaterih sort ob dozorelosti popokajo. Iz ene rastline lahko pridobimo od 10 do 400 strokov ali celo več. Če se pri ustrezni gostoti posevka oblikuje povprečno med 25 do 35 strokov na rastlino, lahko to smatramo kot obilen pridelek.
6. *Zrnje* (slika 9) se glede na sorto razlikuje v barvi, velikosti, teži in obliki. Razlika v razvoju zrna je odvisna predvsem od sorte in razvojnih razmer. Zrnja so različnih barv, lahko je svetlo rumeno, rumeno, zeleno, črno ali pisano. Velikosti dosežejo nekje med 5 in 6 mm, običajno pa so okroglih ali ovalnih oblik. Tehtajo največkrat med 150 in 200 g, hektolitrska teža pa znaša med 65 in 74 kg. (Nenadić, 1982).



Slika 3: Koreninski del soje.



Slika 4: Faze razvoja korenin soje.



Slika 5: Steblo in plodovi soje.



Slika 6: Steblo in listi soje.



Slika 7: Listi soje.



Slika 8: Cvetovi soje.



Slika 9: Stroki in zrna soje.

(Vir slik 3-9: medmrežje 7).

2.7.5 Značilnosti različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill)

Sorta soje Es Dominator 00

Sorta soje Es Dominator je francoskega porekla in spada v skupino srednje zgodnje zrelosti (00). Doseže povprečno višino 90 cm, prvi stroki se nahajajo na višini cca. 9 cm. Sorta je odporna na bolezni. Barva cvetov je vijolična, zrna so svetlo rumene barve in okrogle oblike. Vsebuje približno 40 % beljakovin in 21 % maščob. Potencialni donos sorte Es Dominator 00 je približno 4 t/ha. Priporočljivo jo je sejati v začetku aprila, ko temperatura tal doseže 10 °C (70 semen m²), žanje se z žitnim kombajnom sredi septembra (medmrežje 8).

Sorta soje Naya 00

Sorta soje Naya je metuljnica, ki prav tako spada v skupino srednje zgodnje zrelosti (00). Obrodi lahko nekje 60 zrn/m². Priporočen setveni čas sorte Naya 00 je med koncem aprila in začetkom meseca maja. Rastlina je nizke rasti in odlične stabilnosti. Cvetovi so vijolične, zrnje pa rumene barve. Sorta Naya 00 je zelo dobro odporna na bolezni in ima visoko vsebnost beljakovin ter srednjo vsebnost olja. Žeti jo je priporočeno z žitnim kombajnom, in sicer v septembru (medmrežje 9).

Sorta soje Es Mentor 00

Sorta soje Es Mentor je zelo donosna in spada v skupino zgodnje zrelosti (00). Doseže lahko nizko do srednjo višino in je dobre stabilnosti. Ima visoko vsebnost beljakovin in predstavlja optimalno sorto za potrošniške proizvode. Cvetovi sorte Es Mentor so bele, zrnje pa rumene barve. Veliko se uporablja v ljudski prehrani, vsebuje namreč približno 43,8 % beljakovin in 20,1 % maščob. Semena so obdelana z inokulatom FIX FERTIG (medmrežje 10).

Sorta soje Ema 00-0

Sorta soje Ema spada v skupino zelo zgodnje zrelosti (00-0) in ima srednje visoko stabilnost ter srednjo toleranco na bolezni. Obrodi lahko nekje do 5 t/ha pridelka. Vsebuje približno 41 % beljakovin in 22 % maščob, uporabimo pa jo lahko za različne proizvode. Priporočljiva setev je nekje od začetka maja do sredine junija (medmrežje 11).

2.7.6 Setev, oskrba in spravilo posevka

Pri uspešni pridelavi soje je potrebno upoštevati čas setve, izbor sort, pripravo semena za setev, vreme ob setvi, način setve, količino semena, gostoto in globino setve. Najbolj primeren čas setve je podobno kot pri koruzi med 15. aprilom in 15. majem (odvisno od vremenskih razmer). Najugodnejše jo je torej sejati takrat, ko se površinski sloj tal ogreje na 10 °C in ni nevarnosti pozne pozebe. Primerna setvena količina je od 80 do 130 kg/ha semena. Sejemo na medvrstni razdalji od 30 do 70 cm, odvisno od zrelostnega razreda sorte. Sejemo lahko s koruzno sejalnico ali sejalnico za sladkorno peso. Globina setve je odvisna od gostote tal, na težjih tleh je priporočljiva globina do 3 cm, na lažjih tleh pa do 5 cm.

Pri gnojenju soje je potrebno upoštevati analizo tal in predviden odvzem hranil s posevkom. Priporočljiva uporaba za 100 kg zrnja in ustrezno količino zelenja je od 7,2 do 10,8 kg dušika, 1,1 do 4,0 kg fosforja, 3,0 do 6,2 kg kalija, 2,4 do 15,0 kg kalcija ter 1,5 do 2,0 kg magnezija. Žeti je najbolj primerno med 10. in 25. septembrom na dan lepega in suhega vremena. Pri večini sort ob polni zrelosti sočasno odpadejo listi. Točno določen čas žetve je odvisen tudi od namena uporabe soje (Čeh in sod., 2009).

2.8 ZAKONODAJA ZA ŽIVILA IN PREHRANO ZA ŽIVALI

Prisotnost onesnaževal v živilih je posledica različnih faz proizvodnje, pakiranja, transporta, shranjevanja in priprave živil ter onesnaženja okolja. Splošno velja, da onesnaževala negativno vplivajo na kakovost živil, lahko pa imajo tudi negativne učinke na zdravje ljudi. Na nivoju Evropske unije (EU) so sprejeti različni ukrepi za zmanjšanje pojavljanja onesnaževal v živilih.

Splošni ukrepi EU navajajo predpise enotne EU mejne vrednosti pri onesnaževalih (Ur. l. RS št. 27/07, 38/10 in 57/11), ki zaradi toksičnosti ali njihove možne razširjenosti v prehranski verigi predstavljajo velika tveganja potrošnikom. To velja za: dioksine in PCB, mikotoksine (aflatoksini, ohratoksin A, patulin, Fusarium toksini in drugi), nitrate, težke kovine (kadmij, svinec, živo srebro, anorganski kositer), 3-MCPDe in policiklične aromatske ogljikovodike (PAH). Pri nosilcih živilske dejavnosti se s pomočjo uradnega nadzora preverja ustreznost postopkov, ki obvladujejo onesnaževala v živilih. K nadzoru spada odvzem in analiziranje vzorcev in na podlagi rezultatov se pokaže ali so tržna živila EU ali iz uvoza tretjih držav (Ur. l. RS št. 4/2016) skladna s predpisi mejnih vrednosti (Uprava RS za varno hrano).

Preglednici 3 in 4 kažeta zakonsko dovoljene mejne vrednosti kovin v soji, kot v živilu in krmi za živali. Glede na slovensko zakonodajo *»lahko proizvodi, namenjeni za živalsko krmo, vsebujejo nezaželeni snovi oziroma kontaminante, ki lahko neposredno ogrozijo zdravje živali ali zaradi svoje prisotnosti v živalskih proizvodih posredno ogrozijo zdravje ljudi ali okolje. Pri določanju maksimalne vsebnosti neželenih snovi v krmi se upošteva toksičnost teh snovi, njihova sposobnosti za biološko kopičenje in njihova razgradljivost. Maksimalne vsebnosti nezaželenih snovi so v krmi določene v Direktivi 2002/32 ES. Določbe Direktive 2002/32/ES so v slovenski pravni red prenešene s Pravilnikom o pogojih za zagotavljanje varnosti krmek«* (Uradni list RS, št. 58/2011; Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin).

Preglednica 3: 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 4: Mejne vrednosti 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

3 MATERIALI IN METODE

3.1 SEJALNA POVRŠINA

Glede na pretekle raziskave v Celju, je bila izbrana lokacija Bukovžlak, ki je obremenjena s težkimi kovinami. Na lokaciji so bile posejane štiri sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill), in sicer v letu 2015 sorti Es Dominator 00 in Naya 00, in v letu 2016 sorti Es Mentor 00 in Ema 00-0. Sejalna površina je prikazana na sliki 10.



Slika 10: Sejalna površina soje (2016) na lokaciji Bukovžlak v Celju.
(Foto: N. Romih, 2016).

3.2 IZVEDBA PRESKUSA

3.2.1 Sejanje sort (*Glycine max* (L.) Merrill)

Soja je bila sejana v vrste, med katerimi je bilo 25 cm razmika. Semena soje so si v vrsti sledila na razdalji 5 cm, pri čemer se je sejalo od 60 do 70 semen na m². Rastline soje so pognojili z umetnim gnojilom 15/15/15, v času večje suše pa so sojo zalivali. Postopek sejanja in gojenja soje je bil enak v obeh obdobjih (2015 in 2016).

Poleti stroke (v vsakem stroku je od 2 do 4 zrn) poberemo in posušimo na soncu. Posušene stroke oluščimo in zrnje shranimo.

Material, ki so ga uporabljali pri sejanju:

- seme,
- gnojilo,
- škarje,
- motika,
- grablje,
- meter,
- fotoaparati in
- zvezek ali list papirja.

3.3 VZORČENJE

3.3.1 Vzorčenje tal

Tla so vzorčili z dletastim svedrom, pri čemer so vzorce tal odvzeli na globini 0-30 cm. Vzorčenje tal so izvedli po mednarodnem standardu (SIST ISO 10381-1), po sistemu diagonalnega vzorčenja. Vsak vzorec je bil sestavljen iz devetih podvzorcev.

3.3.2 Vzorčenje sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill)

Konec oktobra, dne 28.10.2015, so na degradiranem območju Bukovžlaka vzorčili sorti soje Es Dominator 00 in Naya 00, dne 25.10.2016 pa smo vzorčili sorti Es Mentor 00 in Ema 00-0 (slika 11).

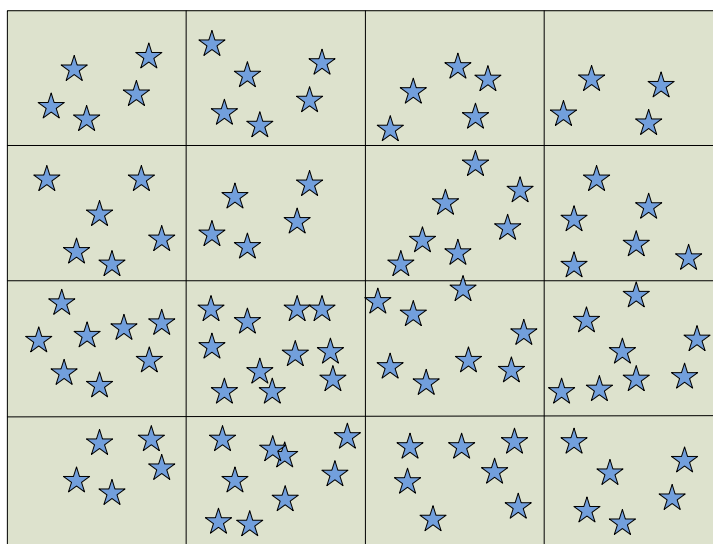


Slika 11: Soji sort Es Mentor 00 in Ema 00-0 na polju.
(Foto: M. Laznik, 2016).

Pri vzorčenju sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill) smo uporabili:

- meter za izmero dolžine stebel in korenin,
- papirnate vrečke za shranjevanje stebel, korenin, strokov ter zrnja,
- fotoaparata in
- pisalo.

Vzorčenje je potekalo po metodi naključnega izbora, ki je prikazana na sliki 12, pri čemer smo naključno zbrali skupke rastlin in jih združili v en skupen vzorec.



Slika 12: Vzorčenje po metodi naključnega izbora.

(Vir: arhiv IOP)

Vzorke vsake sorte soje smo pobrali v naključnih treh ponovitvah (paralelkah), pri čemer smo v vsaki paralelki pobrali od 5 do 8 celih delov rastlin, vključno s koreninskim delom (sliki 13 in 14). Vzorčnim rastlinam smo nato izmerili dolžine stebel in korenin, izmerjene vrednosti smo zabeležili v vnaprej pripravljene tabele.



Slika 13: Paralelno pobrane rastline sorte soje Es Mentor 00.

(Foto: M. Laznik, 2016).



Slika 14: Paralelno pobrane rastline sorte soje Ema 00-0.

(Foto: M. Laznik, 2016).

3.4 PRIPRAVA VZORCEV

Vzorci soje smo ročno ločili na 3 dele (sliki 15 in 16):

- koreninski del,
- stebelni del in
- strok z zrnji.

Posamezne dele smo nato shranili v papirnate vrečke in jih označili glede na lokacijo rasti, sorto in paralelno skupino. Vzorci so se zračno sušili približno 4 tedne.



Slika 15: Vzorci rastlinskih delov sorte soje Es Mentor 00 (paralelno vzorčenje).
(Foto: M. Laznik, 2016).



Slika 16: Vzorci rastlinskih delov sorte soje Ema 00-0 (paralelno vzorčenje).
(Foto: M. Laznik, 2016).

Ko je klasje začelo pokati, smo ločili še zrnje od klasja (slika 17) ter ga shranili v označene papirnate vrečke.



Slika 17: Stroki in zrnje soje.

(Foto: M. Laznik, 2016).

Koreninske dele soje smo pred mletjem prečistili z dezinfekcijsko vodo, pri čiščenju pa smo si pomagali z mehko krtačko (slika 18).



Slika 18: Očiščene korenine soje.

(Foto: M. Laznik, 2016).

3.4.1 Mletje vzorcev

Vzorci smo mleli v ultracentrifugalnem mlinu ZM 200 Retsch (slika 19), ki je primeren za hitro mletje mehkih do srednje trdih in vlaknatih materialov začetne velikosti okoli 10 mm. Najvišja finost mletja vzorcev je $<40 \mu\text{m}$ v odvisnosti od mlete snovi in uporabljenega materiala. Hitrost vrtenja rotorja smo nastavili na 18.000 obratov na minuto (rpm). Mlin ZM 200 je zaščiten z napravo z avtomatskim zapiranjem pokrova, kar onemogoči vključitev odprtega mlina. Pri sestavnih delih mlevnih orodij smo uporabili: rotor, zbirno posodo (kaseto), obročasto sito, pokrov kasete, pokrov ohišja, plastični lijak. Pri sestavljanju je potrebno pravilno namestiti torzijski zaklep (Retsch, 2005).

Različne dele sort soje smo mleli posamezno in jih shranili v vnaprej pripravljene epruvetke, ki smo jih označili glede na sorto, del rastline in paralelko (sliki 20 in 21). Med vsakim paralelno pobranim mletim vzorcem, smo mlin in mlevna orodja prečistili, po opravljenem mletju pa so bili vzorci pripravljene na analiziranje.



Slika 19: Ultracentrifugalni mlin ZM 200 in sestavni deli mlevnih orodij.

(Foto: M. Laznik, 2016).



Slika 20: Mletje vzorcev.

(Foto: K. Bobik, 2016).



Slika 21: Epruvice z mletimi vzorci soje.

(Foto: M. Laznik, 2016).

4 REZULTATI IN DISKUSIJA

4.1 TLA

Rezultati analize tal v Bukovžlaku so znani že iz preteklih raziskav, katere vrednosti, so predstavljene v preglednici 5.

Preglednica 5: Vsebnost težkih kovin v tleh, na katerih smo sejali sojo.
(Vir: arhiv IOP).

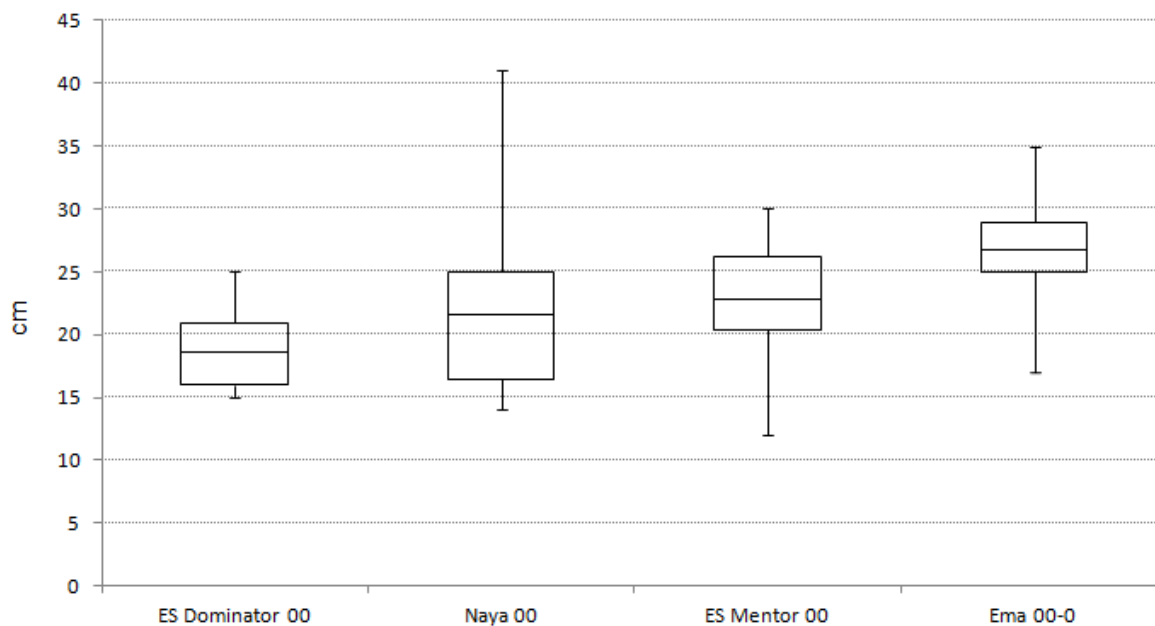
Nevarna snov	Izmerjena vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd	11,68
Pb	181,37
Zn	1445,8

Na podlagi Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l.RS 68/96), predstavljene v poglavju 2.4, rezultati analize tal za vsebnost težkih kovin kažejo na presežene opozorilne imisijske vrednosti za Cd in Pb, vrednost Zn v tleh pa presega kritično vrednost. Na podlagi slovenske zakonodaje in pretekle literature, smo vzorčno mesto označili z močno onesnažena tla, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali.

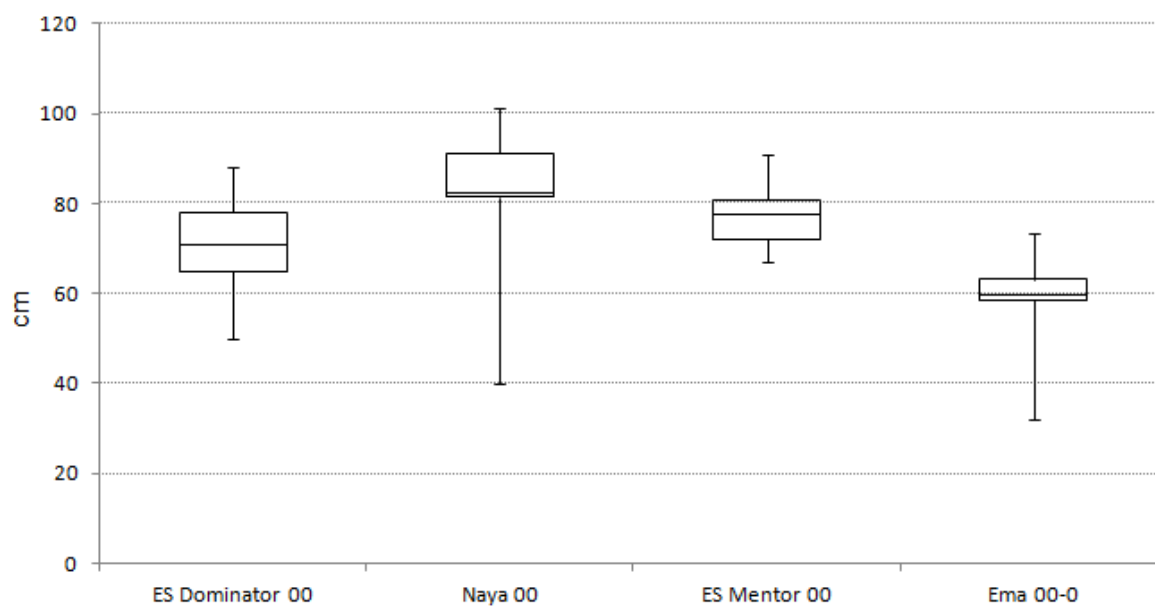
4.2 RAST RAZLIČNIH SORT SOJE (*Glycine max* (L.) Merrill)

Na izbranem območju smo sejali in gojili štiri različne sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill): Es Dominator 00, Naya 00, Es Mentor 00 in Ema 00-0, ki so opisane v poglavju 2.7.5. Poskuse smo izvedli v dveh obdobjih (letih), in sicer v letu 2015, ko smo sejali sorti Es Dominator 00 in Naya 00 ter v 2016, ko smo sejali Es mentor 00 in Ema 00-0.

Vzorčnim rastlinam smo izmerili dolžine izbranih rastlinskih delov, iz izmerjenih vrednosti pa smo nato izračunali povprečne dolžine (priloge A, B, C in D). Graf 1 prikazuje primerjavo povprečnih vrednosti dolžin korenin in graf 2 stebelnih delov različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill).



Graf 1: Primerjava povprečnih dolžin korenin različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill).



Graf 2: Primerjava povprečnih dolžin stebel različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill).

Najdaljše koreninske dele smo izmerili pri sorti soje Ema 00-0, pri kateri je povprečna dolžina znašala (26,75) cm. Sledili sta sorti Es Mentor 00 in Naya 00 (obe pribl. 22 cm), medtem ko smo v povprečju najkrajše korenine (18,59 cm) izmerili pri Es Dominator 00.

Pri določanju dolžine stebelnih delov smo najdaljša stebila izmerili pri sorti Naya 00, v povprečju so bila dolga (82,25) cm, sledili sta Es Mentor 00 (77,83) in Es Dominator 00 (70,71 cm), najkrajša stebila pa smo izmerili pri sorti Ema 00-0 (59,6 cm).

Koreninski sistem soje ima veliko sposobnost vsrkavanja težko dostopnih hranil. Nekateri podatki sovjetske kulture navajajo, da je soja zmožna vsrkati do 200 krat več hranil kot žitne korenine in to pripomore h temu, da so tudi pridelki soje na slabših zemljiščih lahko zadovoljivi (Nenadić, 1982).

Naše rezultate smo primerjali z rezultati iz poročila Kmetijskega inštituta Slovenije (nadalje KIS) (preglednici 6 in 7).

KIS je v letu 2015 opravil sortni poskus soje na dveh lokacijah, in sicer Jablje (15 m²) in Rakičan (12,5 m²). V Rakičanu so preizkusili 18 in v Jabljah 15 sort soje, zrelostnih razredov 1/0-000. V poskusu so opazili odstopanja med posameznimi sortami, označenimi z enako zrelostno skupino. (KIS, 2016).

Preglednica 6: Primerjava rastne dobe različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill). (Prirejeno po: KIS, 2016).

Lokacija	Leto	Sorte soje	Datum sejanja	Datum vzorčenja	Število dni
Bukovžlak	2015	Es Dominator 00 in Naya 00	2.6.2015	28.10.2015	148
	2016	Es Mentor 00 in Ema 00-0	5.7.2016	25.10.2016	112
Jablje	2015	Es Dominator 00, Naya 00, Es Mentor 00 in Ema 00-0	4.5.2015	1.10.2015	141
Rakičan	2015	Es Dominator 00, Naya 00, Es Mentor 00 in Ema 00-0	7.5.2015	29.9.2015	133

Preglednica 7: Primerjava povprečnih višin stebel različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill). (Prirejeno po: KIS, 2016).

Sorta soje	Povprečna višina stebel (cm)		
	Lokacija Bukovžlak	Lokacija Jablje	Lokacija Rakičan
Es Dominator 00	70,7	69,2	117,0
Naya 00	82,3	70,6	110,4
Es Mentor 00	77,8	60,7	106,4
Ema 00-0	59,6	73,3	118,8

Na podlagi primerjave rezultatov je razvidno, da je sorta soje Es Dominator 00, posejana na območju Bukovžlaka, razvila v povprečju za 2 % višja stebela, kot ista sorta, posejana na območju Jablje in približno 40 % nižja od sorte, posejana na območju Rakičan. Sorta soje Naya 00 je v povprečju razvila 14 % višja stebela od iste sorte, posejana na območju Jablje in približno 25 % nižja od sorte, posejana na območju Rakičan. Sorta soje Es Mentor 00 posejana na območju Bukovžlaka je v povprečju razvila za 22 % višja stebela, kot ista sorta, posejana na območju Jablje in 27 % nižja od sorte soje Es Mentor 00 posejana na območju Rakičan. Sorta soje Ema 00-0 posejana na območju Bukovžlaka je v povprečju razvila 19 % nižje dele rastline od iste sorte, posejana na območju Jablje in za 50 % nižje posejana na območju Rakičan.

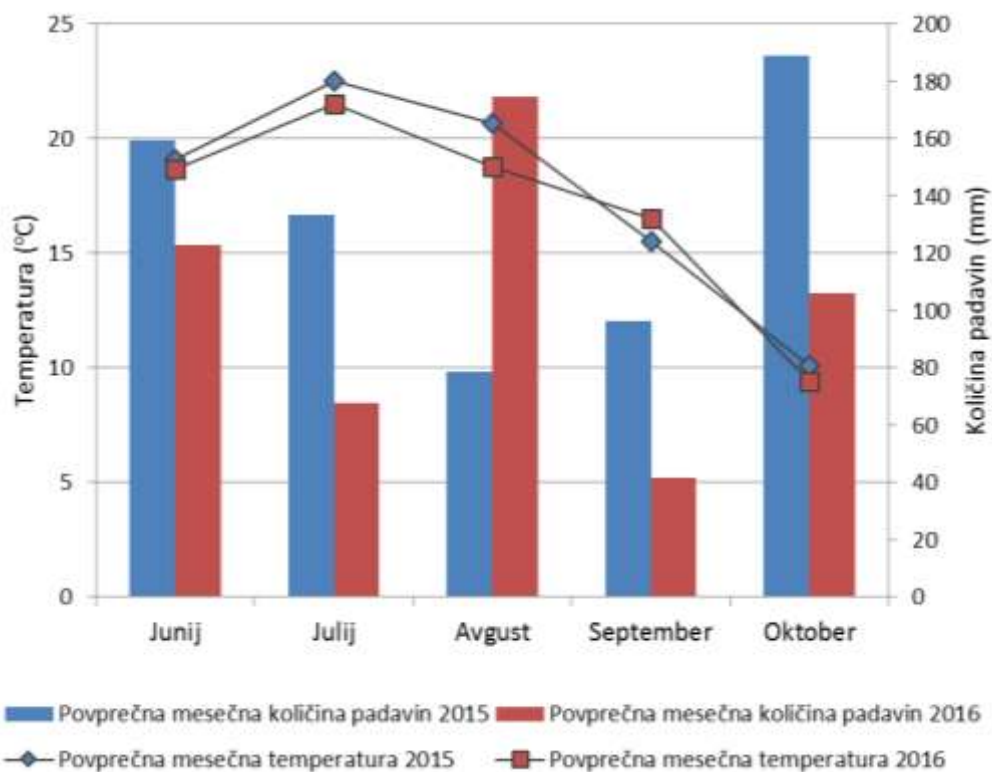
V razvoju povprečne višine rastlin si izbrane sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill) glede na lokacijo rasti sledijo v zaporedju Rakičan, Bukovžlak in nazadnje Jablje, razen za sorto Ema 00-0, kjer rast rastlin pada v zaporedju Rakičan, Jablje in Bukovžlak.

Literatura navaja, da povečane vsebnosti elementov brez biološke vrednosti (Cd, Pb, Hg in As) in ki v večjih koncentracijah predstavljajo tveganje za živali in ljudi, lahko vplivajo na zmanjšano rast rastlin (medmrežje 3). Čeprav je soja v Bukovžlaku rasla na močno onesnaženih tleh, povprečna višina rastlin soje ne dosega najmanjše povprečne višine rastlin, razen v primeru sorte soje Ema 00-0. Prav tako opazimo, da povprečna višina stebel v Bukovžlaku ne dosega predvideno (90 cm, str. 12) povprečno višino za Es Dominator 00, kjer bi lahko povečana vsebnost elementov brez biološke vrednosti za rastline (Cd, Pb) vplivala na rast rastlin.

4.3 VPLIV VREMENSKIH POGOJEV NA RAST SOJE (*Glycine max* (L.) Merrill)

Opravljena je bila primerjava povprečnih mesečnih temperatur in količine padavin v obdobjih rasti posameznih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill) v letih 2015 in 2016.

Podatke za vremensko postajo Medlog smo pridobili na spletni strani Agencije RS za okolje, zbrani so v prilogah E in F ter grafično predstavljeni na grafu 3.



Graf 3: Povprečna mesečna temperatura in količina padavin na območju Medlog v izbranem obdobju v letih 2015 in 2016. (Prirejeno po: ARSO, 2015/16).

Sorti soje Es Dominator 00 in Naya 00, ki sta bili posejani v letu 2015, sta bili tekom rasti izpostavljeni nekoliko višji povprečni mesečni temperaturi, ta je znašala 17,6 °C, kot sorti Es Mentor in Ema 00-0, posejani v letu 2016 (17,0 °C). Dodatno sta bili sorti soje Es Dominator 00 in Naya 00 izpostavljeni tudi večji povprečni mesečni količini padavin, in sicer 131,4 mm, kot Es Mentor 00 in Ema 00-0, ko je v enakem obdobju padlo v povprečju 102,6 mm padavin.

Preglednica 8: Povprečna mesečna temperatura, količina padavin in izračunana efektivna temperatura (ET) ter transpiracijski koeficient (TK) na merilni postaji Medlog, v času rasti različnih sort soje v letu 2015 in 2016. (prirejeno po: ARSO, 2015/16).

	Merilna postaja Medlog - Celje			
	Povprečna mesečna temperatura 2015 (°C)	Povprečna mesečna količina padavin 2015 (mm)	Povprečna mesečna temperatura 2016 (°C)	Povprečna mesečna količina padavin 2016 (mm)
Junij	19,1	159,4	18,7	123,1
Julij	22,5	133,4	21,5	67,7
Avgust	20,7	78,8	18,8	174,6
September	15,5	96,3	16,5	41,5
Oktober	10,1	189,0	9,4	106,1
povprečje	17,6	131,4	17,0	102,6
ET in TK	2604,8	656,9	1904	513

Preglednica 9: Povprečna mesečna temperatura, količina padavin in izračunana efektivna temperatura (ET) ter transpiracijski koeficient (TK) na merilni postaji Brnik in Murski Soboti, v času rasti različnih sort soje v letu 2015. (Prirejeno po: ARSO, 2016).

	Merilna postaja Brnik		Merilna postaja Murska Sobota - Rakičan	
	Povprečna mesečna temperatura (°C)	Povprečna mesečna količina padavin (mm)	Povprečna mesečna temperatura (°C)	Povprečna mesečna količina padavin (mm)
Maj	15,3	120,1	16,0	122,7
Junij	18,9	196,1	19,9	72,0
Julij	22,6	93,3	23,0	113,9
Avgust	20,6	73,5	22,1	21,1
September	14,7	169,9	16,4	90,5
povprečje	18,4	130,6	19,5	84,0
ET in TK	2594,4	532,9	2593,5	420,2

Opravljen je bil primerjava izračunanih efektivnih toplot (ET) in transpiracijskih koeficientov (TK). Pri čemer je ET vsota srednjih dnevni temperatur nad 10 °C od vznika do zrelosti, medtem ko nam TK pove koliko L vode je potrebnih, da nastane 1 kg suhe snovi. (Šterbenc, 2011). Ocenjena vsota efektivne temperature za sojo je vsaj 2000 °C. Transpiracijski faktor za sojo je med 390 in 750 (Čeh, 2009).

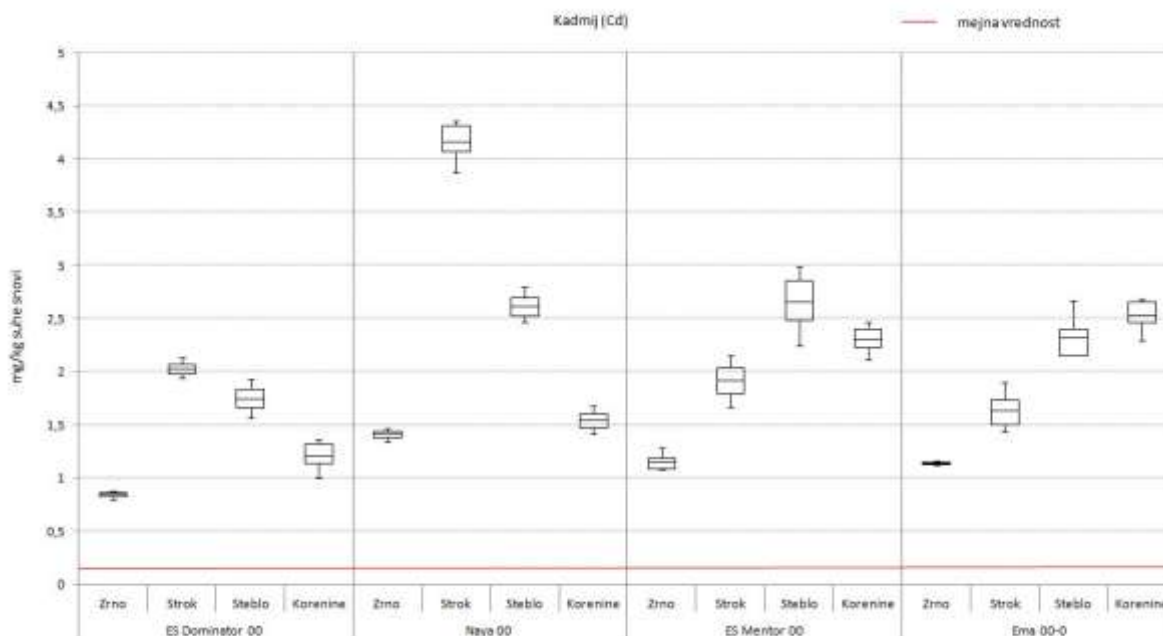
Vrednosti podane v preglednicah 8 in 9 kažejo, da so izračunane vrednosti znotraj zelenih vrednosti, ki so ocenjene za sojo (prav tam).

Opazimo tudi, da je na lokaciji Rakičan, kjer je najmanjši TK (to je 420,2), bila izmerjena največja višina stebel različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill).

4.4 PRIVZEM KOVIN V RAZLIČNE SORTE SOJE (*Glycine max* (L.) Merrill)

Opravljen je bil pregled privzema Cd, Pb in Zn v rastlinske dele soje (korenine, steblo, strok in zrno) različnih sort soje (ES Dominator 00, Naya 00, ES Mentor 00 in Ema 00-0) na močno onesnaženih tleh (Bukovžlak) med leti 2015 in 2016.

4.4.1 Privzem Cd v rastlinske dele različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill)



Graf 4: Privzem Cd v rastlinske dele različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill).

Iz grafa 4 je razvidno, da je pri vseh obravnavanih sortah soje najmanjši privzem Cd v zrno, medtem ko se vsebnost Cd v rastlinskih delih med sortami razlikujejo. Pri sortah Es Dominator 00 in Naya 00, obeh posejanih v letu 2015, je največji privzem Cd v strok, pri sorti Es Mentor 00 v steblo in Ema 00-0 v korenine.

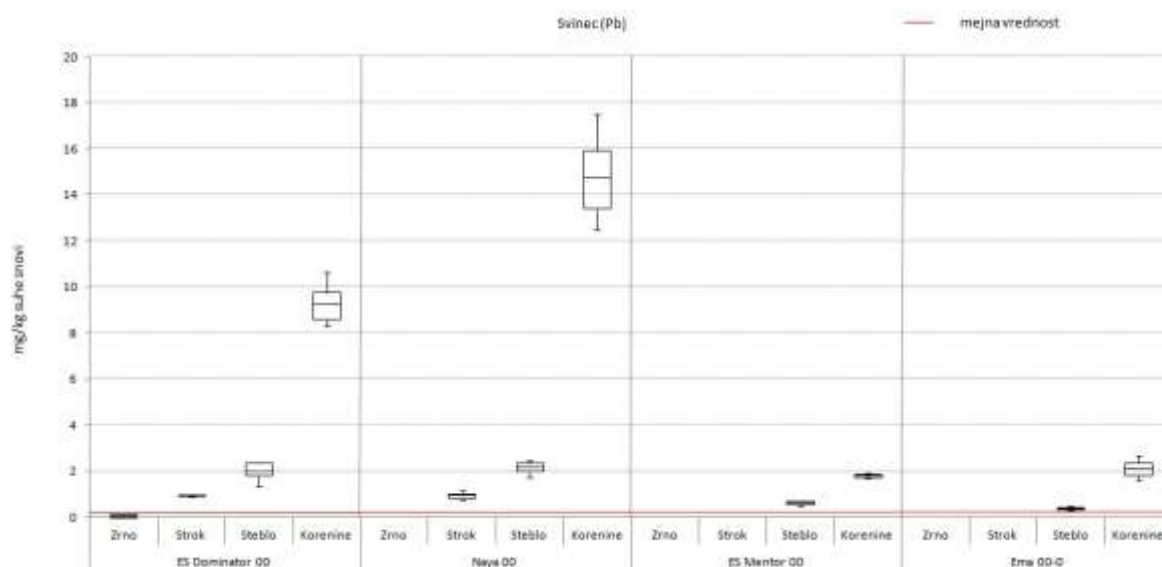
Rdeča črta nakazuje dovoljene vrednosti (to je 0,2 mg/kg s.s.) po slovenski zakonodaji za živila. (UREDBA KOMISIJE (ES) št. 1881/2006). Iz grafa 4 vidimo, da so v vseh obravnavanih sortah soje presežene dovoljene vrednosti Cd v zrnju kot živilu. Zrnje pridelano na močno onesnaženih tleh ni primerno za prehrano ljudi.

Glede na slovensko zakonodajo o vsebnosti nezaželenih snovi v proizvodih za prehrano živali je največja dovoljena vsebnost Cd od 0,5 do 2 mg/kg z 12 odstotno vsebnostjo vlage, odvisno od vrste krmne mešanice. V nalogi nismo stiskali zrnja, kjer bi lahko točno določili vsebnost nezaželenih snovi v krmi, vendar pa praksa in pretekla raziskava (Romih, 2013) navaja večjo koncentracijo nezaželenih snovi v pogačah po stiskanju v primerjavi z zrnjem. Rezultati naših raziskav kažejo potencialno možnost preseganja najvišje dovoljene vsebnosti Cd v dopolnilni krmni mešanici in popolni krmni mešanici (preglednica za krmne mešanice, preglednica 4).

Iz preglednice 10 je razvidno tudi, da je največjo količino Cd privzela sorta soje Naya 00, sledi Es Mentor 00, Ema 00-0 in najmanj Es Dominator 00. Cd so izbrane sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill) različno privzele v posamezne rastlinske dele (graf 4).

4.4.2 Privzem Pb v rastlinske dele različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill)

Rezultati analize vsebnosti Pb v rastlinske dele različno obravnavanih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill) (graf 5), so pokazali da je privzem Pb najmanjši v zrnju in privzem Pb je največji v korenine. Privzem povprečnih vsebnosti v rastlinske dele pada v zaporedju korenine > steblo > strok > zrno za sorti ES Dominator 00 in Naya 00, medtem ko za sorti ES Mentor 00 in Ema 00-0 privzem Pb pada v zaporedju korenine > steblo > strok = zrno.



Graf 5: Privzem Pb v rastlinske dele različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill).

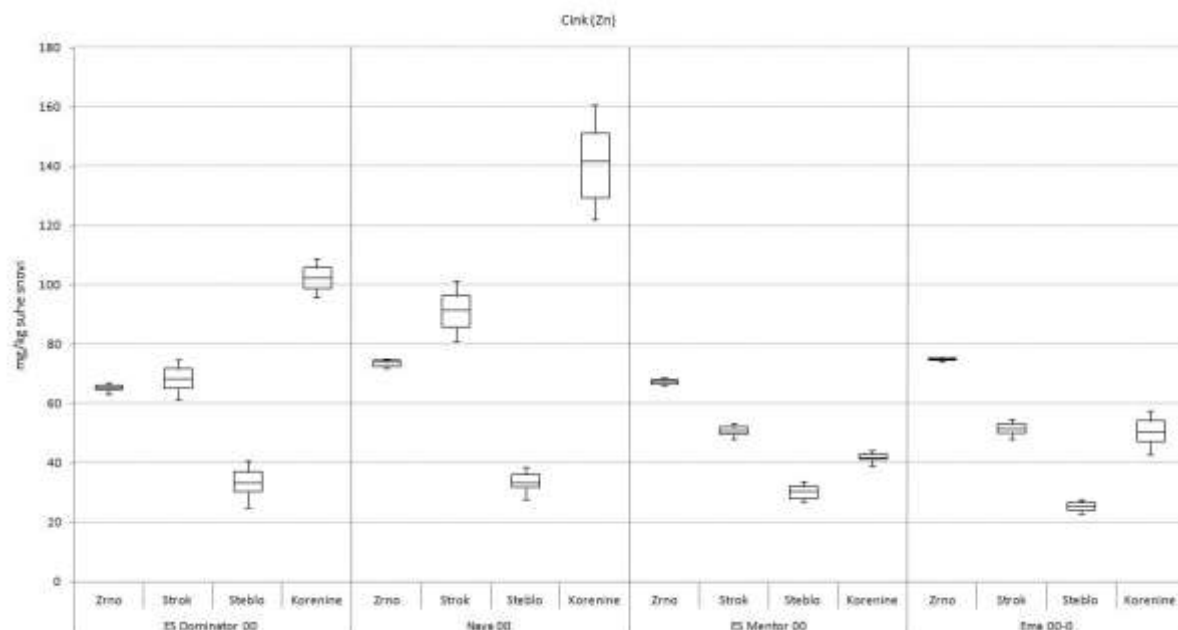
Rdeča črta nakazuje dovoljene vrednosti Pb (to je 0,2 mg/kg s.s.) po slovenski zakonodaji za živila (UREDBA KOMISIJE (ES) št. 1881/2006). Iz grafa 5 vidimo, da so v obravnavanih sortah soje v zrnju izmerjene vrednosti Pb pod mejo detekcije ali pod dovoljeno vrednostjo Pb v zrnju kot živilo. Vrednosti iz (priloge E in F), ki niso izrisane na grafu za zrno in strok, so v povprečju znašale (<0,1 mg/kg suhe snovi).

Pb je razmeroma nemobilen element in se v večji meri zadržuje v koreninah in najmanj v reproduktivnih tkivih (Seregin in sod., 2001; Tung in sod., 1996), kar kažejo tudi naši rezultati.

Največji privzem Pb se kaže (preglednica 10) v sorti soje Naya 00, sledi Es Dominator 00, Ema 00-0 in najmanj Es Mentor 00.

4.4.3 Privzem Zn v rastlinske dele različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill)

Rezultati analize privzema Zn v posamezne rastlinske dele različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill) so predstavljeni na grafu 6.



Graf 6: Privzem Zn v rastlinske dele različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill).

Največji privzem Zn je pri sortah Es Dominator 00 in Naya 00, posajenih v letu 2015, v koreninske dele, pri sortah Es Mentor in Ema 00-0 iz leta 2016 pa v zrno. Pri vseh analiziranih sortah je najmanjši privzem Zn v stebelne dele.

Zn je mobilni in rastlinam dokaj dostopen element. Korenine povečini vsebujejo več Zn kot nadzemni del, še posebej na z Zn bogatih tleh (Kabata-Pendias in sod., 2001), kot kažejo tudi naši rezultati za sorti ES Dominator 00 in Naya 00. Pri sortah ES Mentor 00 in Ema 00-0 je privzem Zn v korenine za do približno 3,5-krat manjši v primerjavi s sortama ES Dominator 00 in Naya 00. Opazimo (graf 4), da je privzem Cd pri sortah ES Mentor 00 in Ema 00-0 v koreninah večji za do približno 2-krat, v primerjavi s sortama ES Dominator 00 in Naya 00. Literatura (Clemens, 2006) navaja vstop neesencialnih kovinskih ionov v rastlino po sistemu esencialnih ionov. Zaradi kemijske podobnosti med elementoma (Cd in Zn) lahko pride do zamenjave med njima pri privzemu v rastlinske dele (Alloway, 1994; Seregin in sod., 2001; Zhao Fang in sod., 2001), kar nakazujeta sorti ES Mentor 00 in Ema 00-0 v koreninah.

Privzem Zn je največji v sorti soje Naya 00, sledi Es Dominator 00, Ema 00-0 in najmanj Es Mentor 00 (preglednica 10).

Preglednica 10: Primerjava vsot (korenina, steblo, strok in zrno) povprečnih vsebnosti kovin v različnih sortah soje (*Glycine max* (L.) Merrill).

Sorta soje	Povprečna celotna vsebnost nevarne snovi (mg/kg suhe snovi)		
	Cd	Pb	Zn
Es Dominator 00	5,85 ± 0,16	12,1 ± 0,52	269 ± 8,51
Naya 00	9,75 ± 0,05	17,8 ± 2,22	340 ± 26,4
Es Mentor 00	8,04 ± 0,64	2,37 ± 0,12	190 ± 5,72
Ema 00-0	7,65 ± 0,55	2,47 ± 0,54	202 ± 9,42

5 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem preveril naslednji hipotezi:

1. Različne sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill) bodo imele največjo koncentracijo kovin v koreninskem delu rastline.

Pri vseh analiziranih sortah soje je največji privzem v koreninske dele samo za Pb, medtem ko se rastlinski deli z največjo vsebnostjo Cd in Zn med sortami razlikujejo:

- Pri sorti Ema 00-0 je največji privzem Cd v korenine, pri Es Mentor 00 v steblo, medtem ko sta sorti Es Dominator 00 in Naya 00 Cd najbolj privzemali v strok.
- Največji privzem Zn je pri sortah Es Dominator 00 in Naya 00 v koreninske dele, pri sortah Es Mentor in Ema 00-0 pa v zrno.

Zaradi različnega privzema kovin v rastlinske dele glede na sorto soje (*Glycine max* (L.) Merrill) je moja hipoteza ovržena.

2. Soje različnih sort (*Glycine max* (L.) Merrill), posajene na degradiranem območju, niso primerne za prehrano ljudi in živali.

Rezultati analize tal v Bukovžlaku, na katerih smo sejali različne sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill), predstavljeni v preglednici 5, kažejo na presežene opozorilne imisijske vrednosti za Cd in Pb, vrednost Zn v tleh pa presega kritično vrednost. Glede na zakonodajo so tla močno onesnažena in niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih za prehrano ljudi in živali.

Glede na slovensko zakonodajo (UREDBA KOMISIJE (ES) št. 1881/2006), zrnje sort (ES Dominator 00, Naya 00, ES Mentor 00 in Ema 00-0) soje pridelano na močno onesnaženih tleh ni primerno za prehrano ljudi.

Moja hipoteza je s tem potrjena.

V diplomski nalogi sem analiziral tudi povprečno koreninsko in stebelno rast različnih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill) ter vpliv podnebnih pogojev na rast posameznih sort.

Ugotovil sem, da je v povprečju najdaljše korenine razvila sorta soje Ema 00-0, sledili sta sorti Es Mentor 00 in Naya 00, medtem ko sem najkrajše korenine izmeril pri sorti Es Dominator 00.

V povprečju najdaljša stebela sem izmeril pri sorti Naya 00, sledi Es Mentor 00 in Es Dominator 00, najkrajša stebela pa sem izmeril pri sorti Ema 00-0. Povprečna višina stebel med sortami soje na močno onesnaženih tleh je variirala od 59,6 cm do 82,3 cm.

Primerjava vremenskih pogojev na rast izbranih sort soje (*Glycine max* (L.) Merrill) je pokazala, da sta bili sorti soje Es Dominator 00 in Naya 00, posejani v letu 2015, tekom rasti izpostavljeni nekoliko višji povprečni mesečni temperaturi, kot sorti Es Mentor in Ema 00-0, posejani v letu 2016. Dodatno, sta bili sorti soje Es Dominator 00 in Naya 00 izpostavljeni tudi večji povprečni mesečni količini padavin.

Iz primerjave vremenskih podatkov s poročilom KIS iz leta 2015 sem ugotovil, da si izbrane sorte soje (*Glycine max* (L.) Merrill) po razvoju povprečne višine sledijo v zaporedju Rakičan, Bukovžlak in nazadnje Jablje. Opazil sem tudi, da je na območju z manjšo količino padavin bila izmerjena večja povprečna višina rastlin soje (*Glycine max* (L.) Merrill).

Ker po svetu zaradi onesnaženosti tal primanjkuje obdelovalnih površin, bi lahko na degradiranih tleh pridelovali hitrorastoče rastline, ki niso primerne za prehrano ljudi in živali, njihova uporaba bi bila izključno za v energijske namene ali v industrijske namene, npr. lepilo za les, barvila, za izdelavo sveč, barv za tekstil, elektro-izolacijski material, lake, papir...).

6 SEZNAM UPORABLJENE LITERATURE

AGROSAAT proizvodnja, zastopanje in trgovina, d.o.o. Soja. Medmrežje 9: <http://www.agrostaat.si/Sorte,226,0.html> (9.12.2016).

Alloway, J., B. (1994). Heavy Metals in Soils, 2nd ed. London: Blackie Academic and Professional.

Albreht, T., Gaberšček, A., Gantar, P., Gspan, P., Hudnik, V., Lah, A., Lah, T., Lejko-Zupanc, T., Lobnik, F., Metelko, M., Nolimal, D., Orožen Adamič, M., Pečjak, V., Pokorn, D., Pompe Kirn, V., Rakovec, J., Strnad, J., N. Sterlekar, N., Topler, V., Trontelj, J., Voljč, B., Zupan, I. (2000). Zdravje in okolje: kakovost okolja in življenja konec 20. stoletja. Ljubljana, Svet za varstvo okolja republike Slovenije, str. 23-25.

Bavec, F., Kolmanič, A. (2016). Rezultati preizkušanja sort v letu 2015: soja, krmni grah in bob. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije (KIS, UM FKBV), str. 4-13.

Clemens, S. (2006). Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. Biochimie, vol. 88, str. 1707-1719.

Corn agronomy, where science meets the field. Medmrežje 7: <http://corn.agronomy.wisc.edu/Crops/Soybean/L004.aspx> (30.11.2016).

Čeh, B., Tajnšek, A., Žveplan, S., Rak Cizej, M., Pavlovič, M., Košir, I.J., Hrastar, R., Kržan, B., Vižintin, J., Nikolič 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. 17-23.

DIREKTIVA 2002/32/ES EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA o nezaželenih snoveh v živalski krmi, str. 11-13.

Eržen, I., Grabner, B., Grčman, H., Grilc, V., Karo Beštner, P., Klavs, V., Krame, R., Konec Juričič, N., Lakota, M., Leštan, D., Lapajne, V., Lobnik, F., Marovt, K., Očepek, M., Plut, D., Pihler, B., Ribarič Lasnik, C., Romih, N., Sirše, T., Šajn, R., Škornik Tovornik, T., Šomen Joksič, A., Šištar, B., Švab, J., Tajnik, T., Vernik, T., Vršaj, B., Zupan, M., Žibret, G. (2010). Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji: modelni pristop za degradirana območja. Celje, inštitut za okolje in prostor, str. 14-83.

FAO STAT. Food and agriculture organization of the United Nations. Medmrežje 6: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> (9.12.2016).

Ghosh, M., Singh, S.P. (2005). A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of Its Byproducts: Applied Ecology and Environmental Research, str. 1-18.

Haerlin, B., Beck, A. (2013). 2000 m²: a conversation about your share of global food and land. Berlin, c/o Foundation on Future Farming, str. 12.

Hollingsworth, E. (2014). Vzemite zdravje v svoje roke: ubežite industriji bolezni. Ljubljana, Ara, str. 205-235.

Inštitut za nutricionistiko. Zdrava prehrana, informacije, ki jim lahko zaupate. Medmrežje 5: <http://www.nutris.org/prehrana/abc-prehrane/splosno/115-gensko-spremenjena-hrana.html> (9.12.2016).

International Journal of Chemical Engineering. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. Medmrežje 3: <https://www.hindawi.com/journals/ijce/2011/939161/> (16.11.2016).

Kabata-Pendias, A., Pendias. H., (ur.). (2001). Trace elements in soil and plants. 3rd edition. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, str. 413.

Kolar, J., Rismal, M., Skoberne, P., Vidic, J., Vuk, D. (1987). Človekovo okolje: kako deluje?. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije str. 172-280.

Likar, M. (1998). Vodnik po onesnaževalcih okolja. Ljubljana, International, str. 97- 314.

Mineralna prehrana rastlin (Agronomija – UNI). Katedra za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin. Medmrežje 2: http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2711/Gradiva_Vodnik_Predavanja_Bolonja/Vodnik_P_Bolonja_AG-UNI-Fiziologija_rastlin_Minerali-1del-2008-09.pdf (11.12.2016).

Ministrstvo za okolje in prostor. Agencija Republike Slovenije za Okolje (ARSO). Meteo.si, Uradna vremenska napoved za Slovenijo.

Nenadić, N. (1982). Soja: Gajenje i upotreba. Beograd, NOLIT, str. 5-9.

Pokorn, D. (1995). Soja osvaja svet: mala biblija za zdravo življenje. Ljubljana, Forma 7, str. 11-12.

Poljoprivredni institut Osijek. OS sorte soje, hibridi, suncokreta. Katalog 2014. Medmrežje 11: http://www.poljinos.hr/uploads/files/katalog/katalog%20soja%20i%20suncokret_web2.pdf (9.12.2016).

Republika Slovenija statistični urad RS (podatkovni portal SI-STAT). Kmetijska gospodarstva po rabi vseh in kmetijskih zemljišč v uporabi, Slovenija, 2000 in 2010. Medmrežje 1: <http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/Saveshow.asp> (15.11.2016).

Retsch, G. (2005). Navodila za uporabo, str. 8-14.

Romih, N. (2015). Vsebnost in Bioakumulacijski Faktorji za Cd, Pb in Zn v izbranih vrtninah gojenih na različno onesnaženih tleh v mestni občini Celje. Magistrsko Delo. str. 4-5.

Romih, N. (2013). Vpliv povečane koncentracije kovin v rastlinah na njihovo snovno in energijsko izrabo. Doktorska disertacija. str. 67-68.

RWA. Soja - RWA Hrvatska d.o.o., sjeme, gnojiva, baliranje, merkantila, pesticidi, vinarski program. Medmrežje 8: <http://rwa.hr/sjeme/soja/> (9.12.2016).

SAATBAU. Saat gut, Ernte gut. Nasveti o sorti. Medmrežje 10: <http://www.saatbau.com/uploads/seeds/93a264db49196eefe8c5a6c22223fceb25c6191.pdf> (9.12.2016).

Sekara, A., Poniedzialek, M., Ciura, J., Jedrszezyk, E. (2005). Cadmium and lead accumulation and distribution in the tissues of nine crops: implications of phytoremediation. Polish Journal of Environmental studies, str 509-516.

Seregin V. Ilya in Ivanov B. Victor. (2001). Physiological aspect of cadmium and lead toxic effects oh higher plants. Russian Journal of plant Physiology, vol. 48, no. 4, str. 523-544.

Seregin, V., I., in Ivanov B., V. (2001). Physiological aspect of cadmium and lead toxic effects of higher plants. Russian Journal of plant Physiology, vol. 48, no. 4, str. 523-544.

SKP, medmrežje 1: <http://www.kemija.org/index.php/kemija-mainmenu-38/24-kemijacat/196-toksinost-snovi-1-del> (3.12.2016).

Streže, J. (2010). Varstvo okolja. Ljubljana, Fit media d.o.o, str 56-78.

Suhodolc, M., Sušnik, A., Lobnik, F., Kajfež Bogataj, L., Gregorič, G., Bergant, K. (2010). Izzivi Slovenije na področju suš in degradacije tal. Ljubljana, Agencija RS za okolje, str. 57.

Šterbenc, M. Rastlinska pridelava. (2011). Maribor, CIP – Kataložni zapis o publikaciji, str. 4-5.

Težke kovine in rastline (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo). Ekofiziologija in mineralna prehrana rastlin – 2005/06. Medmrežje 4: <http://web.bf.uni-lj.si/ag/botanika/gradiva/Ekofiziologija%20-%20Tezke%20kovine%202005-06.pdf> (16.11.2016).

Tung, G., Temple, P., J. (1996). Uptake and localization of lead in corn (*Zea mays* L.) seedlings, a study by histochemical and Electron microscopy. The science of Total Environment, vol. 188, str. 71-85.

Uredba komisije (ES) o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih, št. 1881/2006 str. 26-28.

Uredba o izvajanju Uredbe (ES) o odločitvi zdravstvenih pravil za živalske stranske proizvode in pridobljene proizvode, ki niso namenjeni prehrani ljudi, Ur. l. RS, št. 58/2011, str. 8542.

Uredba o izvajanju uredb (EU) o uvozu nekaterih živil neživalskega izvora iz tretjih držav, Ur. l. RS, št. 4/2016, str.630.

Uredba o izvajanju uredb Sveta in komisije (ES) o onesnaževalih v živilih, Ur. l. RS, št. 27/2007, str. 3585.

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh, Ur. l. RS, št. 68/1996, str. 5773.

Uredba o spremembi in dopolnitvi Uredbe o izvajanju uredb Sveta in Komisije (ES) o onesnaževalih v živilih, Ur. l. RS, št. 57/2011, str. 8163.

Uredba o spremembah Uredbe o izvajanju uredb Sveta in Komisije (ES) o onesnaževalih v živilih, Ur. l. RS, št. 38/2010, str. 5258.

Vanjkevič, S. K. (2011). Naravno zdravljenje s sojo. Ljubljana, Begen založništvo d.o.o, str. 8-49.

Zhao Fang, J., Hamon, E. R., Lombi, E., McLaughlin J. M., McGrath, P. S. (2001). Characteristics of cadmium uptake in two contrasting ecotypes of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. Journal of Experimental Botany, vol. 53, no. 368, str. 535-543.

PRILOGE

Priloga A: Izmerjene vrednosti koreninskih in stebelnih delov sort soje Es Mentor 00 in Ema 00-0.

Paralelke		Es Mentor 00		Ema 00-0	
Št. Vz.	Št. Rast	Steblo (cm)	Korenine (cm)	Steblo (cm)	Korenine (cm)
1	1.	94	22	54	31
	2.	84,5	25,5	47	35
	3.	97,5	27	62	26
	4.	79,5	30	59	32
	5.	68	23	60	28
	6.			59	20,5
	7.			61	29
	8.				
Povprečje		84,7	25,5	57,4	28,8
2	1.	78	23,5	56	17
	2.	68	23	68	28
	3.	83	28,5	72	26
	4.	81	15	61	27
	5.	81	18	66	29
	6.	80	18,5	62	25
	7.	67	27	58	26
	8.				
Povprečje		76,9	21,9	63,3	25,4
3	1.	76	17	65	33,5
	2.	70	12	63	25
	3.	67	21	32	19
	4.	73	26	60	25
	5.	76	22	63	28
	6.	79	23	64	25
	7.	78	26		
	8.	76	29		
Povprečje		74,4	22	57,8	25,9
PovprečjeΣ		77,8	22,9	59,6	26,8

Priloga B: Izmerjene vrednosti koreninskih in stebelnih delov sort soje Es Dominator 00 in Naya 00.

Paralelke		Es Dominator 00		Naya 00	
Št. Vz.	Št. Rast	Steblo (cm)	Korenine (cm)	Steblo (cm)	Korenine (cm)
1	1.	78	18	102	25
	2.	89	18	96	41
	3.	54	15	95	18
	4.	50	15	95	25
	5.	78	16		
	6.	51	16		
	7.	81	17		
Povprečje		68,7	16,4	97	27,3
2	1.	78	18	62	15
	2.	65	16	80	26
	3.	75	19	40	17
	4.	70	24	85	14
	5.	73	23	87	36
	6.			86	21
	7.				
Povprečje		72,2	20	73,3	21,5
3	1.	81	22	86	14
	2.	75	25	58	17
	3.	69	21	84	22
	4.	64	15	88	15
	5.	71	18	82	22
	6.			90	17
	7.				
Povprečje		72	20,2	81,3	17,8
Povprečje Σ		70,7	18,6	82,3	21,6

Priloga C: Statistično izračunane vrednosti koreninske rasti različnih sort soje.

	Es Dominator 00 (cm)	Naya 00 (cm)	Es Mentor 00 (cm)	Ema 00-0 (cm)
Min	15	14	12	17
Q1 (0,25)	16	16,50	20,38	25
<i>Povprečje</i>	18,59	21,56	22,85	26,75
Q3 (0,75)	21	25	26,25	29
Max	25	41	30	35

Priloga D: Statistično izračunane vrednosti stebelne rasti različnih sort soje.

	Es Dominator 00 (cm)	Naya 00 (cm)	Es Mentor 00 (cm)	Ema 00-0 (cm)
Min	50	40	67	32
Q1 (0,25)	65	81,5	72,25	58,75
Povprečje	70,71	82,25	77,83	59,6
Q3 (0,75)	78	91,25	81	63,25
Max	89	102	97,50	97,5

Priloga E: Povprečne vsebnosti Pb, Zn in Cd v rastlinskih delih sort soje Es Dominator 00 in Naya 00.

Bukovžlak - 2015					
Es Dominator 00			Naya 00		
Zrno - Z			Zrno - Z		
Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
0,02	63,3	0,88	0,01	72,1	1,42
0,01	66,5	0,80	<0,01	76,2	1,47
<0,01	65,9	0,86	<0,01	72,7	1,35
0,01	65,2	0,85	<0,01	73,7	1,41
Strok - St			Strok - St		
Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
0,90	68,4	2,02	0,84	81,1	4,27
0,91	74,7	2,13	1,16	102,3	4,36
0,87	61,5	1,94	0,74	90,2	3,87
0,89	68,2	2,03	0,91	91,2	4,17
Steblo - S			Steblo - S		
Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
2,37	35,5	1,76	1,72	27,7	2,59
2,25	38,3	1,93	2,44	36,4	2,47
1,33	25,1	1,57	2,24	35,6	2,80
1,98	33,0	1,75	2,13	33,2	2,62
Korenine - K			Korenine - K		
Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
8,31	95,9	1,37	12,47	122,0	1,54
8,80	101,3	1,00	14,24	136,9	1,42
10,64	109,9	1,28	17,50	165,5	1,68
9,08	102,4	1,22	14,74	141,5	1,55
11,96	268,8	5,85	17,79	339,6	9,75

Priloga F: Povprečne vsebnosti Pb, Zn in Cd v rastlinskih delih sort soje Es Mentor 00 in Ema 00-0.

Bukovžlak 2016					
Es Mentor 00			Ema 00-0		
Zrno - Z			Zrno - Z		
Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
<0,1	66,0	1,08	<0,1	74,0	1,15
<0,1	67,0	1,29	<0,1	75,0	1,12
<0,1	69,0	1,10	<0,1	76,0	1,16
<0,1	67,3	1,16	<0,1	75,0	1,14
Strok - St			Strok - St		
Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
<0,1	53,0	1,92	<0,1	54,0	1,58
<0,1	51,0	2,16	<0,1	52,0	1,90
<0,1	48,0	1,67	<0,1	48,0	1,44
<0,1	50,7	1,92	<0,1	51,3	1,64
Steblo - S			Steblo - S		
Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
0,5	35,0	2,99	0,5	28,0	2,15
0,6	29,0	2,73	0,3	25,0	2,67
0,7	27,0	2,25	0,3	23,0	2,15
0,6	30,3	2,66	0,4	25,3	2,32
Korenine - K			Korenine - K		
Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
1,7	43,0	2,47	2,7	57,0	2,64
1,9	43,0	2,35	2,0	51,0	2,68
1,7	39,0	2,11	1,6	43,0	2,30
1,8	41,7	2,31	2,1	50,3	2,54
<2,6	190	8,05	<2,7	201,9	7,64