

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Tamara LUKMAN

**ANALIZA FLORE, VEGETACIJE IN VSEBNOSTI
KOVIN NA IZBRANIH PLOSKVAH
DEGRADIRANEGA OBMOČJA STARE CINKARNE
CELJE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Tamara LUKMAN

**ANALIZA FLORE, VEGETACIJE IN VSEBNOSTI KOVIN NA
IZBRANIH PLOSKVAH DEGRADIRANEGA OBMOČJA STARE
CINKARNE CELJE**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**ANALYSIS OF FLORA, VEGETATION AND METAL CONTENT ON
SELECTED PLOTS AT DEGRADED AREA OF OLD CELJE ZINC
WORKS**

B. Sc. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2014

POSVETILO

Svoje diplomsko delo posvečam dedku, ki mi je s svojim pogledom na življenje dal dragoceno popotnico za moj boljši danes in jutri.

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo – agronomija in hortikultura – 1. stopnja, na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Terensko delo je bilo izvedeno na območju stare Cinkarne Celje. Laboratorijsko delo je potekalo na Katedri za pedologijo in varstvo okolja Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani ter Katedri za aplikativno botaniko, ekologijo, fiziologijo rastlin in informatiko, Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja imenovala viš. pred. dr. Borisa Turka in somentorja viš. pred. mag. Marka Zupana.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: viš. pred. dr. Boris TURK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: viš. pred. mag. Marko ZUPAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Helena GRČMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega diplomskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Tamara LUKMAN

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dv1
- DK UDK 502.175:631.4:581.5 (497.4 Celje) (043.2)
- KG degradirano okolje/vegetacija/flora/kovine v tleh/Celje
- AV LUKMAN Tamara
- SA TURK, Boris (mentor)/ZUPAN, Marko (somentor)
- KZ SI-1000, Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2014
- IN ANALIZA FLORE, VEGETACIJE IN VSEBNOSTI KOVIN NA IZBRANIH PLOSKVAH DEGRADIRANEGA OBMOČJA STARE CINKARNE V CELJU
- TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)
- OP VII, 36 str., 14 pregl., 18 sl., 1 pril., 27 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V Celju velik ekološki problem že vrsto let predstavlja Cinkarna Celje. Leta 1973 so podjetje preselili na novo lokacijo, degradirano območje stare Cinkarne pa prepustili naravni sukcesiji. Leta 2009 smo na degradiranem območju stare Cinkarne Celje vzeli vzorce tal in jih analizirali v laboratoriju Biotehniške fakultete v Ljubljani. Potrdili smo, da je to območje prekomerno kontaminirano s težkimi kovinami, zlasti s Zn (mejna vrednost od 72 do 134), Cd (mejna vrednost od 16 do 58) in Pb (mejna vrednost od 24 do 92). Na treh izbranih popisnih ploskvah smo primerjali rastlinske združbe in ugotovili, da so se rastline prilagodile trenutnim razmeram v okolju. Določili smo življenjske oblike rastlin in pripadnost Grimovi CSR strategiji. Opazili smo zgodnje faze sukcesije, kar je predvsem posledica motenj v okolju (nanos gradbenih odpadkov, žindre in odpadne zemlje). Večje število drevesnih vrst najdemo na drugi popisni ploskvi, na kateri je antropogeni vpliv dalj časa odsoten. Na vseh izbranih ploskvah prevladujejo enoletnice (invazivne, ruderalne vrste) in visoke steblike (šopaste trave, kobulnice, invazivke). Vpliva vsebnosti težkih kovin na rastline in rastlinske združbe nismo potrdili.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dv1
DC UDC 502.175:631.4:581.5 (497.4 Celje) (043.2)
CX environmental degradation/vegetation/flora/metals in soil/Celje
AU LUKMAN Tamara
AA TURK, Boris (supervisor)/ZUPAN, Marko (co-supervisor)
PP SI-1000, Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2014
TI ANALYSIS OF FLORA, VEGETATION AND METAL CONTENT ON
SELECTED DEGRADED PLOTS OF OLD CELJE ZINC WORKS
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO VII, 36 p., 14 tab., 18 fig., 1 ann., 27 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Cinkarna Celje presents an important environmental issue in the town of Celje for many years. The company moved to a new location in 1973. At the degraded area of old Cinkarna Celje some environmental and health related researches were performed after the movement. In 2009 we took some soil samples at that area and we analyzed them in laboratory of the Biotechnical Faculty in Ljubljana. We confirmed that the soil was heavily contaminated with heavy metals, especially with the Zn, Cd and Pb. At three chosen plots we took vegetation relevees and confirmed that plant communities are responding to present environmental conditions. We examined the life forms of plants and their Grime's CSR strategy types. We noticed early phases of plant community succession, mostly because of constant human activities (depositing of construction wastes, dross and waste soils). Tree species were more abundant only at the second plot, where the anthropogenic influence is relatively low. Annual species (invasive species, ruderals) are prevailing at all selected plots as are non-woody perennials (tall grasses, umbellifers, invasive species). The influence of heavy metals concentration on the plants and plant communities has not been confirmed.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KEY WORDS DOCUMENTATION	III
KAZALO VSEBINE	IV
KAZALO SLIK	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VII
1 UVOD	1
1.1 NAMEN DELA	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA RASTLINSKE ZDRUŽBE	3
2.1.1 Življenjske oblike	3
2.1.2 Model CSR strategije	4
2.2 OKOLJSKI DEJAVNIKI IN TEŽKE KOVINE	5
2.3 OBMOČJE STARE CINKARNE	6
2.3.1 Kadmij	7
2.3.2 Cink	7
2.3.3 Svinec	8
3 MATERIAL IN METODE	9
3.1 KARAKTERIZACIJA PLOSKEV	9
3.1.1 Floristične analize	9
3.2 PEDOLOŠKE ANALIZE	11
3.2.1 Priprava vzorcev	11
3.2.2 Meritve pH tal	12
3.2.3 Meritve organske snovi in skupnega dušika	13
3.2.4 C/N razmerje	13
3.2.5 Določanje rastlinam dostopnega fosforja in kalija	13
3.2.6 Meritve vsebnosti kovin	13
3.3 PREGLEDNICE POPISOV	14
4 REZULTATI	18
4.1 REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ TALNIH VZORCEV	18

4.2	REZULTATI FLORISTIČNE ANALIZE IN VEGETACIJSKIH POPISOV	19
4.2.1	Rezultati pripadnosti CSR strategiji in deležem življenjskih oblik na prvi popisni ploskvi	19
4.2.2	Rezultati pripadnosti vegetacije rastlinski združbi na prvi popisni ploskvi	20
4.2.3	Rezultati pripadnosti CSR strategiji in deležem življenjskih oblik na drugi popisni ploskvi	21
4.2.4	Rezultati pripadnosti vegetacije rastlinski združbi na drugi popisni ploskvi	22
4.2.5	Rezultati pripadnosti CSR strategiji in deležem življenjskih oblik na tretji popisni ploskvi	22
4.2.6	Rezultati pripadnosti vegetacije rastlinski združbi na tretji popisni ploskvi	23
4.2.7	Rezultati pripadnosti CSR strategiji rastlin za vse tri ploskve skupaj	24
4.3	REZULTATI ZUNANJIH OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA POSAMEZNI POPISNI PLOSKVI V PREGLEDNICAH IN SLIKI	25
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	31
5.1	RAZPRAVA	31
5.1.1	Floristične analize na vseh treh popisnih ploskvah	31
5.1.2	Kemijske lastnosti tal	31
5.2	SKLEPI	32
6	POVZETEK	33
7	VIRI	34
	ZAHVALA	
	PRILOGA	

KAZALO SLIK

Sl. 1: CSR trikotnik	4
Sl. 2: Lokacije popisnih ploskev.	9
Sl. 3: Priprava talnih vzorcev.	12
Sl. 4: Priprava talnih vzorcev.	12
Sl. 5: Merjenje pH tal v laboratoriju.	13
Sl. 6: Deleži CSR na prvi popisni ploskvi.	19
Sl. 7: Deleži življenjskih oblik na prvi popisni ploskvi.	20
Sl. 8: Položaj združbe rastlin s prve popisne ploskve na CSR trikotniku.	20
Sl. 9: Deleži CSR na drugi popisni ploskvi.	21
Sl. 10: Deleži življenjskih oblik na drugi popisni ploskvi.	21
Sl. 11: Položaj združbe rastlin z druge popisne ploskve na CSR trikotniku	22
Sl. 12: Deleži CSR na tretji popisni ploskvi.	22
Sl. 13: Deleži življenjskih oblik na tretji popisni ploskvi.	23
Sl. 14: Položaj združbe rastlin s tretje popisne ploskve na CSR trikotniku.	23
Sl. 15: Položaj vseh treh združb s treh popisnih ploskev na CSR trikotniku.	24
Sl. 16: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin prve popisne ploskve.	26
Sl. 17: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin druge popisne ploskve.	28
Sl. 18: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin tretje popisne ploskve..	30

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Stopnje parametrov za določanje svetloљubnosti rastlin.	10
Pregl. 2: Stopnje parametrov za določanje toplolљubnosti rastlin.	10
Pregl. 3: Stopnje parametrov za določanje podnebnih razmer.	10
Pregl. 4: Stopnje parametrov za določanje potreb po vlagi pri rastlinah.	10
Pregl. 5: Stopnje za določanje parametrov reakcijske vrednosti.	11
Pregl. 6: Stopnje parametrov za določanje nitroљilnosti.	11
Pregl. 7: Seznam rastlin na prvi ploskvi.	15
Pregl. 8: Seznam rastlin na drugi ploskvi.	16
Pregl. 9: Seznam rastlin na tretji ploskvi.	16
Pregl. 10: Analiza vzorcev odvzetih na globini 0–20 cm.	18
Pregl. 11: Faktorji akumulacije za Zn, Pb in Cd v tleh (0–20 cm) popisnih ploskev glede na mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti	18
Pregl. 12: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin s prve popisne ploskve.	25
Pregl. 13: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin druge popisne ploskve.	27
Pregl. 14: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin tretje popisne ploskve.	29

1 UVOD

V Sloveniji je veliko onesnaženih mest. Največ onesnažil prispevajo tovarne in promet. Onesnažila se veliko let zadržujejo v zraku, vodi in tleh. Nazadnje jih vdihavamo in s hrano zaužijemo tudi sami. Velik delež onesnažil, med katere uvrščamo tudi (težke) kovine, ostaja akumuliran v tleh, tudi po prenehanju onesnaževanja. Akumulirana onesnažila rastline delno absorbirajo, in če so rastline namenjene prehrani ljudi in živali, lahko preidejo v človeško telo.

V diplomskem delu smo predstavili deleže rastlinskih vrst popisanih rastlin na treh popisnih ploskvah glede na pripadnost posameznim strategijam preživetja (ruderalne vrste, stresorji in kompetitorji) ter deleže rastlinskih vrst glede na Raunkierjevo življenjsko obliko. Popisne ploskve se nahajajo na degradiranem oziroma močno onesnaženem območju stare Cinkarne Celje in so bile izbrane glede na predvideno različno vsebnost težkih kovin v tleh ter različne antropogene vplive. Obravnavane rastlinske vrste so glede na prilagojenost okoljskim razmeram lahko kompetitorji, ki potrebujejo veliko svetlobe, vode in hranilnih snovi ter hitro rastejo. Ruderalci, katerim ustrezajo motena rastišča, kot so na primer nasipališča in ceste, hitro rastejo in se hitro razmnožujejo. Njihova življenjska doba je kratka. Toleratorji stresa, ki prenašajo slabe rastne razmere in stres ter imajo praviloma dolgo življenjsko dobo. Na antropogeni stres v smislu onesnaževanja tal in okoljski stres smo v nalogi dali večji poudarek. Preko laboratorijskih analiz smo ugotovili, da je antropogeni stres na zemljišču stare Cinkarne Celje najbolj prisoten. Rastline, ki rastejo na tem zemljišču, so se glede na onesnaženost temu stresu najbolj prilagodile.

Degradacija tal opredeljuje notranje spremembe tal, ki se pojavijo kot posledica delovanja zunanjih mehanskih sil in notranjih fizikalno kemičnih sprememb (Suhadolc in sod., 2008). Leta 1873 je bilo ustanovljeno podjetje Cinkarna Celje in obrat topilnice cinka, ki je začel obratovati leta 1875. V letu 1973 začne obratovati obrat Titanov dioksid, tovarno pa preselijo na novo lokacijo (Grilc, 2010). Mnoge raziskave tal v mestni občini Celje dokazujejo, da je bila Cinkarna Celje glavni izvor onesnaževanja tal v Celju (Lobnik in sod., 2010). Pri analizi prejšnje lokacije Cinkarne Celje je bila presežena vrednost ozona v zraku in onesnažena tla s kadmijem (Cd), cinkom (Zn) in svincem (Pb). Vzrok onesnaženosti s temi elementi je delovanje topilnice cinka na območju stare Cinkarne v preteklosti (Urad za kemikalije, 2008). Ti elementi prodrejo v tla preko zraka in so eden od virov onesnaževanja na območju stare Cinkarne Celje, ki v ožjem območju onesnažuje površine s težkimi kovinami. Vsebnost kovin v rastlinah se povečuje glede na stopnjo onesnaženosti tal (Zupan in sod., 1996, cit. po Zupan, 2010). Zemljišče je bilo v času terenskega dela tudi fizično degradirano. Na površini so bili ostanki porušениh zgradb, kupi navožene zemljine neznanega porekla, tla pa so bila brez izrazitih talnih horizontov. Povečane koncentracije težkih kovin v tleh lahko vplivajo na floristično sestavo rastlinskih združb, ki naseljujejo onesnažena rastišča. Odpornost in tolerantnost na težke kovine sta pri različnih vrstah rastlin različni. Hkrati so raziskave pokazale, da so nevarne kovine kljub velikim koncentracijam v razmeroma nedosegljivi obliki (Leštan, 2008, cit. po Leštan, 2010; Udovič in Leštan, 2008, cit. po Leštan, 2010). Dokaz večje vsebnosti kovin (Zn, Pb, Cd) v tleh je tudi vegetacija na tem območju. Rastline se razlikujejo glede na tolerantnost velikim koncentracijam težkih kovin. Rastline, ki lahko v nadzemnih delih prenesejo velike koncentracije kovin, imenujemo hiperakumulatorji. To so na primer rodovi *Brassica*, *Alyssum*, *Arabidopsis* in *Petrisis* (Roosens in sod., 2003, cit. po Romih in

sod., 2013). Akumulatorske rastline so odporne na kovine in imajo razvejan koreninski sistem (Brooks, 1998, cit. po Romih in sod., 2013).

Predvidevamo, da se rastlinske vrste, ki rastejo na različno onesnaženih rastiščih, razlikujejo po pripadnosti življenjski strategiji (CSR strategije) in pripadnosti Raunkierjevi življenjski obliki. S primerjavo deležev posameznih strategij in življenjskih oblik med ploskvami bomo skušali ugotoviti, kateri tipi so pogostejši na posameznih ploskvah.

1.1 NAMEN DELA

Namen raziskave je bil ugotoviti, ali med rastišči z različno vsebnostjo težkih kovin lahko najdemo razlike v floristični sestavi vegetacije, in ali so posamezne rastlinske vrste glede na pripadnost življenjski strategiji in Raunkierjevi življenjski obliki pogostejše na posameznih raziskovalnih ploskvah.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevamo, da se rastlinske vrste, ki rastejo na različno onesnaženih rastiščih, razlikujejo po pripadnosti življenjski strategiji (CSR strategije) in pripadnosti Raunkierjevi življenjskim oblikam. S primerjavo deležev posameznih strategij in življenjskih oblik med ploskvami bomo skušali ugotoviti, kateri tipi so pogostejši na posameznih ploskvah.

Vsebnost (težkih) kovin (Cd, Zn, Pb) in osnovnih talnih parametrov (pH, vsebnost organske snovi, vsebnost rastlinskih hranil) na popisnih ploskvah je različna ter presega normativne vrednosti za tla.

2 PREGLED OBJAV

2.1 VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA RASTLINSKE ZDRUŽBE

Pod pojmom rastlinske združbe razumemo populacije različnih vrst rastlin, ki živijo hkrati na nekem območju (Eler, 2003). Okoljski dejavniki različno vplivajo na rastlinske združbe. Nekatero rastlinske vrste se temperaturnim spremembam izognejo. Pogosto se svetlobni, temperaturni in vodni stres pojavijo istočasno. Ko je preveč svetlobe, ostanejo heliofiti, ob pomanjkanju svetlobe ostanejo ovijalke (Batič, 2011). V rastlinski združbi gozdov so tako pod krošnjami dreves ob pomanjkanju svetlobe in majhni vlažnosti ter nižjih temperaturah najpogostejše ovijalke. Vpliv tal na rastlinske združbe se kaže v količini hranil, vode, kisika in pH vrednosti (Batič, 2011).

2.1.1 Življenjske oblike

Po Raunkierju obstaja več življenjskih oblik. Življenjske oblike rastlin so odraz prilagajanja rastlin na okoljske razmere habitata, v katerem uspevajo. Poznamo naslednje življenjske oblike:

Fanerofiti (Fa) so lesnate rastline, med katere uvrščamo drevesa, grme, lesnate ovijalke. Imajo trajno olesenelo deblo in korenine, prezimni brsti so višje kot 25–50 cm nad tlemi. Luskolisti brste varujejo pred neugodnimi življenjskimi razmerami. Podobliki fanerofitov sta megafanerofiti, ki so drevesa, katerih brsti so praviloma vsaj nekaj metrov nad tlemi, in nanofanerofiti, ki so grmi, katerih brsti so praviloma največ nekaj metrov nad tlemi.

Hamefiti (Ha) so majhni grmički ob tleh, polgrmi, zelnate rastline. Brsti so navadno na višini 25–50 cm nad tlemi. Višji deli od te višine tudi odmrejo. Ta skupina je zelo raznolika. Odmrli rastlinski deli in sneg jim predstavljajo zaščito pred nizkimi zimskimi temperaturami. Podskupine hamefitov so:

polgrmi – spodnji deli so oleseneli, zgornji zelnati in pozimi ne odpadejo;

pritlikavi grmički – so pokončne rastline z olesenelimi deli, ki pozimi ne odpadejo;

preprogasti grmički – so nekaj cm visoke lesnate rastline, ki se razprostirajo na površini tal;

blazinaste trajnice – so zelnate ali olesenele trajnice blazinaste oblike;

pritlikavi sukulenti – so pritlikave zelnate vrste s sočnimi listi in/ali stebli.

Hemikriptofiti (He) so zelnate trajnice, katerim periodično odmirajo nadzemni deli, ki jih nato obnavljajo. Brste imajo pri tleh, pogosto prekrite z odmrli deli, ali pod vodo, nadvodni deli pa ob nastopu neugodnega obdobja odmrejo. Brsti na površini tal so zaščiteni z odmrli deli ali s snegom. Podskupine hemikriptofitov so: plazeči, šopasti, rozetasti in polrozetasti hemikriptofiti.

Geofiti (Ge) so prav tako zelnate trajnice, katerih nadzemni deli ob nastopu neugodnega obdobja odmrejo, vendar za razliko od hemikriptofitov njihovi poganjki ostanejo globlje v tleh, v njih pa so nakopičene rezervne snovi. Ti podzemni organi so čebulica, korenika, stebelni ali koreninski gomolji.

Terofiti (Te) so enoletna zelišča, katerih razvoj traja eno leto, oziroma enoletne zelne rastline brez trajnega telesa. Zimo ali sušo preživijo v obliki odpornih semen. Ozimne enoletnice začnejo svoj razvoj pred zimo in ga dokončajo naslednje leto. Pri njih zaščito predstavlja sneg.

Hidrofiti (Hi) so vodne rastline. Pri njih so vsi deli pod vodo. Pri plavajočih vodnih rastlinah vsi deli ali vsaj del listov plava na površini vode. Močvirske rastline (helofiti) kažejo vse prehode do običajnih kopenskih rastlin (Sinkovič, 2006).

2.1.2 Model CSR strategije

Model CSR strategije rastlinske vrste razvršča glede na nekatere osnovne preživetvene strategije. Model CSR temelji na dveh zunanjih dejavnikih. To sta stres in distrubanca (motnja). V modelu CSR poznamo kompetitorje, toleratorje stresa in ruderalce. Obstajajo pa tudi vmesne strategije znotraj CSR trikotnika, s katerim določamo pripadnost določene rastline posamezni strategiji. Vmesne strategije so CR, SR in CSR.



Slika 1: CSR trikotnik (Grime in sod., 1996)

Grime (Grime in sod., 1996) je postavil osnovne preživetvene strategije, ki jih je poimenoval CSR strategije. Postavil je teorijo CSR modela, ki temelji na dveh zunanjih dejavnikih, stresu in distrubanci (motnji). Stres je kompleks dejavnikov, ki omejujejo fotosintezo. Distrubanca je zunanji dejavnik, povezan z delnim ali popolnim uničenjem biomase.

Postavil je tri primarne ekološke strategije. Kompetitorji (C) uspevajo v razmerah majhnega stresa in majhne distrubance. Njihova najpomembnejša lastnost je velika hitrost razvoja korenin in poganjkov. Imajo kratko življenjsko dobo listov in drobnih korenin, ki se nenehno obnavljajo. Kompeticija je pogosta tam, kjer so produktivni, nemoteni habitati. Ti so naseljeni z robustnimi trajnicami z velikim rastnim potencialom. Kompeticija pomeni negativni učinek, ki ga ima en organizem na drugega, ker zaseda ali porablja vire, ki so omejeno razpoložljivi. Toleratorji stresa (S) uspevajo pri velikem stresu in majhni distrubanci. Prevladujejo tam, kjer kronično primanjkuje svetlobe, vode, hranil ali toplote.

Rast je počasna, obnavljanje organov je počasno, življenjska doba je dolga. Ruderalci (R) uspevajo pri majhnem stresu in veliki disturbanci. Vrste hitro rastejo in imajo zgodnjo reprodukcijo. Prevladujejo v motenih habitatih. To so pogosto preorana polja in vrtovi, motena so lahko tudi degradirana rastišča. Model CSR predpostavlja, da se vegetacija na določenem prostoru in v določenem času razvije kot rezultat ravnotežja med jakostjo stresa in disturbance ter kompeticije. Kadar sta stres in disturbanca zelo majhna, rastline z veliko kompeticijsko sposobnostjo prevladajo in sukcesija vodi v monokulture. Taki so na primer obvodni sestoji visokih steblik, kjer prevladuje praktično ena sama vrsta. Velik stres in disturbanca ne omogočata vegetacije. V naravi so pogosti prehodi CSR odvisni od biotskih in abiotskih dejavnikov. CSR analiza vegetacije omogoča klasifikacijo združb in analizo dinamike razvoja glede na stanje okolja in rabo prostora. Poznavanje strategij omogoča napovedovanje obnove združb zaradi klimatskih sprememb, herbivorov in dejavnosti človeka (Batič in sod., 2009).

2.2 OKOLJSKI DEJAVNIKI IN TEŽKE KOVINE

Na sprejem kovin v rastline vplivajo nekatere talne lastnosti, kot so na primer kislost tal, vsebnost organske snovi in gline, prav tako pa tudi vrsta kovine in vrsta oziroma del rastline. Akumulacija kovin v rastlinskih tkivih je različna glede na koncentracijo v tleh (Lobnik in sod., 2010). Navadno so koncentracije kovin največje v koreninah, najmanjše pa v semenih in plodovih (Vovk Korže in sod., 2009). Vsebnost kovin v rastlinah se povečuje z onesnaženostjo tal. Povečana koncentracija težkih kovin v tleh lahko vpliva na rast rastlin in ima toksičen učinek. V rastline prehajata predvsem Cd in Zn (Bohinc, 2006). Pri ugotavljanju škodljivosti onesnaženih vrtnin s težkimi kovinami zdravju človeka, moramo upoštevati poleg koncentracije kovin tudi količino zaužitih vrtnin, zato ni nujno, da zdravje človeka ogrožajo le tiste vrtnine, ki po vsebnosti kovin prekoračujejo normativne vrednosti (Zupan in sod., 2010). Na Zavodu za zdravstveno varstvo Celje, so na odvzetih vzorcih kmetijskih rastlin iz območja KS Teharje in KS Medlog naredili primerjavo z vzorci odvzetimi leta 2002 na drugih območjih Slovenije (Eržen in sod., 2003, cit. po Zupan in sod., 2010). V primerjavi s povprečjem vzorcev, odvzetih leta 2002 v Sloveniji, je ugotovil, da je vsebnost kadmija tudi do 10-krat večja (Eržen in sod., 2003 cit po Zupan in sod., 2010). V okoljskih raziskavah največjo pozornost namenjajo kovinam, ki imajo gostoto večjo od 5 g cm^{-3} oziroma atomsko število nad 20 in so največkrat označene kot težke kovine. V tleh se pojavljajo v zelo majhnih koncentracijah, zato jih uvrščamo med mikroelemente. V majhnih količinah težke kovine v okolju niso nevarne, nekatere (na primer Zn) so organizmom nujno potrebni elementi. Ko se ti elementi prekomerno nakopičijo na nekem območju v tleh, vodi ali zraku, nastane problem onesnaževanja. Nekatere kovine lahko škodljivo učinkujejo na rastlinske in živalske organizme z neposrednim vnosom ali vnosom s hrano, kar neugodno vpliva tudi na ljudi (Romih in sod., 2010). »Vnos kovin v okolje je trajen in nepovraten poseg v okolje« (Romih in sod., 2010). Težke kovine ostajajo v tleh in se ne razgrajujejo. K zmanjšanju vsebnosti težkih kovin v tleh pripomore le sprejem kovin v nadzemne dele rastlin, spiranje in erozija tal (Lobnik in sod., 2010). Predviden čas, v katerem se koncentracija kovin v tleh zmanjša za polovico, je za Zn od 70 do 510 let, za Cd od 13 do 1100 let, za Cu od 310 do 1500 let in za Pb v tleh od 740 do 5900 let (Kabata Pendias in Pendias, 1984, cit. po Lobnik in sod., 2010).

2.3 OBMOČJE STARE CINKARNE

Cinkarna Celje vpliva na življenje prebivalcev Celja. Z onesnaženim območjem, ki ga povzroča Cinkarna Celje, se veliko ukvarja Civilna iniciativa. Z raziskavami in kemijskimi meritvami že vrsto let dokazuje ekološko obremenjenost treh krajevnih skupnosti v okolici Cinkarne Celje (Urad za kemikalije, 2008). Mestna občina Celje v občinskem programu varstva okolja za mestno občino Celje (2009–2013) navaja problematiko onesnaženosti tal v celjski kotlini, podprto s prvo obširnejšo raziskavo na to temo leta 1989 (Kramer, 2010). Na 117 lokacijah so bili odvzeti vzorci tal. Opravljene so bile analize na vsebnost kovin in težkih kovin, fluoridov in več skupin nevarnih organskih skupin. Rezultati raziskave (Lobnik in sod., 1989, cit. po Lobnik in sod., 2010) kažejo, da najbolj kritično vrednost glede na zakonodajo (Uredba ..., 1996) presegata cink in kadmij (Lobnik in sod., 2010). V občinskem programu varstva okolja za mestno občino Celje so izpostavili lokacijo stare Cinkarne Celje. Študija »Ocena onesnaženosti zemljine in podzemne vode z lokacije stare Cinkarne« kaže na izredno onesnaženje s kovinami As, Ba, Cu, izstopajo pa Cd, Pb in Zn (Grilc in sod., 2005, cit. po Ribarič Lasnik, 2010). V tej raziskavi ugotavlja, da je staro območje Cinkarne močno kontaminirano in je v fazi urejanja. Kovine v tleh se dobro vežejo na organsko snov in glinene minerale, zaradi česar ostajajo v zgornjih plasteh tal dolgo časa in zelo počasi migrirajo skozi talni profil (Lobnik in sod., 2010). Primerjava rezultatov različnih projektov v zadnjih dveh desetletjih kaže, da so koncentracije nekaterih kovin v tleh Celja bistveno večje od povprečnih vrednosti v Sloveniji (Andjelov, 1949, cit. po Lobnik in sod., 2010).

V Celju lahko ločimo dve vrsti onesnaženih tal:

- tla v mestu (zelenice, igrišča, vrtovi) in primestnega območja (kmetijska zemljišča in vrtovi), ki so onesnažena zaradi razpršenega onesnaževanja preko zraka;
- tla na območju 'stare Cinkarne Celje' in različne deponije, ki so onesnažena zaradi točkovnega onesnaževanja.

Območje 'stare Cinkarne Celje' predstavlja dvorišče nekdanje topilnice cinka in drugih obratov Cinkarne Celje in obsega 17 ha degradiranih površin. Na zemljišču stare Cinkarne Celje se nahajajo preostanki objektov, infrastrukture ter velika količina proizvodnih in gradbenih odpadkov. Ključna onesnažila na tem območju so kovine in metaloidi (cink, svinec, kadmij, baker, barij, arzen), nekovine (fluoridi in sulfidi), sestavine premogovega katrana (mineralna olja, PAH), klorirane organske snovi in azbestna vlakna (Uršič in sod., 2000, cit. po Grilc, 2010; Grilc in sod., 2005, cit. po Grilc, 2010; Ribarič-Lasnik in sod., 2009, cit. po Grilc, 2010). Kratica PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon; policiklični aromatski ogljikovodiki) predstavlja več različnih organskih spojin, na primer: indeno(1,2,3)piren, benzo(k)fluoranten, benzi(ghi)perilen, benzo(a)piren, krizen, benzo(a)antracen, fluoranten, fenantren, antracen, naftalen (United States ..., 2008). Prvo preliminarno študijo stanja na širšem območju stare Cinkarne je leta 2000 izdelal Uršič s sodelavci ZZV Celje (Uršič in sod., 2002, cit. po Grilc, 2010). Odvzeli so tri naključne vzorce tal s površine in jih analizirali na poglavitne pričakovane kovine, fluoride in PAH-e. Rezultati raziskave so pokazali da so, težke kovine kot so na primer cink, svinec in kadmij presegale mejne vrednosti za inertne odpadke za faktorje med 4-450 (Grilc, 2010). Zemljišče stare Cinkarne Celje je trenutno eno najbolj onesnaženih zemljišč v Sloveniji (Grilc, 2010).

Uršič in sod. (2000, cit. po Grilc, 2010), Grilc in sod. (2005, cit. po Grilc, 2010), Ribarič-Lasnik in sod. (2009, cit. po Grilc, 2010) so ugotovili, da vsebnost v zemljini na območju stare Cinkarne tudi do 100-krat presega kritične emisijske vrednosti. Onesnaženost matične zemljine na tem območju je dokazana do 10 m globine. Na globini nekaj metrov se pojavlja talna voda, ki je močno onesnažena z mineralnimi olji in kloriranimi ogljikovodiki (Grilc, 2010). Vsebnost cinka, svinca in kadmija v zemljini tu praviloma presega kritične emisijske mejne vrednosti, za katere kmetijska in javna raba nista dovoljeni (Lobnik in sod., 1989, cit po Grilc, 2010). Vpliv stare Cinkarne na atmosfero je bil do sedaj majhen zaradi pretežne pokritosti zemljišča z gradbenimi odpadki. Močno je onesnaženo tudi sedanje urbano zemljišče v neposredni okolici stare Cinkarne (Gaberje, Zavodnja in Bukovžlak). Ta del je onesnažen s plini aerosoli, sajami, prahom in raztrosa trdnih odpadkov (Grilc, 2010). Sama mestna občina Celje je že veliko vložila v različne analize z namenom, da ugotovi dejansko onesnaženost Celjske kotline. Za degradirano območje stare Cinkarne je pripravljen prostorski dokument, ki vključuje sanacijo tega območja in je že v fazi sprejemanja (Kramer, 2010). Sanacija območja stare Cinkarne je tehnično in ekonomsko izvedljiva. To zemljišče ima tudi negativno ekonomsko vrednost (Leštan, 2010). Dolgotrajno, raznovrstno in zelo škodljivo onesnaževanje je povzročilo zmanjšanje pestrosti rastlinskih vrst in slabe življenjske razmere za prebivalstvo.

2.3.1 Kadmij

Kadmij rastlinam in človeku ni potreben element. V naravi se pojavlja v zelo majhnih koncentracijah, vsebnost v neonesnaženih tleh je običajno v območju od 0,1 do 0,3 mg/kg (Adriano, 2001). V kisljih tleh so koncentracije prostega, rastlinam dostopnega kadmija, večje kot v apnenčastih, bazičnih zemljah (Lobnik in sod., 2010). Povečane vsebnosti kadmija so bile največkrat ugotovljene v korenovkah (korenje, pesa) in užitnih zelenih delih rastlin (endivija, špinača). Kadmij se je pokazal v večjih količinah tudi pri poljščinah, v zrnju pšenice (Lobnik in sod., 2010). Rezultati meritev vsebnosti kadmija v vrtninah na območju Mestne občine Celje iz leta 2003 potrjujejo, da se največ kadmija akumulira v korenih in listih, najmanj pa v plodovih vrtnin (Zupan in sod., 2010). V vzorcih z vrtov z zelo onesnaženimi tlemi in kritično onesnaženimi tlemi so zabeležili prekoračene mejne vrednosti kadmija v listih endivije in radiča. Zabeležili so tudi vsebnost kadmija nad dovoljeno mejo v korenih peteršilja in korenja, v kategoriji 'pogojno' onesnaženih tal. Pogostnost prekoračitve in s tem tudi večja povečana vsebnost kadmija v korenih narašča z onesnaženostjo tal (Zupan in sod., 2010).

2.3.2 Cink

Cink je esencialen – rastlinam, živalim in človeku nujno potreben mikroelement. Koncentracije cinka v naravnih tleh se gibljejo med 10 in 300 mg/kg (Adriano, 2001).

Adsorpcijsko vezan cink je dostopen tudi rastlinam. Vsebnost dostopnega Zn je odvisna od matične podlage, organske snovi, glinenih mineralov in zastopanosti nekaterih ionov, predvsem kalcija in fosforja. Če je koncentracija teh dveh elementov v raztopini majhna, se sprejem cinka zmanjša, kar lahko povzroči pomanjkanje cinka pri rastlinah. Njegovo dostopnost zavirajo tudi baker, železo, mangan in dušik. Tako je lahko v tleh, ki imajo majhno koncentracijo celokupnega cinka, koncentracija rastlinam dostopnega cinka mejna.

Na splošno velja, da je v primerjavi z drugimi težkimi kovinami, cink rastlinam dokaj dostopen element (Adriano, 2001).

Cink najdemo v vseh vrstah rastlin in je do določene mere esencialen za rast rastlin. V kontaminiranih tleh pa naj bi cink prvotno deloval fitopatološko na rast rastlin in povzročal rastlinske bolezni. V redukcijskih razmerah se tvori netopen cink, ki še bolj omeji rast rastlin (Bohinc, 2006).

2.3.3 Svinec

Svinec je toksična kovina, ki se v naravnih tleh pojavlja v koncentraciji do 30 mg/kg. V preteklosti je bil splošni in pogosti vir emisij svincev v okolje promet, saj se je uporabljal osvinčen bencin. Zato so vsebnosti svincev v urbanih tleh v povprečju precej večje (90 mg/kg) (Adriano, 2001).

Svinec je v tleh slabo mobilni, saj je topnost Pb približno 100-krat manjša kot topnost Cd pri pH 5–9. Večina svincev v tleh je zaradi dobre vezave na organsko snov v zgornjih plasteh tal, koncentracija z globino pada (Adriano, 2001). Dostopnost Pb je odvisna od pH tal, organske snovi in deleža glinenih delcev v tleh (Kabata Pendias in Pendias, 1984, cit. po Lobnik in sod., 2010).

Tudi za rastline je svinec veliko bolj škodljiv, saj se nalaga na zunanji površini listov rastlin in s tem povzroča težave pri procesu dihanja in fotosinteze. Delovanje svincev je v rastlinah počasno. Zadrži se v koreninah (Bohinc, 2006).

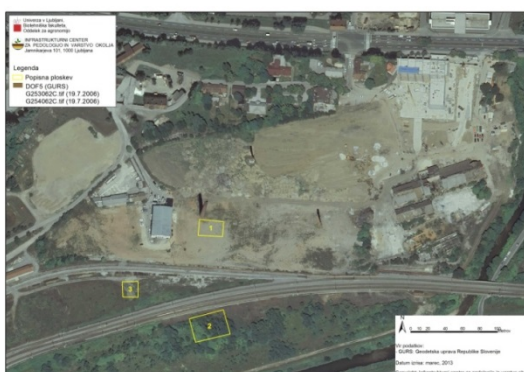
3 MATERIAL IN METODE

3.1 KARAKTERIZACIJA PLOSKEV

3.1.1 Floristične analize

Na degradiranem območju stare Cinkarne v Celju, smo 9. junija 2009 opravili popisovanje vegetacije. Po ogledu terena smo izbrali tri vzorčne ploskve, katerim smo določili nadmorsko višino in GPS koordinate (Slika 1). Izbor ploskev je temeljil na podlagi različnega antropogenega vpliva v smislu onesnaževanja in gradbenih del ter različnih sukcesijskih faz vegetacije na njih. Po izboru popisnih ploskev smo na njih naredili popise flore in vegetacije. V skladu z Braun-Blanquetovo metodo vegetacijskega popisovanja smo zabeležili pokrovnost in sociabilnost posameznih rastlinskih vrst. Rastlinske vrste na posameznih ploskvah smo razvrstili po pripadnosti posameznim Raunkierjevimi življenjskim oblikam ter po pripadnosti življenjskemu tipu glede na CSR strategijo. Ugotavljali smo frekvence posameznih tipov rastlin na popisnih ploskvah. Na fakulteti smo izdelali herbarijsko zbirko nekaterih rastlinskih vrst s posameznih popisnih ploskev. Rastlinske vrste smo določali z Malo floro Slovenije (Martinčič in sod., 2007).

Prva popisna ploskev je **ruderalno rastišče ob dimniku 2** z nasutimi gradbenimi odpadki (beton, opeka, železo, žlindra). To je rastišče, na katerega ima velik vpliv človek, ki nenehno posega vanj z navozom zemlje ali kakršnih koli odpadkov. Na tem rastišču uspevajo predvsem rastline iz družin Asteraceae (nebinovke), Betulaceae (brezovke), Cichoriaceae (radičevke) in Apiaceae (kobulnice). Druga popisna ploskev je **ob železnici**, kjer je nasipališče tehnoloških ostankov. Tukaj se po večini nahajajo drevesne vrste in nekatere vrste enoletnih in dvoletnih rastlin. Tretja popisna ploskev je **nasutje med progama** in je pretežno ruderalno rastišče z 90 % poraslostjo. Tu rastejo rastline iz družin Caryophyllaceae (klinčnice), Rubiaceae (broščevke), Asteraceae (nebinovke), Salicaceae (vrbovke), Fabaceae (metuljnice) in druge.



Slika 2: Lokacije popisnih ploskev (Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti).

Iz treh popisnih ploskev označenih z rumeno smo na degradiranem območju stare Cinkarne Celje odvzeli reprezentativne vzorce tal. Ko smo popisali vse rastline, smo za vsako rastlinsko vrsto posebej določili življenjsko obliko, CSR strategijo in razmere, v katerih uspevajo (temperatura, vlaga, količina svetlobe, podnebje, pH tal in količina dušika). Te karakteristike so razčlenjene po številkah od ena do devet. Pri vlažnosti od ena do dvanajst.

Preglednica 1: Stopnje parametrov za določanje svetloljubnosti rastlin.

Indeks	parametri za določanje svetloljubnosti rastlin
1	rastlina globoke sence
2	med stopnjama 1 in 3
3	rastlina sence
4	med stopnjama 3 in 5
5	rastlina polsence
6	med stopnjama 5 in 7
7	polsvetloljubna rastlina
8	svetloljubna rastlina
9	sonceljubna rastlina
x	rastlina ni pokazatelj svetlobnih razmer

Preglednica 2: Stopnje parametrov za določanje toploljubnosti rastlin.

Index	parametri za določanje toploljubnosti rastlin
1	pokazatelj mraza, samo v visokogorskih legah
2	med stopnjama 1 in 3
3	pokazatelj hladu, predvsem subalpske lege
4	med stopnjama 3 in 4 (montanske lege)
5	pokazatelj zmerno toplih leg (nižinske do montanske lege)
6	med stopnjama 5 in 7
7	pokazatelj toplih leg
8	med stopnjama 7 in 9
9	pokazatelj ekstremno toplih leg
x	rastlina ni pokazatelj toplotnih razmer

Preglednica 3: Stopnje parametrov za določanje podnebnih razmer.

Index	parametri za določanje podnebnih razmer
1	evoceansko
2	oceansko
3	med stopnjama 2 in 4
4	suboceansko
5	vmesno
6	subkontinentalno
7	med stopnjama 6 in 8
8	kontinentalno
9	evkontinentalno
x	rastlina ni pokazatelj podnebnih razmer

Preglednica 4: Stopnje parametrov za določanje potreb po vlagi pri rastlinah.

Index	parametri za določanje potreb po vlagi pri rastlinah
1	pokazatelj močno suhih rastišč
2	med stopnjama 1 in 3
3	pokazatelj suhih rastišč
4	med stopnjama 3 in 4
5	pokazatelj svežih rastišč na srednje vlažnih tleh
6	med stopnjama 5 in 7
7	pokazatelj vlažnih rastišč na močno vlažnih, vendar ne mokrih tleh
10	pokazatelj spremenljivega vodnega režima, vodne rastline, ki dlje časa zdržijo brez stoječe vode

se nadaljuje

nadaljevanje

Index	parametri za določanje potreb po vlagi pri rastlinah
11	vodne rastline, ki vsaj občasno zrastejo nad vodno gladino, ali plavajoče rastline
12	podvodne rastline, pokazatelj poplav
x	rastlina ni pokazatelj vodnega režima

Preglednica 5: Stopnje za določanje parametrov reakcijske vrednosti (reakcijske vrednosti niso isto kot pH vrednosti, so le devetstopenjska lestvica od kislih (1) do bazičnih (9) tal!).

Index	parametri reakcijskih vrednosti
1	pokazatelj močne kislosti
2	med stopnjama 1 in 3
3	pokazatelj kislosti
4	med stopnjama 3 in 5
5	pokazatelj zmerne kislosti, na močno kislih do alkalnih tleh je redka
6	med stopnjama 5 in 7
7	pokazatelj šibke kislosti do šibke bazičnosti, nikoli na močno kislih tleh
8	med stopnjama 7 in 9, večinoma pokazatelj apnenca
9	pokazatelj bazičnosti in apnenca, vedno na karbonatnih tleh
x	rastlina ni pokazatelj reakcijskih vrednosti

Preglednica 6: Stopnje parametrov za določanje nitrofilnosti.

Index	parametri za določanje nitrofilnosti
1	pokazatelj z dušikom revnih rastišč
2	med stopnjama 1 in 3
3	pogostejša na z dušikom revnih rastiščih kot na zmerno bogatih
4	med stopnjama 3 in 5
5	pokazatelj z dušikom zmerno bogatih rastišč
6	med stopnjama 5 in 7
7	pokazatelj z dušikom bogatih rastišč
8	izrazit pokazatelj dušika
9	predvsem na rastiščih z zelo veliko vsebnostjo dušika
x	rastlina ni pokazatelj dušika v tleh

3.2 PEDOLOŠKE ANALIZE

Na zemljišču stare Cinkarne Celje smo na vsaki od treh vzorčnih ploskev vzeli tri povprečne vzorce tal na globini 0–20 cm. Reprezentativne vzorce smo vzeli z žlebasto sondo premera 25 mm. Ker mora biti vzorec reprezentativen, smo večkrat sondirali na različnih mestih posamezne ploskve; enote vzorca (inkremente) smo združili v povprečni združen vzorec. Tri ustrezno označene združene vzorce smo dostavili v laboratorij Katedre za pedologijo in varstvo okolja, kjer smo določili osnovne pedološke parametre (pH, delež organske snovi, teksturo, rastlinam dostopna kalij in fosfor).

3.2.1 Priprava vzorcev

V laboratoriju smo vsak vzorec premešali (homogenizirali) in razdrobili večje grude (Sliki 3 in 4). Vzorce smo ustrezno označili z laboratorijsko številko in posušili pri temperaturi 40 °C. Zračno suhe vzorce smo dodatno zdrobili in presejali skozi sito z odprtini 2 mm. Nato smo jih ročno zmleli v terilnici in jih presejali skozi 2 mm sito; za določitev vsebnosti kovin pa smo jih dodatno zmleli do velikosti 150 µm.



Slika 3: Priprava talnih vzorcev.



Slika 4: Priprava talnih vzorcev.

Združeni vzorec premešamo, odstranimo korenine in večje skeletne delce (homogenizacija). Homogenizirani vzorec damo v papirnato vrečko in posušimo v sušilniku na 40 °C.

3.2.2 Meritve pH tal

Vrednosti pH smo določili elektrometrično s pH metrom (WTW pH 538), ki ima člen sestavljen iz dveh elektrod: indikatorske, ki je propustna za vodikove ione, in referenčne, ki ima stalni potencial. Naprava meri napetost med elektrodama, ki je odvisna od koncentracije vodikovih ionov v raztopini in jo lahko prikažemo v mV ali pH enotah (Slika 5).

Raztopino tal smo pripravili tako, da smo 7,5 ml zračno suhega talnega vzorca prelili s 37,5 ml 0,1 M CaCl_2 . Z mešanjem smo naredili suspenzijo, ki smo jo pustili preko noči. Naslednji dan smo suspenzijo ponovno dobro premešali in izmerili pH vrednost (SIST ISO 10390, 2005).



Slika 5: Merjenje pH tal v laboratoriju. Izbrane zmlate vzorce smo dobro premešali v raztopini CaCl_2 in izmerili vrednost pH ter zapisali rezultate.

3.2.3 Meritve organske snovi in skupnega dušika

Skupni organski ogljik smo določili z metodo elementne analize na napravi ELEMENTAR CNS (Variomax) s postopkom suhega sežiga (SIST ISO 10694, 1996; SIST ISO 13878, 1999). Pri tej metodi v žarilno posodico zatehtamo 0,3 g homogeniziranega suhega vzorca tal. Posododice vstavimo v napravo. Na napravi za analizo vnesemo potrebne parametre in zaženemo avtomatsko postopek analiziranja. Meritve količine ogljika in dušika v vzorcu potekajo v plinasti fazi, ki nastane ob sežigu vzorca pri 900 °C. Količino obeh elementov podajamo v utežnih %.

3.2.4 C/N razmerje

To je razmerje med organskim ogljikom in skupnim dušikom. Je merilo za ocenjevanje stopnje razgradnje organske snovi v tleh (Suhadolc in sod., 2008). V procesu mineralizacije organske snovi se dušik sprošča v talno raztopino in je v tej obliki dostopen rastlinam. C/N razmerje se zmanjšuje s sproščanjem CO_2 pri razgradnji rastlinskih ostankov (Suhadolc in sod., 2008).

3.2.5 Določanje rastlinam dostopnega fosforja in kalija

Rastlinam dostopni fosfor in kalij smo iz tal ekstrahirali z amon-laktatom (AL metoda). Zatehtali smo 5 g tal in jih prelili s 100 ml AL ratopine ter pustili na stresalniku 2 uri (Egnér in sod., 1960, cit. po Suhadolc in sod., 2008). Bistri del filtrata smo odpipetirali v erlenmajerico ter dodali Mo-reagent in redukcijsko sredstvo ter počakali, da se je razvila

modra barva (Kalra in Maynard, 1991, cit. po Suhadolc in sod., 2008). Vsebnost fosforja smo določili na spektrofotometru Perkin-Elmer LAMBDA 25. V filtratu smo neposredno izmerili vsebnost kalija na atomskem absorpcijskem spektrofotometru VARIAN AA 240FS.

3.2.6 Meritve vsebnosti kovin

Vsebnost kovin kadmija (Cd), svinca (Pb) in cinka (Zn) v talnih vzorcih smo določili po razklopu z zlatotopko (SIST ISO 11466, 1995). Fino zmlete (< 0,150 mm) talne vzorce (3 g) smo navlažili s približno 0.5–1 mL vode in dodali 21 mL HCl in 7 mL HNO₃. Reakcijske posode smo opremili s povratnimi hladilniki in pustili 16 ur pri sobni temperaturi ter nato segrevali 2 uri. Po končanem razklopu smo ekstrakte prefiltrirali in razredčili z deionizirano vodo. V ekstraktih smo izmerili vsebnost kovin Cd, Pb in Zn z metodo atomske absorpcijske spektrometrije (AAS) na instrumentu VARIAN AA 240FS (SIST ISO 11047, 1999).

3.3 PREGLEDNICE POPISOV

Na zemljišču stare Cinkarne Celje smo popisali rastlinske vrste. Fitocenološke popise smo naredili na treh popisnih ploskvah. Tabele fitocenoloških popisov so dodane v Prilogi 1. Za vsako ploskev posebej smo naredili tabelo vrst, v kateri smo vsaki rastlinski vrsti določili življenjsko obliko, CSR strategijo in kazalce posameznih vrednosti (vlaga, temperatura, podnebje, svetloba).

Preglednica 7: Seznam rastlin na prvi ploskvi

Znanstveno ime vrste	Slovensko ime vrste	Pripadnost CSR	Življenjska oblika
<i>Aegopodium podagraria</i>	navadna regačica	-	He
<i>Agropyron repens</i>	plazeča pirnica	-	Ge
<i>Ailanthus altissima</i>	veliki pajesen	-	Fa
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	pelinolistna ambrozija	-	Te
<i>Anthemis cotula</i>	smrdljiva pasja kamilica	R	Te
<i>Arctium lappa</i>	navadni repinec	CR	He
<i>Armoracia rusticana</i>	navadni hren	C/CR	Ge
<i>Artemisia vulgaris</i>	navadni pelin	C/CR	He/Ha
<i>Betula pendula</i>	navadna breza	-	Fa
<i>Buddleja davidii</i>	davidova budleja	-	Fa
<i>Calamagrostis epigejos</i>	navadna šašuljica	-	He
<i>Carex hirta</i>	dlakavi šaš	CR/CSR	He
<i>Carex sp.</i>	šaš		Ge/He
<i>Chenopodium album</i>	bela metlika	R/CR	Te
<i>Cichorium intybus</i>	navadni potrošnik	CSR	He
<i>Conyza canadensis</i>	kanadska hudoletnica	R/CR	Te
<i>Daucus carota</i>	navadno korenje	SR/CSR	Te
<i>Equisetum arvense</i>	njivska preslica	CR	Ge
<i>Erigeron annuus</i>	enoletna suholetnica	-	Te
<i>Eupatorium cannabinum</i>	konjska griva	C/CSR	He
<i>Fallopia japonica</i>	japonski dresnik	C	Ge
<i>Galium mollugo</i>	navadna lakota	C/CSR	He
<i>Geranium robertianum</i>	smrdljica	R/CSR	Te
<i>Glechoma hederacea</i>	bršljanasta grenkuljica	CSR	He
<i>Helianthus tuberosus</i>	laška repa, topinambur	-	Ge
<i>Helianthus tuberosus</i>	laška repa, topinambur	-	Ge
<i>Lactuca serriola</i>	pripotna ločika	-	Te/He
<i>Lactuca serriola</i>	pripotna ločika	-	Te/He
<i>Leontodon hispidus</i>	navadni otavčič	S/CSR	He
<i>Linaria vulgaris</i>	navadna mandronščica	CR	He/Ge
<i>Medicago lupulina</i>	hmeljna meteljka	R/SR	Te/He
<i>Medicago sp.</i>	meteljka	-	-
<i>Melilotus alba</i>	bela medena detelja	-	He
<i>Oxalis fontana</i>	toga zajčja deteljica	-	Te/He
<i>Picris hieracioides</i>	navadna skrka	R/CSR	He
<i>Plantago lanceolata</i>	ozkolistni trpotec	CSR	He
<i>Ranunculus repens</i>	ripeča zlatica	CR	He
<i>Reseda lutea</i>	rumeni katanec	SR/CSR	He
<i>Robinia pseudacacia</i>	navadna robinija	-	Fa
<i>Rubus caesius</i>	sinje zelena robida	SC	Ha
<i>Salix caprea</i>	iva	-	Fa
<i>Sambucus nigra</i>	črni bezeg	C	Fa
<i>Silene vulgaris</i>	navadna pokalica	CSR	Ha
<i>Solidago canadensis</i>	kanadska zlata rozga	C	He
<i>Trifolium pratense</i>	črna detelja	CSR	He
<i>Trifolium repens</i>	plazeča detelja	CR/CSR	He
<i>Tussilago farfara</i>	navadni lapuh	CR	Ge
<i>Verbascum densiflorum</i>	navadni lučnik	-	He
<i>Verbena officinalis</i>	navadni sporiš	CSR	Te/He
<i>Veronica chamaedrys</i>	vrednikov jetičnik	CSR	He

Preglednica 8: Seznam rastlin na drugi ploskvi

Znanstveno ime	Slovensko ime	Pripadnost CSR	Življenska oblika
<i>Acer negundo</i>	amerikanski javor	-	Fa
<i>Acer platanoides</i>	ostrolistni javor	SC	Fa
<i>Ailanthus altissima</i>	veliki pajesen	-	Fa
<i>Alnus glutinosa</i>	črna jelša	SC	Fa
<i>Artemisia vulgaris</i>	navadni pelin	C/CR	He/Ha
<i>Betula pendula</i>	navadna breza	-	Fa
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	gozdna glota	S/SC	He
<i>Calamagrostis epigejos</i>	navadna šašuljica	C/SC	He
<i>Carex acuta</i>	ostrni šaš	C/SC	He
<i>Carex hirta</i>	dlakavi šaš	C/CSC	He
<i>Carex sp.</i>	šaš	-	Ge/He
<i>Carpinus betulus</i>	navadni beli gaber	SC	Fa
<i>Clematis vitalba</i>	navadni srobot	SC	Fa
<i>Cornus sanguinea</i>	rdeči dren	SC	Fa
<i>Crepis biennis</i>	dvoletni dimek	R/CSR	He
<i>Dryopteris filix-mas</i>	navadna glistovnica	SC/CSR	He
<i>Epipactis helleborine</i>	širokolistna močvirnica	S	Ge
<i>Equisetum palustre</i>	močvirska preslica	CR/CSR	Ge
<i>Fallopia japonica</i>	japonski dresnik	C	Ge
<i>Humulus lupulus</i>	navadni hmelj	C	He
<i>Knautia drymeia</i>	ogrsko grabljišče	-	He
<i>Phragmites australis</i>	navadni trst	C	Ge/Hi
<i>Picea abies</i>	navadna smreka	-	Fa
<i>Pinus sylvestris</i>	rdeči bor	-	Fa
<i>Poa trivialis</i>	navadna latovka	CR/CSR	He
<i>Populus nigra</i>	črni topol	-	Fa
<i>Populus tremula</i>	trepetlika	SC	Fa
<i>Robinia pseudacacia</i>	navadna robinija	-	Fa
<i>Rubus caesius</i>	sinje zelena robida	SC	Ha
<i>Rubus fruticosus</i>	prava robida	SC	Ha
<i>Salix caprea</i>	iva	-	Fa
<i>Solidago canadensis</i>	kanadska zlata rozga	C	He
<i>Solidago gigantea</i>	orjaška zlata rozga	C	He
<i>Tilia cordata</i>	lipovec	-	Fa
<i>Valeriana officinalis</i>	zdravilna špajka	CSR	He
<i>Vicia sp.</i>	grašica	-	Te/He
<i>Vitis sp.</i>	trta	-	Fa

Preglednica 9: Seznam rastlin na tretji ploskvi

Znanstveno ime	Slovensko ime	Pripadnost CSR	Življenska oblika
<i>Acer negundo</i>	amerikanski javor	-	Fa
<i>Achillea collina</i>	hribski rman	-	He
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	pelinolistna ambrozija	-	Te
<i>Anthemis cotula</i>	smrdljiva pasja kamilica	R	Te
<i>Artemisia vulgaris</i>	navadni pelin	C/CR	He/Ha
<i>Betula pendula</i>	navadna breza	-	Fa
<i>Calamagrostis epigejos</i>	navadna šašuljica	C/SC	He
<i>Calystegia sepium</i>	navadni plotni slak	C/CR	Ge
<i>Carex hirta</i>	srhkodlakavi šaš	C/CSR	He
<i>Carex sp.</i>	šaš	-	Ge/He
<i>Centaurea jacea</i>	navadni glavinec	-	He
<i>Chenopodium rubrum</i>	rdeča metlika	R/CR	Te

se nadaljuje

nadaljevanje

Znanstveno ime	Slovensko ime	Pripadnost CSR	Življenska oblika
<i>Cichorium intybus</i>	potrošnik	CSR	He
<i>Cirsium arvense</i>	njivski osat	C	He
<i>Clematis vitalba</i>	navadni srobot	SC	Fa
<i>Convolvulus arvensis</i>	njivski slak	CR	Ge
<i>Echinochloa crus-galli</i>	navadna kostreba	-	Te
<i>Echium vulgare</i>	gadovec	R/CSR	Te/He
<i>Equisetum arvense</i>	njivska preslica	CR	Ge
<i>Erigeron annuus</i>	enoletna suholetnica	-	Te
<i>Eupatorium cannabinum</i>	konjska griva	C/CSR	He
<i>Euphorbia sp.</i>	mleček	-	Te/He
<i>Euphorbia sp.</i>	mleček	-	Te/He
<i>Galium mollugo</i>	navadna lakota	C/CSR	He
<i>Humulus lupulus</i>	navadni hmelj	C	He
<i>Hypericum perforatum</i>	šentjanževka	CR/CSR	He
<i>Impatiens parviflora</i>	drobnocvetna nedotika	CR	Te
<i>Lactuca serriola</i>	pripotna ločika	-	Te/He
<i>Leontodon hispidus</i>	navadni jajčar	S/CSR	He
<i>Lepidium virginicum</i>	virginijska draguša	-	Te
<i>Linaria vulgaris</i>	navadna madronščica	CR	He/Ge
<i>Lotus corniculatus</i>	navadna nakota	S/CSR	He
<i>Lythrum salicaria</i>	navadna krvenka	C/CSR	He
<i>Medicago lupulina</i>	hmeljna meteljka	R/SR	Te/He
<i>Melilotus albus</i>	bela medena detelja	CR	He
<i>Melilotus officinalis</i>	navadna medena detelja	CR	Te/He
<i>Mentha longifolia</i>	dolgolistna meta	-	He
<i>Panicum capillare</i>	lasasto proso	-	Te
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	navadna vinika	C/SC	Fa
<i>Pastinaca sativa</i>	navadni rebrinec	CR	He
<i>Picea abies</i>	navadna smreka	-	Fa
<i>Picris hieracioides</i>	navadna skrka	R/CSR	He
<i>Plantago lanceolata</i>	ozkolistni trpotec	CSR	He
<i>Poa trivialis</i>	navadna latovka	CR/CSR	He
<i>Polygonum persicaria</i>	breskova dresen	-	Te
<i>Populus tremula</i>	trepetlika	SC	Fa
<i>Potentilla reptans</i>	plazeči petoprstnik	CR/CSR	He
<i>Salix caprea</i>	iva	-	Fa
<i>Saponaria officinali</i>	navadna milnica	CR	He
<i>Setaria pumila</i>	sivozeleni muhvič	-	Te
<i>Silene latifolia</i>	beli slizek	-	Te/He
<i>Solidago canadensis</i>	kanadska zlata rozga	C	He
<i>Tanacetum vulgare</i>	navadni vratič	C/CR	He
<i>Trifolium pratense</i>	travniška detelja	CSR	Te/He
<i>Trifolium repens</i>	plazeča detelja	CR/CSR	He
<i>Verbascum blattaria</i>	grozdasti lučnik	-	He
<i>Verbena officinalis</i>	navadni sporiš	CSR	Te/He
<i>Vicia sepium</i>	grašica	C/CSR	He
<i>Viola arvensis</i>	njivska vijolica	R	Te

4 REZULTATI

4.1 REZULTATI KEMIJSKIH ANALIZ TALNIH VZORCEV

V preglednici 13 prikazujemo rezultate, ki smo jih dobili pri analizah povprečnih vzorcev odvzetih do globine 20 cm tal iz popisnih ploskev 1, 2 in 3 (Slika 1), meritev je bila opravljena po razklopu zemljine z zlatotopko.

Na popisni ploskvi smo izmerili majhne vsebnosti vseh treh kovin, ki presegajo kritične (največje) imisijske mejne vrednosti (Uredba ..., 1996). Kljub večkratnemu preseganju kritične imisijske vrednosti kovin (koncentracija Zn je 26-krat večja; Pb 15-krat večja in Cd 5-krat večja), toksičnih učinkov na vegetaciji nismo opazili.

Preglednica 10: Analiza vzorcev odvzetih na globini 0–20 cm

	pH (CaCl ₂)	P ₂ O ₅	K ₂ O	org. snov	C	C/N	N	Zn	Pb	Cd
Popisne ploskve		mg/100g	mg/100g	%	%		%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Ploskev 1	7,1	15,0	20,7	3,1	1,8	18,0	0,10	19022	7800	58,0
Ploskev 2	7,1	17,9	26,4	4,7	2,7	14,2	0,19	26800	2400	15,8
Ploskev 3	7,1	29,1	40,8	11,7	6,8	25,2	0,27	9600	2033	19,9

Pri analizah smo ugotovili, da je vrednost pH pri vseh treh popisnih ploskvah enaka (7,1). Tla oziroma rastišče s takšno pH vrednostjo uvrščamo v nevtralna.

Rastišča se razlikujejo v ostalih merjenih parametrih. Delež organske snovi je izrazito večji na tretji popisni ploskvi, kjer je tudi največje C/N razmerje in največja vsebnost rastlinam dostopnih hranil fosforja in kalija. To je nasutje med progama, odlagališče katrana in ruderalno rastišče.

Preglednica 11: Faktorji akumulacije za Zn, Pb in Cd v tleh (0–20 cm) popisnih ploskev glede na mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti (Uredba ..., 1996)

	cink (Zn)			svinec (Pb)			kadmij (Cd)		
	mejna	opozorilna	kritična	mejna	opozorilna	kritična	mejna	opozorilna	kritična
mejna, opozorilna, kritična vrednost (mg/kg)	200	300	720	85	100	530	1	2	12
Ploskev 1	95	63	26	92	78	15	58	29	5
Ploskev 2	134	89	37	28	24	5	16	8	1
Ploskev 3	72	32	13	24	20	4	20	10	2

Na vseh treh popisnih ploskvah je majhna vsebnost merjenih kovin cinka, svineca in kadmija. Največja vsebnost svineca in kadmija je na prvi popisni ploskvi, cinka pa na drugi popisni ploskvi (Preglednica 14).

Največjo vsebnost cinka, 26.800 mg/kg, smo izmerili v vzorcu zemljine druge popisne ploskve. Najmanj cinka pa vsebuje vzorec zemljine tretje popisne ploskve (9600 mg/kg).

Največ kadmija, 58 mg/kg, smo izmerili na prvi popisni ploskvi, najmanj, 19 mg/kg, pa na drugi popisni ploskvi.

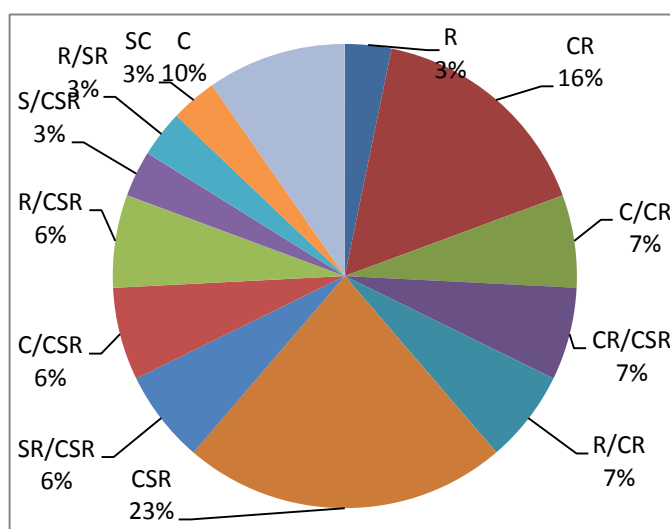
Največ svineca, 7800 mg/kg, smo izmerili na prvi popisni ploskvi, najmanj pa na tretji popisni ploskvi (2033 mg/kg).

Koncentracije vseh treh izmerjenih kovin močno presegajo tako naravno ozadje kot vse tri zakonodajne vrednosti predpisane v Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uredba ..., 1996). Akumulacijski faktorji na popisnih ploskvah 1, 2 in 3 glede na mejno vrednost, ki je zgornja meja naravnega ozadja, znašajo za cink od 72 do 134, za svinec od 24 do 92 in za kadmij od 16 do 58 (Preglednica 14). Povečanje koncentracije glede na kritično imisijsko vrednost, ki predstavlja takšno vrednost kovin v tleh, da kmetijska pridelava ni priporočljiva (Uredba ..., 1996), znašajo za cink od 13 do 26, za svinec od 4 do 15 in za kadmij od 1 do 5.

4.2 REZULTATI FLORISTIČNE ANALIZE IN VEGETACIJSKIH POPISOV

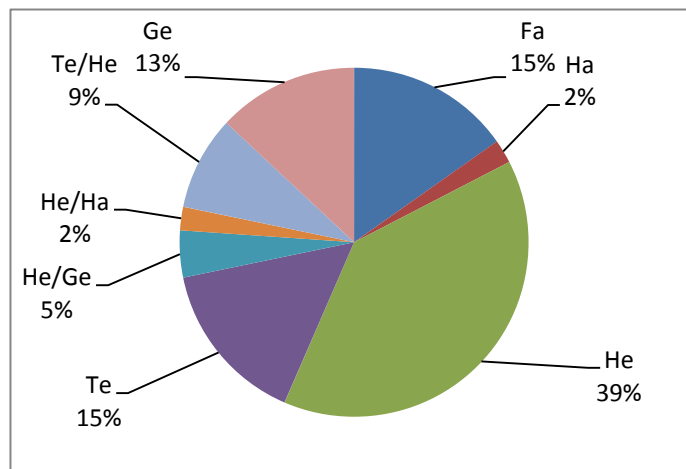
Sledijo preglednice vrst po CSR pripadnosti po posameznih ploskvah z grafi deležev posameznega tipa in primerjava med ploskvami:

4.2.1 Rezultati pripadnosti CSR strategiji in deležem življenjskih oblik na prvi popisni ploskvi



Slika 6: Deleži CSR na prvi popisni ploskvi

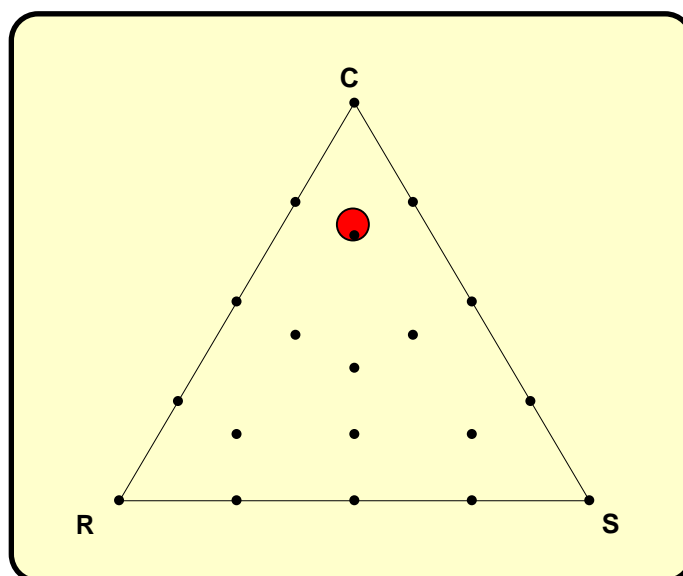
Iz grafa CSR strategije prve popisne ploskve, na kateri je ruderalno rastišče z nasutimi gradbenimi odpadki, je razvidno, da tukaj prevladuje vrste, ki jih uvrščamo v CSR strategijo (Slika 6).



Slika 7: Deleži življenjskih oblik na prvi popisni ploskvi

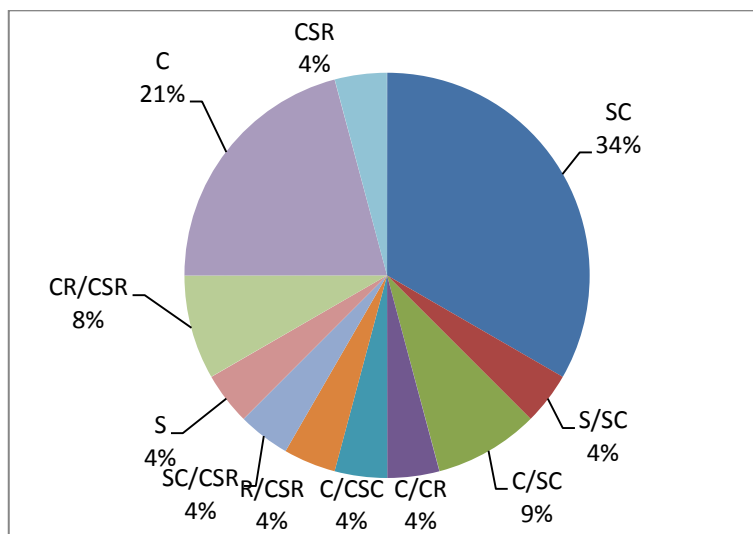
Iz grafa deležev življenjskih oblik na prvi popisni ploskvi je razvidno, da na njej prevladujejo hemikriptofiti. Najmanj je hamefitov.

4.2.2 Rezultati pripadnosti vegetacije rastlinski združbi na prvi popisni ploskvi



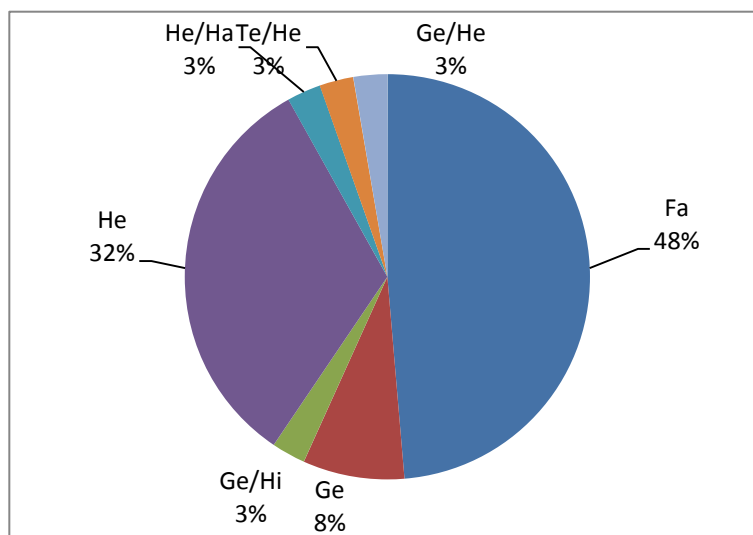
Slika 8: Položaj združbe rastlin s prve popisne ploskve na CSR trikotniku, izračunan iz položaja posameznih vrst in njihovega deleža na ploskvi. Skupna strategija združbe je najbližja strategiji C/CSR.

4.2.3 Rezultati pripadnosti CSR strategiji in deležem življenjskih oblik na drugi popisni ploskvi



Slika 9: Deleži CSR na drugi popisni ploskvi

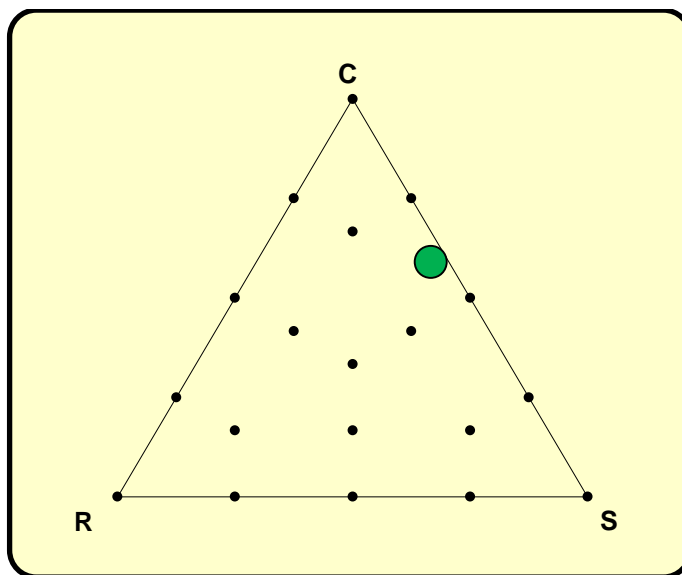
Iz grafa CSR strategije druge popisne ploskve, na kateri je nasipališče starih tehnoloških ostankov in se nahaja ob železnici, je razvidno, da tu prevladuje vrste prilagojene na stres in kompeticijo.



Slika 10: Deleži življenjskih oblik na drugi popisni ploskvi

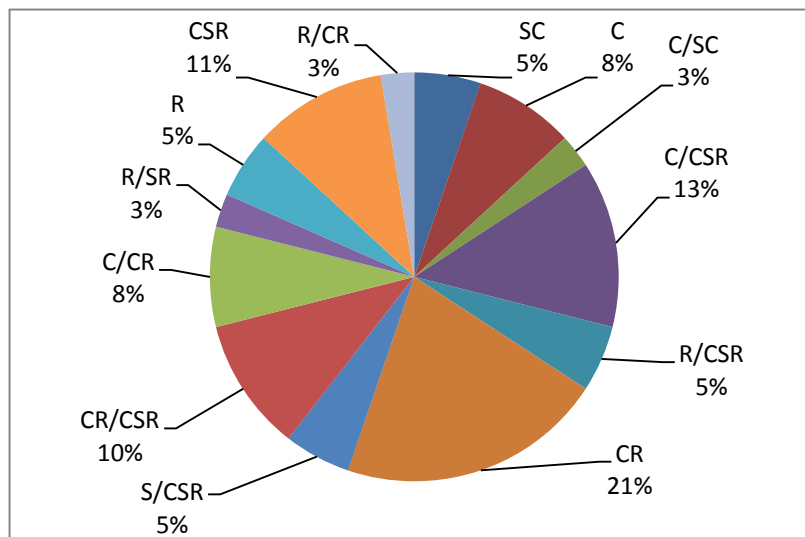
Iz grafa deležev življenjskih oblik druge popisne ploskve je razvidno, da tukaj prevladujejo fanerofiti.

4.2.4 Rezultati pripadnosti vegetacije rastlinski združbi na drugi popisni ploskvi



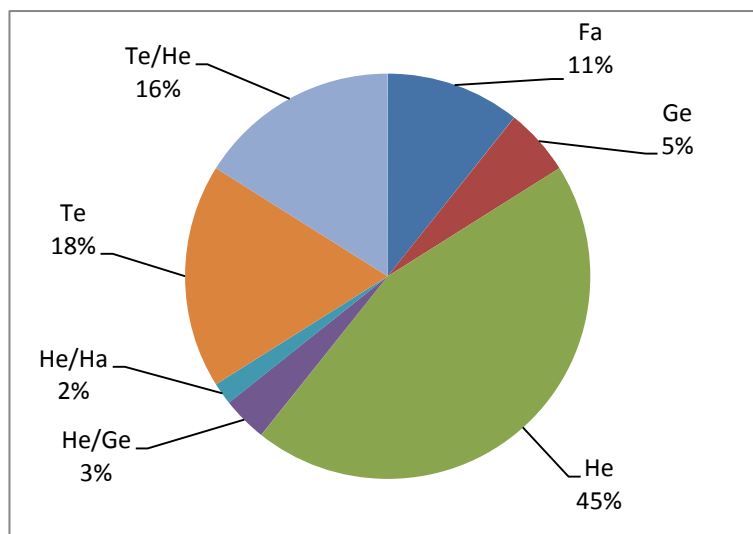
Slika 11: Položaj združbe rastlin z druge popisne ploskve na CSR trikotniku, izračunan iz položaja posameznih vrst in njihovega deleža na ploskvi. Skupna strategija združbe je najbližja strategiji SC.

4.2.5 Rezultati pripadnosti CSR strategiji in deležem življenjskih oblik na tretji popisni ploskvi



Slika 12: Deleži CSR na tretji popisni ploskvi

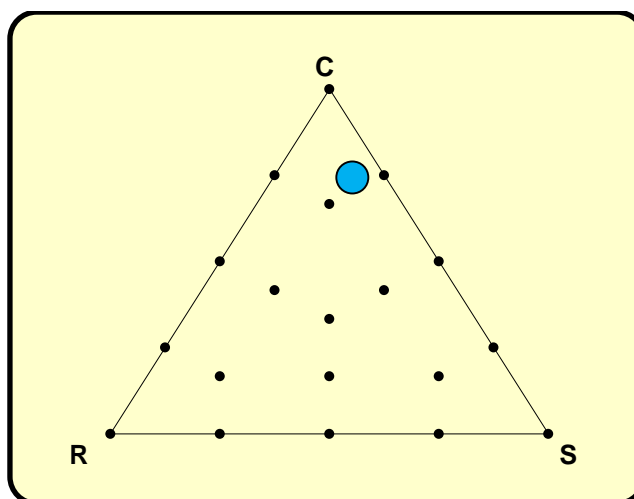
Iz grafa CSR strategije tretje popisne ploskve je razvidno, da tukaj prevladuje rastlinstvo, ki pripada CR strategiji. Te rastline so prilagojene kompeticiji in distrubanci. Ta ploskev je nasutje med progama, kjer je odlagališče katrana in ruderalno rastišče.



Slika 13: Deleži življenjskih oblik na tretji popisni ploskvi

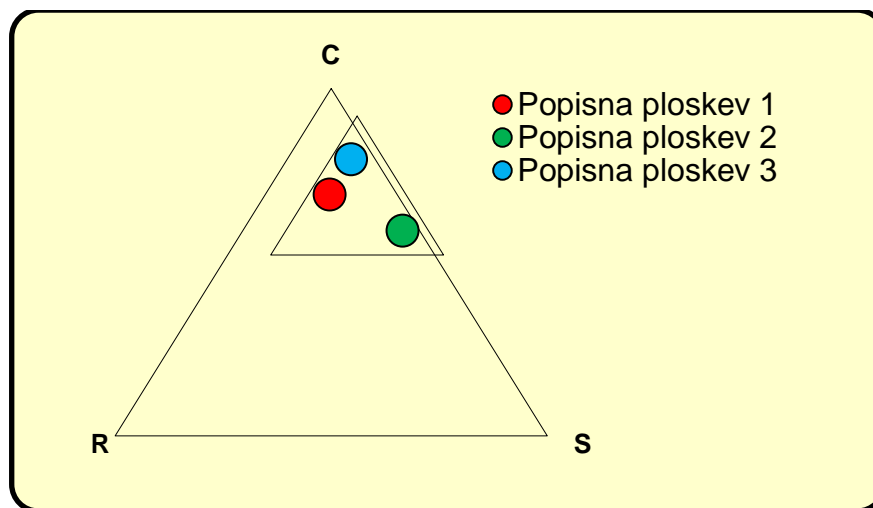
Iz grafa deležev življenjskih oblik tretje popisne ploskve je razvidno, da tukaj prevladujejo hemikriptofiti. Primerjava deležev življenjskih strategij po popisnih ploskvah pokaže, da je na drugi ploskvi večji delež kompetitorjev. Na prvi in tretji popisni ploskvi prevladujejo hemikriptofiti, najmanj pa je hamefitov. Na drugi popisni ploskvi prevladujejo fanerofiti.

4.2.6 Rezultati pripadnosti vegetacije rastlinski združbi na tretji popisni ploskvi



Slika 14: Položaj združbe rastlin s tretje popisne ploskve na CSR trikotniku, izračunan iz položaja posameznih vrst in njihovega deleža na ploskvi. Skupna strategija združbe je najbližja strategiji C/SC.

4.2.7 Rezultati pripadnosti CSR strategiji rastlin za vse tri ploskve skupaj

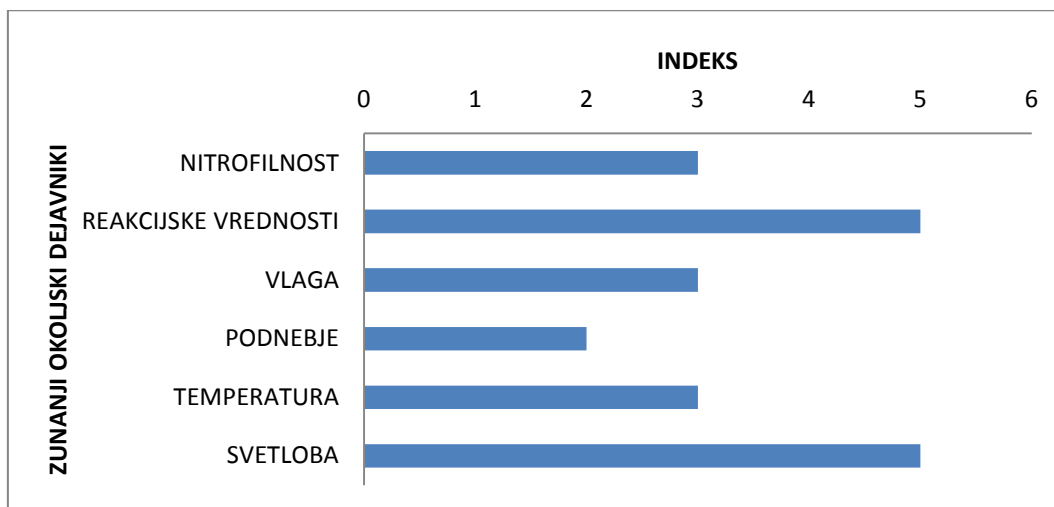


Slika 15: Položaj vseh treh združb s treh popisnih ploskev na CSR trikotniku

4.3 REZULTATI ZUNANJIH OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA POSAMEZNI POPISNI PLOSKVI V PREGLEDNICAH IN SLIKI

Preglednica 12: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin s prve popisne ploskve
(S – svetloba, T – temperatura, P – podnebje, V – vlaga, RV - reakcijske vrednosti, N – nitrofilnost)

Znanstveno ime	Slovensko ime	S	T	P	V	RV	N
<i>Aegopodium podagraria</i>	navadna regačica	5	5	3	6	7	8
<i>Agropyron repens</i>	plazeča pirnica	7	6	7	-	-	7
<i>Ailanthus altissima</i>	veliki pajesen	8	8	2	5	7	8
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	pelinolistna ambrozija	9	7	-	4	8	6
<i>Anthemis cotula</i>	smrdljiva pasja kamilica	7	6	3	4	-	5
<i>Arctium lappa</i>	navadni repinec	9	6	4	5	7	9
<i>Armoracia rusticana</i>	navadni hren	8	6	3	5	-	9
<i>Artemisia vulgaris</i>	navadni pelin	7	6	-	6	-	8
<i>Betula pendula</i>	navadna breza	7	-	-	-	-	-
<i>Buddleja davidii</i>	davidova budleja	8	7	4	4	7	4
<i>Calamagrostis varia</i>	pisana šašuljica	7	3	4	5	8	3
<i>Carex hirta</i>	dlakavi šaš	7	6	3	6	-	5
<i>Carex sp.</i>	šaš	-	-	-	-	-	-
<i>Chenopodium album</i>	bela metlika	-	-	-	4	-	7
<i>Cichorium intybus</i>	navadni potrošnik	9	6	5	4	8	5
<i>Conyza canadensis</i>	kanadska hudoletnica	8	6	-	4	-	5
<i>Daucus carota</i>	navadno korenje	8	6	5	4	-	3
<i>Equisetum arvense</i>	njivska preslica	6	-	-	-	-	3
<i>Erigeron annuus</i>	enoletna suholetnica	7	6	-	6	-	8
<i>Eupatorium cannabinum</i>	konjska griva	7	5	3	7	7	8
<i>Fallopia japonica</i>	japonski dresnik	-	-	-	-	-	-
<i>Galium mollugo</i>	navadna lakota	7	6	3	4	7	-
<i>Geranium robertianum</i>	smrdljička	5	-	3	-	-	7
<i>Glechoma hederacea</i>	bršljanasta grenkuljica	6	5	3	6	-	7
<i>Helianthus tuberosus</i>	topinambur	8	7	-	6	7	8
<i>Lactuca serriola</i>	pripotna ločika	9	7	7	4	-	4
<i>Leontodon hispidus</i>	navadni otavčič	8	-	3	5	7	6
<i>Linaria vulgaris</i>	navadna madronščica	8	6	5	4	7	5
<i>Medicago lupulina</i>	hmeljna meteljka	7	5	-	4	8	-
<i>Medicago sp.</i>	meteljka	-	-	-	-	-	-
<i>Melilotus albus</i>	bela medena detelja	9	6	6	3	7	4
<i>Oxalis fontana</i>	toga zajčja deteljica	6	6	-	5	5	7
<i>Picris hieracioides</i>	navadna skrka	7	-	5	4	8	4
<i>Plantago lanceolata</i>	ozkolistni trpotec	6	-	3	-	-	-
<i>Ranunculus repens</i>	plazeča zlatica	6	-	-	7	-	7
<i>Reseda lutea</i>	rumeni katanec	7	6	3	3	8	5
<i>Robinia pseudacacia</i>	navadna robinija	5	6	4	4	-	8
<i>Rubus caesius</i>	sinje zelena robida	6	5	4	-	8	7
<i>Salix caprea</i>	iva	7	-	3	6	7	7
<i>Sambucus nigra</i>	črni bezeg	7	5	3	5	-	9
<i>Silene vulgaris</i>	navadna pokalica	8	-	-	4	7	4
<i>Solidago canadensis</i>	kanadska zlata rozga	8	6	5	-	-	6
<i>Trifolium pratense</i>	črna detelja	7	-	3	5	-	-
<i>Trifolium repens</i>	plazeča detelja	8	-	-	5	6	6
<i>Tussilago farfara</i>	navadni lapuh	8	-	3	6	8	-
<i>Tussilago farfara</i>	navadni lapuh	8	-	3	6	8	-
<i>Verbascum densiflorum</i>	navadni lučnik	8	6	5	4	8	5
<i>Verbena officinalis</i>	navadni sporiš	9	6	3	5	7	7
<i>Veronica chamaedrys</i>	vrednikov jetičnik	6	5	3	5	7	6

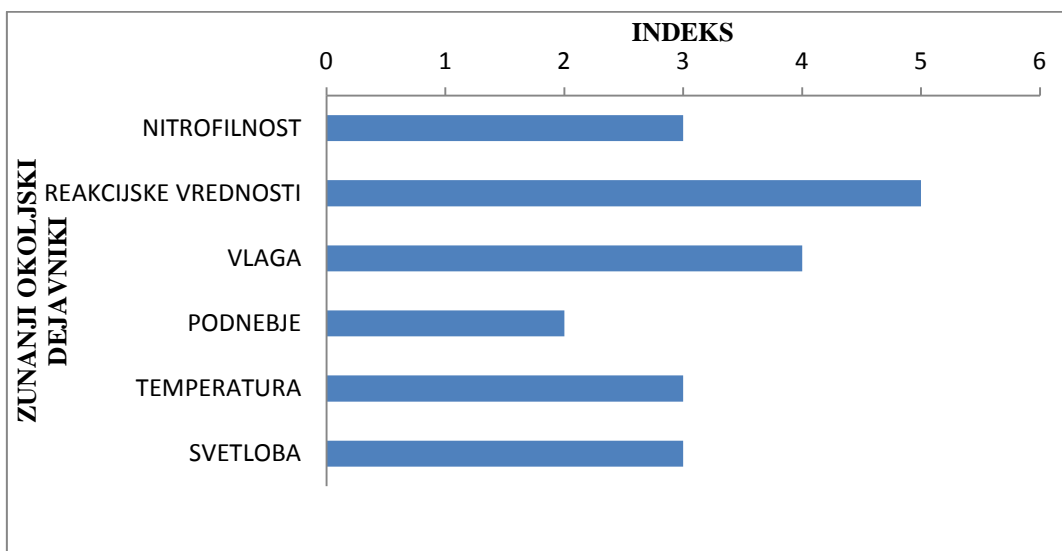


Slika 16: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin prve popisne ploskve. Iz grafa je razvidno, da na tem območju najdemo vrste, ki potrebujejo veliko svetlobe in majhne reakcijske vrednosti.

Preglednica 13: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin druge popisne ploskve

(S – svetloba, T – temperatura, P – podnebje, V – vlaga, RV - reakcijske vrednosti, N – nitrofilnost)

Znanstveno ime	Slovensko ime	S	T	P	V	RV	N
<i>Acer negundo</i>	amerikanski javor	5	6	6	6	7	7
<i>Acer platanoides</i>	ostrolistni javor	4	6	4	-	-	-
<i>Ailanthus altissima</i>	veliki pajesen	8	8	2	5	7	8
<i>Alnus glutinosa</i>	črna jelša	5	5	3	9	6	-
<i>Artemisia vulgaris</i>	navadni pelin	7	6	-	6	-	8
<i>Betula pendula</i>	navadna breza	7	-	-	-	-	-
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	gozdna glota	3	5	3	5	6	6
<i>Calamagrostis epigejos</i>	navadna šašuljica	7	5	7	-	-	6
<i>Carex acuta</i>	ostri šaš	-	-	-	-	-	-
<i>Carex hirta</i>	dlakavi šaš	7	6	3	6	-	5
<i>Carex sp.</i>	šaš	-	-	-	-	-	-
<i>Carpinus betulus</i>	beli gaber	4	6	4	-	-	-
<i>Clematis vitalba</i>	navadni srobot	7	6	3	5	7	7
<i>Cornus sanguinea</i>	rdeči dren	7	5	4	5	7	-
<i>Crepis biennis</i>	dvoletni dimek	7	5	3	6	6	5
<i>Dryopteris filix-mas</i>	navadna glistovnica	3	-	3	5	5	6
<i>Epipactis helleborine</i>	širokolistna močvirnica	3	5	3	5	7	5
<i>Equisetum palustre</i>	močvirska preslica	7	-	5	8	-	3
<i>Fallopia japonica</i>	japonski dresnik	-	-	-	-	-	-
<i>Humulus lupulus</i>	navadni hmelj	7	6	3	8	6	8
<i>Knautia drymeia</i>	ogrsko grabljišče	5	5	4	5	6	6
<i>Phragmites australis</i>	navadni trst	7	5	-	10	7	7
<i>Picea abies</i>	navadna smreka	5	3	6	-	-	-
<i>Pinus sylvestris</i>	rdeči bor	7	-	7	-	-	-
<i>Poa trivialis</i>	navadna latovka	6	-	3	7	-	7
<i>Populus nigra</i>	črni topol	5	6	6	8	7	7
<i>Populus tremula</i>	trepetlika	6	5	5	5	-	-
<i>Robinia pseudacacia</i>	navadna robinija	5	6	4	4	-	8
<i>Rubus caesius</i>	sinje zelena robida	6	5	4	-	8	7
<i>Rubus fruticosus</i>	prava robida	-	-	-	-	-	-
<i>Salix caprea</i>	iva	7	-	3	6	7	7
<i>Solidago canadensis</i>	kanadska zlata rozga	8	6	5	-	-	6
<i>Solidago gigantea</i>	orjaška zlata rozga	8	6	5	6	-	7
<i>Tilia cordata</i>	lipovec	5	5	4	5	-	5
<i>Valeriana officinalis</i>	zdravilna špajka	7	6	5	8	7	5
<i>Vicia sp.</i>	grašica	-	-	-	-	-	-
<i>Vitis sp.</i>	trta	-	-	-	-	-	-



Slika 17: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin druge popisne ploskve. Iz grafa je razvidno, da na tem območju najdemo vrste, ki potrebujejo manj svetlobe in večjo vlažnost rastišča.

Preglednica 14: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin tretje popisne ploskve

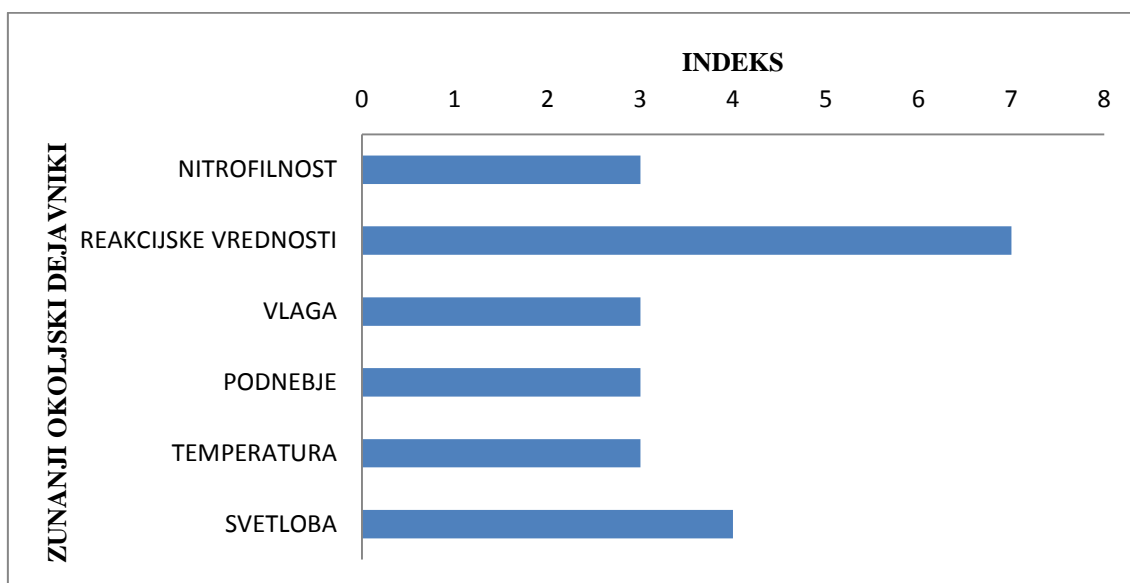
(S – svetloba, T – temperatura, P – podnebje, V – vlaga, RV - reakcijske vrednosti, N – nitrofilnost)

Znanstveno ime	Slovensko ime	S	T	P	V	RV	N
<i>Acer negundo</i>	amerikanski javor	5	6	6	6	7	7
<i>Achillea collina</i>	hribski rman	9	6	6	7	2	-
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	pelinolistna ambrozija	9	7	-	4	8	6
<i>Anthemis cotula</i>	smrdljiva pasja kamilica	7	6	3	4	-	5
<i>Artemisia vulgaris</i>	navadni pelin	7	6	-	6	-	8
<i>Betula pendula</i>	navadna breza	7	-	-	-	-	-
<i>Calamagrostis epigejos</i>	navadna šašuljica	7	5	7	-	-	6
<i>Calystegia sepium</i>	navadni plotni slak	8	6	5	6	7	9
<i>Carex hirta</i>	srhodlakavi šaš	7	6	3	6	-	5
<i>Carex sp.</i>	šaš	-	-	-	-	-	-
<i>Centaurea jacea</i>	navadni glavinec	7	-	5	-	-	-
<i>Chenopodium rubrum</i>	rdeča metlika	8	-	-	6	-	9
<i>Cichorium intybus</i>	navadni potrošnik	9	6	5	4	8	5
<i>Cirsium arvense</i>	njivski osat	8	5	-	-	-	7
<i>Clematis vitalba</i>	navadni srobot	7	6	3	5	7	7
<i>Convolvulus arvensis</i>	njivski slak	-	-	-	-	-	-
<i>Echinochloa crus-galli</i>	navadna kostreba	6	7	5	5	-	8
<i>Echium vulgare</i>	navadni gadovec	9	6	3	4	8	4
<i>Equisetum arvense</i>	njivska preslica	6	-	-	-	-	3
<i>Erigeron annuus</i>	enoletna suholetnica	7	6	-	6	-	8
<i>Eupatorium cannabinum</i>	konjska griva	7	5	3	7	7	8
<i>Euphorbia sp.</i>	mleček	-	-	-	-	-	-
<i>Euphorbia sp.</i>	mleček	-	-	-	-	-	-
<i>Galium mollugo</i>	navadna lakota	7	6	3	4	7	-
<i>Humulus lupulus</i>	navadni hmelj	7	6	3	8	6	8
<i>Hypericum perforatum</i>	šentjanževka	7	6	5	4	6	4
<i>Impatiens parviflora</i>	drobnocvetna nedotika	4	6	5	5	-	6
<i>Lactuca serriola</i>	pripotna ločika	9	7	7	4	-	4
<i>Leontodon hispidus</i>	navadni jajčar	8	-	3	5	7	6
<i>Lepidium virginicum</i>	virginijska draguša	8	7	-	4	6	5
<i>Linaria vulgaris</i>	navadna madronščica	8	6	5	4	7	5
<i>Lotus corniculatus</i>	navadna nokota	7	-	3	4	7	3
<i>Lythrum salicaria</i>	navadna krvenka	7	5	5	8	6	-
<i>Medicago lupulina</i>	hmeljna meteljka	7	5	-	4	8	-
<i>Melilotus albus</i>	bela medena detelja	-	-	-	-	-	-
<i>Melilotus officinalis</i>	navadna medena detelja	8	6	6	3	8	3
<i>Mentha longifolia</i>	dolgolistna meta	7	5	4	8	8	8
<i>Panicum capillare</i>	lasasto proso	-	-	-	-	-	-
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	navadna vinika	-	-	-	-	-	-
<i>Pastinaca sativa</i>	navadni rebrinec	6	6	5	4	8	4
<i>Picea abies</i>	navadna smreka	5	3	6	-	-	-
<i>Picris hieracioides</i>	navadna skrka	8	-	5	4	8	4
<i>Plantago lanceolata</i>	ozkolistni trpotec	6	-	3	-	-	-
<i>Poa trivialis</i>	navadna latovka	6	-	3	7	-	7
<i>Polygonum persicaria</i>	breskova dresen	6	6	3	5	7	7
<i>Populus tremula</i>	trepetlika	5	5	5	5	-	-
<i>Potentilla reptans</i>	plazeči petoprstnik	6	6	3	6	7	5
<i>Salix caprea</i>	iva	7	-	3	6	7	7
<i>Saponaria officinalis</i>	navadna milnica	7	6	3	5	7	5
<i>Setaria pumila</i>	sivozeleni muhvič	-	-	-	-	-	-

se nadaljuje

nadaljevanje

Znanstveno ime	Slovensko ime	S	T	P	V	RV	N
<i>Silene latifolia subsp. alba</i>	beli slizek	-	-	-	-	-	-
<i>Solidago canadensis</i>	kanadska zlata rozga	8	6	5	-	-	6
<i>Tanacetum vulgare</i>	navadni vratič	8	6	4	5	8	5
<i>Trifolium pratense</i>	travniška detelja	7	-	3	5	-	-
<i>Trifolium repens</i>	plazeča detelja	8	-	-	5	6	6
<i>Verbascum blattaria</i>	grozdasti lučnik	8	7	7	3	7	6
<i>Verbena officinalis</i>	navadni sporiš	9	6	3	5	7	7
<i>Vicia sepium</i>	obplotna grašica	-	-	5	5	6	5
<i>Viola arvensis</i>	njivska vijolica	6	5	-	-	-	-



Slika 18: Kazalniki zunanjih okoljskih dejavnikov rastlin tretje popisne ploskve. Iz grafa je razvidno, da na tem območju najdemo vrste, ki potrebujejo več svetlobe in jim ustrezajo majhne reakcijske vrednosti.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Naloga je bila usmerjena v iskanje razlik v vsebnosti težkih kovin in pojavljanje rastlinskih združb na treh popisnih ploskvah, degradiranega območja stare Cinkarne Celje.

5.1.1 Floristične analize na vseh treh popisnih ploskvah

Na prvi popisni ploskvi (**ruderalno rastišče ob dimniku 2**) najdemo življenjsko združbo, v kateri prevladujejo nekatere vrste trav. To so ruderalne vrste, ki hitro rastejo in imajo majhne poganjke. Imajo kratko življenjsko dobo in hitro semenijo. Populacija se vedno obnavlja. Pomen širjenja populacije na prvi popisni ploskvi je velik, saj življenjska združba raste v nestabilnem (motenem) okolju, nasutem z gradbenimi odpadki. Rastline na tej popisni ploskvi se hitro prilagodijo stresnim razmeram, ker hitro semenijo in se tako neprestano razmnožujejo in širijo po prostoru. Na drugi popisni ploskvi (**ob železnici**) najdemo gozdno vegetacijo. To območje je pod majhnim mehansko antropogenim vplivom. Vpliv onesnaževanja v preteklosti je bil preko dimnikov. Rastišče 2 smo ocenili kot rastišče z veliko vlažnostjo in večjo razpoložljivostjo hranil, ter manjšim mehanskim stresom. Na tretji popisni ploskvi (**nasutje med progama**) najdemo življenjsko združbo z veliko rastlinsko pestrostjo. To območje je opuščeno travišče v produktivnem okolju. Za to območje so značilne hitre spremembe v vrstni pestrosti združbe. Tukaj so človekovi posegi pogosti (nasipanje materiala, odstranjevanje vegetacije) in se drevesna in grmovna vegetacija se ne more razviti. Na prvi in tretji ploskvi prevladujejo ruderalci in toleratorji stresa, kompetitorjev je zaradi ostrejših življenjskih razmer malo, saj imajo majhno prilagojenost fiziologije na to okolje (počasna rast, hiter odziv na stres, majhna dolgoživost korenin in listov). Na vseh treh popisnih ploskvah najdemo funkcionalne tipe rastlin, prilagojene danim razmeram, ker se v združbo naselijo tiste vrste rastlin, ki so najbolj prilagojene danim okoljskim dejavnikom. Življenjskih združb na tem območju ne moremo povezati s težkimi kovinami, zaradi antropogenega mehanskega vpliva na zemljišču. Najintenzivnejši vpliv imajo okoljski dejavniki na prvi popisni ploskvi (ruderalno rastišče). Najmanj intenziven je vpliv zunanjih dejavnikov na rastlinske združbe na drugi popisni ploskvi, ker prevladuje gozd. Do razlik med popisnimi ploskvami (Preglednica 13) pride zaradi različne rabe tal oziroma zaradi premikov tal po odstranitvi objektov (topilnice) na območju stare Cinkarne. Za rastišče 2 je značilna nadzemna znotrajvrstna kompeticija, zaradi svetlobno manj ugodnega habitata (Eler, 2004).

5.1.2 Kemijske lastnosti tal

Težke kovine predstavljajo velik okoljski problem na območjih bivših ali obstoječih rudnikov in topilnic v Sloveniji. Koncentracije cinka, svinca in kadmija v tleh na območju, kjer je delovala topilnica cinka v Celju ('stara Cinkarna'), so zelo velike.

Kadmij je na preiskovano območje prišel kot sestavina cinkove rude in se je sprostil v okolje pri praženju rude (topilnica) in z industrijskimi odpadki na dvorišču 'stare Cinkarne'. Zaradi premika zemlje in odpadkov se vsebnosti kadmija v tleh popisnih ploskev med seboj zelo razlikujejo.

Svinec v tla večinoma pride preko zraka in se nato akumulira in migrira v nižje talne profile (Lobnik in sod., 2010). Predvidevamo, da je vsebnost svinca na drugi in tretji popisni ploskvi posledica transporta iz zraka, na prvi popisni ploskvi pa tudi posledica odlaganja industrijskih odpadkov na območju 'stare Cinkarne', saj smo največjo koncentracijo svinca izmerili ravno na prvi popisni ploskvi.

5.2 SKLEPI

Iz dobljenih rezultatov lahko ugotovimo oziroma sklepamo naslednje:

Zemljišče stare Cinkarne Celje je izpostavljeno antropogenemu vplivu (mehanski stres) v majhnih časovnih razmikih, zato je rastlinska pestrost manjša.

Kemijske lastnosti rastišč kažejo, da imajo rastline na voljo dovolj rastlinam dostopnega fosforja in kalija (razred preskrbljenosti C in D).

Na tretji ploskvi je nekoliko več ruderalnih vrst, na prvi pa toleratorjev stresa. Sklepamo, da je to posledica mehanskega odstranjevanja vegetacije na površini ob dimniku, kar daje prednost ruderalnim vrstam.

Rastišče na prvi ploskvi je zaradi nasipanja gradbenega in odpadnega materiala bolj suho in z manjšo vsebnostjo hranil, mehanskega stresa pa je manj kot na tretji ploskvi, zato so nekoliko bolj uspešni toleratorji stresa.

Med vsebnostjo težkih kovin na posameznih ploskvah in tipi združb oziroma ekoloških lastnostih posameznih vrst nismo našli povezave. Na nabor rastlinskih vrst bolj vpliva antropogeni stres.

6 POVZETEK

Veliko raziskav na področju onesnaževanja okolja, predvsem vsebnosti težkih kovin v tleh in rastlinah, opravljajo v Mestni občini Celje. Vzrok za tako onesnažena tla in zrak ter slabo zdravje ljudi v večji meri pripisujejo Cinkarni Celje oziroma prejšnji proizvodnji praženja cinkove rude (topilnica cinka). Najprimernejši prostor za raziskave in potrditev, da je temu res tako, je degradirano območje stare Cinkarne Celje, ki je siromašno in opuščeno travnišče z veliko prisotnostjo stresa in motenj, zato je tukaj manjša pestrost rastlinskih vrst. V diplomskem delu smo predstavili deleže rastlinskih vrst popisanih rastlin na treh popisnih ploskvah glede na pripadnost posameznim strategijam preživetja (ruderalne vrste, stresorji in kompetitorji) ter deleže rastlinskih vrst glede na Raunkierjevo življenjsko obliko. Popisne ploskve se nahajajo na degradiranem oziroma močno onesnaženem območju stare Cinkarne Celje in so bile izbrane glede na predvideno različno vsebnost težkih kovin v tleh ter različne antropogene vplive. Na to območje smo se odpravili, ker nas je zanimalo, kako se rastline odzovejo na kontaminirana tla s težkimi kovinami (cink, kadmij, svinec), in katere rastline se sploh uspejo prilagoditi tem razmeram. Določili smo tri popisne ploskve, na katerih smo odvzeli reprezentativne vzorce tal na globini 0–20 cm na različnih mestih. V laboratoriju smo jih posušene in presejane skozi 2 mm sito analizirali in določili pH, vsebnost organske snovi in težkih kovin, C/N razmerje in vsebnost dušika v tleh. Na terenu smo popisali vse rastline rastoče na treh popisnih ploskvah, za določevanje smo uporabili določevalni ključ Male flore Slovenije. Za vsako rastlino posebej smo določili življenjsko obliko po Raunklerju, prilagojenost na zunanje okoljske dejavnike in CSR strategije po Grimu. Rezultate smo prikazali v preglednicah in grafih. Ugotovili smo, da je na tem območju najbolj prisoten mehanski stres, ki ga povzroča človek s svojim posegom na degradiranem območju. Ker se občutljivost rastlin na stres sezonsko spreminja, se vegetacija na degradiranem območju Stare Cinkarne Celje neprestano spreminja.

7 VIRI

- Adriano D. C. 2001. Trace elements in terrestrial environment. 2nd ed. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, Springer-Verlag: 867 str.
- Batič F. 2011. Vpliv svetlobe - funkcionalna ekologija rastlin in okoljske spremembe. Ljubljana, Biotehniška fakulteta.
http://www.bf.unilj.si/fileadmin/groups/2711/Gradiva_Batic_Predavanja_Bolonja/Batic_P_Bolonja_BIOZN-Funkcionalna_ekologija_rastlin_in_okoljske_spremembe.pdf (5. okt. 2013)
- Batič F., Eler K., Lobnik F., Suhadolc M. 2009. Osnove ekologije rastlin in varstva okolja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta.
http://www.bf.unilj.si/fileadmin/groups/2711/Gradiva_Batic_Predavanja_Podiplomski/Batic_P_Podiplomski_Izbrana_poglavja_iz_ekologije_rastlin.pdf (5. okt.2013)
- Bohinc N. 2006. Onesnaževanje tal. Ljubljana, slovenski kemijski portal Kemija.
<http://kemija.org/index.php/okolje-mainmenu-40/25-okoljecat/225-onesnazevanje-tal> (6. mar. 2012)
- Eler K. 2003. Rastlinske združbe. Ljubljana, Biotehniška fakulteta oddelek za agronomijo, katedra za ekologijo in aplikativno botaniko.
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2711/Gradiva_Eler_Predavanja_Bolonja/Eler_P_Ekologija-03_Zdruzbe.pdf (5. Okt. 2013)
- Eler K. 2004. Interakcije med organizmi. Ljubljana, Biotehniška fakulteta oddelek za agronomijo, katedra za ekologijo in aplikativno botaniko.
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2711/Gradiva_Eler_Predavanja_Bolonja/Eler_P_Ekologija-04_Interakcije.pdf (5.okt.2013)
- Grilc V. 2010. Odpadki in stara okoljska bremena na področju Mestne občine Celje. V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja. Ribačič Lasnik C., Lakota M. (ur.). Celje, Inštitut za okolje in prostor : 63-72
- Grime J.P., Hodgson J.G., Hunt R. 1996. Comparative Plant Ecology. London, Chapman & Hall: 742 str.
- Kramer R. 2010. Občinski program varstva okolja za Mestno občino Celje (2009–2013). V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja zbornik 1. konference. Ribačič Lasnik C., Lakota M. (ur.). Celje, Inštitut za okolje in prostor: 142-149
- Leštan D. 2010. Remediacija zemljine na območju stare Cinkarne v Celju. Remediation of old Cinkarna Celje brownfield. V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja zbornik 1. konference. Ribarič Lasnik C., Lakota M. (ur.). Celje, Inštitut za okolje in prostor: 161-169
- Lobnik F., Zupan M., Grčman H. 2010. Onesnaženost tal in rastlin v Celjski kotlini V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja zbornik 1. konference. Ribar Lasnik C., Lakota M. (ur.). Celje, Inštitut za okolje in prostor: 14-22

- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B., Ravnik V., Frajman B., Strgulc Krajšek S., Trčak B., Bačič T., Fischer M.A., Eler K., Surina B. 2007. Mala flora Slovenije. Ljubljana, Tehniška založba: 976 str.
- Ribarič Lasnik C., Romih N., Marovt K., Grabner B., Sirše T., Lobnik F., Zupan M., Grčman H., Leštan D., Žibret G., Šajn R., Grilc V., Plut D., Eržen I., Lapajne V., Šomen Joksič A., Lakota M. 2010. Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni faktor razvoja v Celjski kotlini – modelni pristop – program sanacije. V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja zbornik 1. konference. Ribarič Lasnik C., Lakota M. (ur.). Celje, Inštitut za okolje in prostor: 117-147
- Romih N., Grabner B., Ribarič Lasnik C. 2013. Remediacija onesnaženih tal s težkimi kovinami. Celje, Inštitut za okolje in prostor: 8 str.
http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomasa/PRIROCNIK_IOP-1.pdf
(5. okt.2013)
- Romih N., Grabner B., Tajnik T., Marovt K., Sirše T., Žibret G., Ribarič Lasnik C. 2010. Ocena onesnaženosti tal na območju Bukovžlaka. V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja zbornik 1. konference. Ribarič Lasnik C., Lakota M. (ur.). Celje, Inštitut za okolje in prostor: 73-84
- Sinkovič T. 2006. Botanika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta Ljubljana: 216 str.
- SIST ISO 10390. 2005. Kakovost tal – Ugotavljanje pH: 10 str.
- SIST ISO 10694. 1996. Kakovost tal - Ugotavljanje organskega in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza): 5 str.
- SIST ISO 11047. 1999. Kakovost tal – Določevanje kadmija, kroma, kobalta, bakra, svinca, mangana, niklja in cinka – Metoda plamenske in elektrotermične atomske absorpcijske spektrometrije: 18 str.
- SIST ISO 11466. 1995. Kakovost tal – Ekstrakcija elementov v sledovih, topnih v zlatotopki: 5 str.
- SIST ISO 13878. 1999. Kakovost tal - Določanje skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analiza): 5. str.
- Suhadolc M., Ruprecht J., Zupan M. 2008. Študijsko gradivo za vaje pri predmetu nauk o tleh. Visokošolski študij agronomije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta v Ljubljani, Oddelek za agronomijo: 50 str.
- United States Environmental Protection Agency. 2008. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs).
<http://www.epa.gov/osw/hazard/wastemin/minimize/factshts/pahs.pdf> (3. okt. 2012)
- Urad za kemikalije. 2008. Onesnaženost v Celjski kotlini se bo reševala s sodelovanjem več ministrstev.
<http://www.uk.gov.si/nc/si/splosno/cns/novica/article/12016/5254/> (3. okt. 2012)
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. 1996. Ur. l. RS, št. 68/96

- Vovk Korže A., Kroflič B., Sajovic A. 2009. Tla. V: Poročilo o stanju okolja v mestni občini Celje 2007/2008. Vovk Korože A. (ur.). Maribor, Inštitut za promocijo varstva okolja: 73-84
- Zupan M., Karo Bešter P., Klavs V., Lobnik F., Grčman H. 2010. Kakovost vrtnin pridelanih na območju mestne občine Celje V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja zbornik 1. konference. Ribarič Lasnik C., Lakota M. (ur.). Celje, Inštitut za okolje in prostor: 23-36

ZAHVALA

Lepo se zahvaljujem mentorju Borisu Turku in somentorju Marku Zupanu za njuno pomoč pri nastajanju diplomskega dela.

Posebna zahvala gre mami Zinki in fantu Simonu, ki sta me skozi celotni študij brezpogojno moralno podpirala.

Posebna zahvala gre tudi prijatelju Ivanu, ki je vedno verjel vame in v moje sposobnosti.

PRILOGA A

Popisna ploskev 1

VRSTA

<i>Tusilago farfara</i>	4.2
<i>Calamagrostis epigejos</i>	3.3
<i>Rubus caesius</i>	2.2
<i>Buddleia davidii</i>	2.2
<i>Solidago canadensis</i>	1.2
<i>Erigeron annuus</i>	1.2
<i>Artemisia vulgaris</i>	1.1
<i>Aegopodium podagraria</i>	+
<i>Ailanthus altissima</i>	+
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	+
<i>Antemis cotula</i>	+
<i>Arctium lappa</i>	+
<i>Armoracia rusticana</i>	+
<i>Betula pendula</i>	+
<i>Carex sp.</i>	+
<i>Carex hirta</i>	+
<i>Chenopodium album</i>	+
<i>Cichorium intybus</i>	+
<i>Conyza canadensis</i>	+
<i>Daucus carota</i>	+
<i>Elytrigia repens</i>	+
<i>Equisetum arvense</i>	+
<i>Eupatorium cannabinum</i>	+
<i>Fallopia japonica</i>	+
<i>Galium mollugo</i>	+
<i>Geranium robertianum</i>	+
<i>Glechoma hederacea</i>	+
<i>Helianthus tuberosus</i>	+
<i>Lactuca serriola</i>	+
<i>Leontodon hysspidus</i>	+
<i>Linaria vulgaris</i>	+
<i>Medicago sp.</i>	+
<i>Medicago lupulina</i>	+
<i>Melilotus albus</i>	+
<i>Oxalis fontana</i>	+
<i>Picris hieracioides</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Ranunculus repens</i>	+

<i>Reseda lutea</i>	+
<i>Robinia pseudacacia</i>	+
<i>Salix caprea</i>	+
<i>Sambucus nigra</i>	+
<i>Silene vulgaris</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	+
<i>Verbascum densiflorum</i>	+
<i>Verbena officinalis</i>	+
<i>Veronica chamaedris</i>	+

Popisna ploskev 2

VRSTA

<i>Rubus caesius</i>	4.4
<i>Betula pendula</i>	3.3
<i>Populus tremula</i>	3.3
<i>Alnus glutinosa</i>	3.2
<i>Robinia pseudacacia</i>	3.2
<i>Carex acuta</i>	2.4
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	2.4
<i>Phragmites australis</i>	2.4
<i>Ailanthus altissima</i>	2.2
<i>Salix caprea</i>	2.2
<i>Carex hirta</i>	1.2
<i>Vitis vinifera</i>	1.1
<i>Solidago canadensis</i>	+3
<i>Silene vulgaris</i>	+2
<i>Acer platanoides</i>	+
<i>Acer regundo</i>	+
<i>Artemisia vulgaris</i>	+
<i>Calamagrostis epigejos</i>	+
<i>Carex sp.</i>	+
<i>Carpinus betulus</i>	+
<i>Clematis vitalba</i>	+
<i>Cornus sanguinea</i>	+
<i>Crepis biennis</i>	+
<i>Dryopteris filix-mas</i>	+
<i>Epipactis helleborine</i>	+
<i>Equisetum palustre</i>	+
<i>Fallopia japonica</i>	+
<i>Humulus lupulus</i>	+
<i>Knautia drymeia</i>	+
<i>Picea abies</i>	+

<i>Pinus sylvestris</i>	+
<i>Poa trivialis</i>	+
<i>Populus nigra</i>	+
<i>Rubus fruticosus</i>	+
<i>Solidago gigantea</i>	+
<i>Tilia cordata</i>	+
<i>Valeriana officinalis</i>	+
<i>Vicia</i> sp.	+

Popisna ploskev 3

VRSTA

<i>Calamagrostis epigejos</i>	4.4
<i>Solidago canadensis</i>	4.2
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	3.4
<i>Populus tremula</i>	1.3
<i>Betula pendula</i>	1.3
<i>Erigeron annuus</i>	1.2
<i>Eupatorium cannabinum</i>	+2
<i>Silene latifolia</i>	+2
<i>Vicia sepium</i>	+2
<i>Galium mollugo</i>	+2
<i>Carex hirta</i>	+2
<i>Acer negundo</i>	+
<i>Achillea collina</i>	+
<i>Anthemis cotula</i>	+
<i>Artemisia vulgaris</i>	+
<i>Calystegia sepium</i>	+
<i>Carex</i> sp.	+
<i>Centaurea jacea</i>	+
<i>Chenopodium album</i>	+
<i>Cichorium intybus</i>	+
<i>Cirsium arvense</i>	+
<i>Clematis vitalba</i>	+
<i>Convolvulus arvensis</i>	+
<i>Echinochloa crus-galli</i>	+
<i>Echium vulgare</i>	+
<i>Equisetum arvense</i>	+
<i>Euphorbia</i> sp.	+
<i>Humulus lupulus</i>	+
<i>Hypericum perforatum</i>	+
<i>Impatiens parviflora</i>	+
<i>Lactuca serriola</i>	+
<i>Leontodon hispidus</i>	+

<i>Lepidium virginicum</i>	+
<i>Linaria vulgaris</i>	+
<i>Lotus corniculatus</i>	+
<i>Lythrum salicaria</i>	+
<i>Medicago lupulina</i>	+
<i>Melilotus albus</i>	+
<i>Melilotus officinalis</i>	+
<i>Mentha longifolia</i>	+
<i>Panicum capillare</i>	+
<i>Parthenocisus quinquefolia</i>	+
<i>Pastinaca sativa</i>	+
<i>Picea abies</i>	+
<i>Picris hieracioides</i>	+
<i>Plantago lanceolata</i>	+
<i>Poa trivialis</i>	+
<i>Polygonum persicaria</i>	+
<i>Potentilla reptans</i>	+
<i>Salix caprea</i>	+
<i>Saponaria officinalis</i>	+
<i>Setaria pumila</i>	+
<i>Tanacetum vulgare</i>	+
<i>Trifolium pratense</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	+
<i>Verbascum blattaria</i>	+
<i>Verbena officinalis</i>	+
<i>Viola arvensis</i>	+