

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matej VIDRIH

**VEZAVA OGLJIK V PAŠENI RUŠI VISOKEGA
KRASA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2006

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matej VIDRIH

VEZAVA OGLJIK V PAŠENI RUŠI VISOKEGA KRASA

DOKTORSKA DISERTACIJA

CARBON SEQUESTRATION IN GRAZED SWARD OF HIGH KARST

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2006

Vidrih M. Vezava ogljika v pašeni ruši visokega krasa.

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

Doktorsko delo je bilo opravljeno na Katedri za pridelovanje krme in pašništvo ter na Katedri za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Eksperimentalni del naloge je potekal na pašnikih na planini Vremščica, s katerimi upravlja Center za sonaravno rekultivacijo Vremščica.

Senat Biotehniške fakultete in Senat Univerze v Ljubljani sta za mentorja doktorske disertacije imenovala prof. dr. Franca Batiča.

Komisija za oceno in zagovor:

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

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

Član: prof. dr. Mitja KALIGARIČ
Univerza v Mariboru, Pedagoška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Matej VIDRIH

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 633.2.033.3: 631.8: 631.417: 631.466.12: 581.5 (043.3)
KG	pašništvo / kras / ruša / ogljik / vezava / glomalin / pestrost / zelinje
KK	AGRIS / F01 / F04 / F40 / F62
AV	VIDRIH Matej, univ. dipl. inž. agr., mag. znanosti
SA	BATIČ, Franc (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2006
IN	VEZAVA OGLJIK V PAŠENI RUŠI VISOKEGA KRASA
TD	Doktorska disertacija
OP	XV, 102 str., 14 pregl., 43 sl., 14 pril., 151 vir.
IJ	sl
JI	sl / en
AI	Poznavanje procesov vezave in povečanega hranjenja ogljika v različnih segmentih in produktih sistema tla-rastlina postaja vedno bolj pomembno zaradi zmanjševanja nezaželenih učinkov tople grede in posledično tudi klimatskih sprememb. V raziskavo sezonskih sprememb pašene ruše visokega krasa na planini Vremščica smo vključili analizo izbranih parametrov, ki so povezani z vezavo ogljika. V poskus vpliva pretekle rabe ruše in gnojenja s fosforjem na količino ogljika smo vključili pet postopkov (pašeno in gnojeno z dušikom in fosforjem (NP), pašeno in gnojeno s fosforjem (P), pašeno in gnojeno z dušikom, fosforjem in kalijem (NPK), samo pašeno in nepašeno). Odziv ruše smo merili v masi zelinja, korenin ter ogljika v obeh delih ruše ob spomladanski (3-kosni), poletni (2-kosni) in jesenski (1-kosni) rabi. V vzorcih tal smo izmerili izbrane talne parametre in glomalin, ki je produkt mikoriznih gliv. Z določitvijo ogljika v zelinju, koreninah in tleh smo želeli dobiti njegovo vertikalno razporeditev v ruši. Ker so procesi v tleh povezani z rastlinami, ki uspevajo v ruši, smo opravili floristični popis z obilnostjo posameznih vrst. Z izborom štirih lokacij, ki so se razlikovale v tleh, pretekli rabi in sestavi ruše, smo želeli v 14-dnevnih razmikih ugotoviti spremembe v vsebnosti glomalina v tleh skozi rastno sezono. Značilno največjo maso zelinja ($8,83 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) smo dobili na postopku pašeno in gnojeno z NP ob spomladanski rabi. Masa zelinja je proti zadnjemu postopku značilno padala. Najmanjša masa zelinja ($2,18 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) je bila izmerjena na postopku pašeno ob jesenski rabi. Ob poletni rabi so se v masi zelinja med postopki pokazale največje razlike, medtem ko spomladanska in jesenska raba tega nista pokazali. Masa korenin na postopku nepašeno je bila statistično značilno večja samo ob spomladanski rabi (1088 g m^{-2}). Pozneje med postopki ni bilo razlik, čeprav je bila največja masa korenin (1300 g m^{-2}) vedno na postopku nepašeno. Pri razporeditvi ogljika med zelinje, korenine in tla, je bilo le-tega v tleh na vseh postopkih več kot 80 %. V koreninah ga je bilo od 9 do 16 in v zelinju od 2 do 4 %. Tla, kjer je potekala paša in so bila gnojena z mineralnim gnojilom, so imela v sebi v povprečju od 10 do 14 t ha^{-1} več ogljika. Koncentracije lahko dostopnega glomalina so bile na vseh postopkih majhne ($1,51$ do $2,84 \text{ mg g}^{-1}$) in se niso podobno spreminjale v odvisnosti od pretekle rabe in gnojenja kot koncentracije skupnega glomalina. Največ skupnega glomalina ($16,22 \text{ mg g}^{-1}$) smo določili v tleh postopka pašeno in gnojeno s P. V florističnih popisih smo določili skupno 164 vrst. Največje število (55) vrst smo določili na postopku nepašeno spomladi in najmanjše število (31) vrst na postopku pašeno in gnojeno z NP. Izbrane mere pestrosti so pokazale večjo pestrost tiste ruše, kjer je potekala paša in so ji bila dodana rudninska hranila. Korespondenčna analiza je dobro ločila popise prvih treh od zadnjih dve postopkov. Skupaj s kanonično korespondenčno analizo popisov smo ugotovili negativno korelacijo z večino izbranih okoljskih dejavnikov. Na celotnem proučevanem območju je bila v rendzinastih tleh in v ruši, ki ni bila pašena že vrsto let, količina skupnega glomalina največja ($16,34 \text{ mg g}^{-1}$).

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dd
 DC UDC 633.2.033.3: 631.8: 631.417: 631.466.12: 581.5 (043.3)
 CX pasture management / karst / sward / carbon / sequestration / glomalin / diversity / herbage
 CC AGRIS / F01 / F04 / F40 / F62
 AU VIDRIH Matej, MSc
 AA BATIČ, Franc (supervisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
 PY 2006
 TI CARBON SEQUESTRATION IN GRAZED SWARD OF HIGH KARST
 DT Doctoral Dissertation
 NO XV, 102 p., 14 tab., 43 fig., 14 ann., 151 ref.
 LA sl
 AL sl / en
 AB Knowing the processes of sequestration and increased storing of carbon (C) in different pools and compounds of a soil-plant system is becoming increasingly important due to mitigating the global greenhouse effect and threath of the attendant global warming. In a reseach of seasonal changes of grazed sward of high karst on the slopes of mountain Vremščica analysis of selected parameters linked with C in the soil were conducted. Five treatments (grazed and fertilized with nitrogen and phosphorus (NP), grazed and fertilized with phosphorus (P), grazed and fertilized with nitrogen, phosphorus and potassium (NPK), grazed and not grazed) were included in studying the impact of past land use and addition of nutrients on the amount of C in the soil. Sward response was measured in a way of herbage and root mass and C mass in both components in spring (3-cuts), summer (2-cuts) and autumn (1-cut) use. Selected soil parameters and glomalin, which is a product of arbuscular mycorrhizal fungi, were analysed in the soil too. With the determination of C in herbage, roots and soil a vertical distribution of this element was analysed in the sward. Because belowground processes are connected with the plant species, releves with the species abundance were conducted. With the aim of establishing the amount of glomalin (easy extractable and total) in soils on a broader area of experimental site and finding relationship with C in the soil, four locations distinguishing in soil type, past land use and floristic composition were selected and soil samples were taken in a 14 days interval. The highest and statistically significant herbage mass (8,83 t DM ha⁻¹) was obtained on the first treatment in spring growth period (use). The herbage mass started to decrease towards the last treatment. That was characteristic also for the other two growth periods. The lowest herbage mass (2,18 t DM ha⁻¹) was measured on the fourth treatment in the autumn use. Among treatments the summer use showed larger differences in herbage mass than the spring and the autumn use. The root mass was statistically higher in ungrazed treatment only in the spring use (1088 g m⁻²) afterwards although is was the highest always (1300 g m⁻²) in ungrazed, no significance to other treatments appeared. Calculation of C distribution among the plant components and soil showed that soil can store more than 80 % of total C and the rest is left to roots (9-16 %) and herbage (2-4 %). Concentrations of easy extractable glomalin were low on all treatments and range from 1,51 to 2,84 mg g⁻¹ and did not differ so much in relation to past grazing regime and nutrient addition as total glomalin did. The highest concentration of total glomalin was determined on treatment grazed and fertilized with P. Total of 164 plants was found in sward of all treatments with the highest number (55) in ungrazed and the spring use and lowest number (31) in grazed and fertilized with NP in the autumn use. Calculated selected diversity indices gave higher values in first three treatments. Through the correspondence and canonical correspondence analysis of the releves and selected environmental variables, differences between the sward of the first three and the last two treatments have been observed. The highest concentration of total glomalin (16,34 mg g⁻¹) on a wider research area was found on location with rendzic leptosol and no grazing for many years.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	IX
Kazalo prilog	XIII
Okrajšave in simboli	XIV
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA RAZISKAVO	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	3
1.3 NAMEN RAZISKAVE	4
2 PREGLED LITERATURE	5
2.1 NOVODOBEN POGLED NA VLOGO OGLJIKA V DELOVANJU EKOSISTEMOV	5
2.1.1 Problematika toplogrednih plinov, podnebne spremembe in vezava (sekvestracija) ogljika	6
2.1.2 Raba kmetijskih zemljišč, sekvestracija ogljika in organska snov tal	8
2.1.3 Pretok talnega ogljikovega dioksida na travnatem svetu	11
2.1.4 Glomalin in njegova vloga v tleh	13
2.2 SEKVESTRACIJA OGLJIKA NA TRAVNATEM SVETU	17
2.2.1 Pestrost in proizvodnost travne ruše	18
2.2.2 Hranila in rodovitnost tal na travinju	20
2.2.3 Paša domačih živali in sekvestracija ogljika	21
2.3 VRSTE ANALIZ VEGETACIJSKIH POPISOV NA TRAVNATEM SVETU	23
2.3.1 Mera (indeks) podobnosti in mera pestrosti	25
2.3.2 Multivariatne analize vegetacijskih popisov in ekoloških parametrov	28
3 MATERIAL IN METODE	30
3.1 PREDSTAVITEV OBMOČJA RAZISKAV	30
3.1.1 Matični substrat	30

3.1.2	Klima	31
3.1.3	Tla	31
3.2	NADZOROVANA PAŠA IN GNOJENJE S FOSFORJEM	33
3.3	SEZONSKO SPREMINJANJE GLOMALINA	34
3.4	METODE DELA	35
3.4.1	Merjenje mase zelinja, korenin in ogljika v ruši	35
3.4.2	Floristični popis	35
3.4.3	Vzorčenje tal za analizo glomalina in drugih talnih parametrov	36
3.4.4	Določevanje glomalina	37
3.4.5	Statistična obdelava podatkov	38
4	REZULTATI	40
4.1	NADZOROVANA PAŠA IN GNOJENJE S FOSFORJEM	40
4.1.1	Masa zelinja, korenin in ogljika	41
4.1.2	Vsebnost glomalina v tleh	52
4.1.3	Floristična sestava ruše	56
4.2	SEZONSKO SPREMINJANJE GLOMALINA	72
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	77
5.1	RAZPRAVA	77
5.1.1	Masa zelinja, korenin in ogljika	78
5.1.2	Vsebnost glomalina v tleh	82
5.1.3	Floristična sestava ruše	83
5.1.4	Sezonsko spreminjanje glomalina	84
5.2	SKLEPI	85
6	POVZETEK (SUMMARY)	88
6.1	POVZETEK	88
6.2	SUMMARY	90
7	VIRI	93

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Okvirne globalne zaloge ogljika (Intergovernmental ... 2001a)	6
Preglednica 2: Ocene zalog organskega ogljika v tleh (Lal, 2004)	18
Preglednica 3: Vsebnost ogljika v različnih delih ruše in tleh v odvisnosti od intenzivnosti paše (Schuman in sod., 1999)	22
Preglednica 4: Osnova za izračun mere podobnosti med vzorcema A in B (Lepš in Šmilauer, 2003)	25
Preglednica 5: Karakteristike obravnavanih lokacij	34
Preglednica 6: Datumi vzorčenja tal za spremljanje glomalina v tleh skozi sezono v letu 2004	35
Preglednica 7: Datumi vzorčenja zelinja, korenin in tal v letu 2004 na poskusu gnojenje s fosforjem	40
Preglednica 8: Vrednosti talnih parametrov v postopkih poskusa gnojenja s fosforjem	41
Preglednica 9: Seznam vseh vrst, ugotovljenih na območju popisovanja travne ruše, življenjska oblika (ŽO), botanična skupina (BS), absolutno (FR) in relativno (FR %) pojavljanje ter frekvenčni razred (FRr)	57
Preglednica 10: Sorensenova mera podobnosti (v deležu) med postopki ob spomladanskem popisu ruše (1-pašeno/NP, 2-pašeno/P, 3-pašeno/NPK, 4-pašeno, 5-nepašeno). Najmanjša in največja vrednost sta označeni krepko in podčrtane so vrednosti za ponovitev istega postopka	63
Preglednica 11: Sorensenova mera podobnosti (v deležu) med postopki ob poletnem popisu ruše (1-pašeno/NP, 2-pašeno/P, 3-pašeno/NPK, 4-pašeno, 5-nepašeno). Najmanjša in največja vrednost sta označeni krepko in podčrtane so vrednosti za ponovitev istega postopka	64
Preglednica 12: Sorensenova mera podobnosti (v deležu) med postopki ob jesenskem popisu ruše (1-pašeno/NP, 2-pašeno/P, 3-pašeno/NPK, 4-pašeno, 5-nepašeno). Najmanjša in največja vrednost sta označeni krepko in podčrtane so vrednosti za ponovitev istega postopka	65

Preglednica 13:	Vrednosti talnih parametrov na lokacijah poskusa sezonsko spreminjanje glomalina	72
Preglednica 14:	F in p vrednosti ter odstotek spremembe v vsebnosti glomalina. P vrednosti $<0,05$ so označene krepko	73

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Glavne zaloge ogljika (Lal, 2004)	5
Slika 2: Vpliv načina reje govedi na emisije toplogrednih plinov (Schenck, 2001)	9
Slika 3: Tok ogljika med biosfero in atmosfero (Doran in sod., 1996)	10
Slika 4: Vloga organizmov pri nastajanju organske snovi tal (Christman in Gjessing, 1993)	12
Slika 5: Vsebnost organskega ogljika (mg g^{-1} tal) v različnih komponentah dela organske snovi tal (Paul in sod., 1996)	13
Slika 6: Vezikularno arbuskularna mikoriza (Harrier in Watson, 2003)	15
Slika 7: Nastanek strukturnega agregata na hifah arbuskularno mikorizne glive, ki izloča glomalin (Nichols in Wright, 2004)	16
Slika 8: Razporeditev organskega ogljika (mg g^{-1} tal) med frakcijami organske snovi tal (Nichols, 2003)	17
Slika 9: Razmerje med proizvodnostjo in vrstno gostoto v treh različnih habitatih (š -travinje, ~ -gozd, r -grmišča) (Al-Mufti in sod., 1977)	19
Slika 10: Vpliv načina reje govedi na sekvestracijo ogljika (Schenck, 2001) (TGP= toplogredni plini)	23
Slika 11: Vpliv gnojenja s fosforjem na povprečno celoletno vrednost mase zelinja (t s.s. ha^{-1}) po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$ (s.n.=standardna napaka povprečja, $n=4$)	42
Slika 12: Vpliv gnojenja s fosforjem na povprečno vrednost mase zelinja (t s.s. ha^{-1}) po posameznih postopkih in v spomladanski rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	43
Slika 13: Vpliv gnojenja s fosforjem na povprečno vrednost mase zelinja (t s.s. ha^{-1}) po posameznih postopkih in v poletni rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje	

	vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	44
Slika 14:	Vpliv gnojenja s fosforjem na povprečno vrednost mase zelinja ($t \text{ s.s. ha}^{-1}$) po posameznih postopkih in v jesenski rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	45
Slika 15:	Povprečna vrednost mase korenin ($g \text{ m}^{-2}$) po posameznih postopkih ob spomladanski rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	46
Slika 16:	Povprečna vrednost mase korenin ($g \text{ m}^{-2}$) po posameznih postopkih ob poletni rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	46
Slika 17:	Povprečna vrednost mase korenin ($g \text{ m}^{-2}$) po posameznih postopkih ob jesenski rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	47
Slika 18:	Celoletna povprečna vrednost mase ogljika ($t \text{ ha}^{-1}$) v zelinju po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	48
Slika 19:	Povprečna vrednost mase ogljika ($t \text{ ha}^{-1}$) v koreninah po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	49
Slika 20:	Povprečna vrednost mase ogljika ($t \text{ ha}^{-1}$) v zelinju, koreninah in tleh (0-8 cm) po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika spomladi	50
Slika 21:	Povprečna vrednost mase ogljika ($t \text{ ha}^{-1}$) v zelinju, koreninah in tleh (0-8 cm) po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika poleti	51
Slika 22:	Povprečna vrednost mase ogljika ($t \text{ ha}^{-1}$) v zelinju, koreninah in tleh (0-8 cm) po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika jeseni	52
Slika 23:	Povprečna vsebnost lahko dostopnega glomalina v tleh v različnih postopkih rabe in gnojenja. Enaka črka nad	

	stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	53
Slika 24:	Vsebnost skupnega glomalina v tleh v različnih postopkih rabe in gnojenja. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$	54
Slika 25:	Povezava med lahko dostopnim in skupnim glomalin v spomladanskem obdobju rasti na petih postopkih (TM -pašeno/NP, £-pašeno/P, ¯-pašeno/NPK, +-pašeno, r -nepašeno)	54
Slika 26:	Povezava med lahko dostopnim in skupnim glomalin v poletnem obdobju rasti na petih postopkih (TM -pašeno/NP, £-pašeno/P, ¯-pašeno/NPK, +-pašeno, r -nepašeno)	55
Slika 27:	Povezava med lahko dostopnim in skupnim glomalin v jesenskem obdobju rasti na pet postopkih (TM -pašeno/NP, £-pašeno/P, ¯-pašeno/NPK, +-pašeno, r -nepašeno)	55
Slika 28:	Povezava med ogljikom in obema oblikama glomalina v tleh v jesenskem obdobju rasti (TM -pašeno/NP, £-pašeno/P, ¯-pašeno/NPK, +-pašeno, r -nepašeno)	56
Slika 29:	Porazdelitev vrst, določenih v vseh popisih, v frekvenčne razrede	62
Slika 30:	Razvrstitev vseh določenih rastlin (število) v popisih (Preglednica 9) po njihovi življenjski obliki in botanični skupini	62
Slika 31:	Število vrst na različnih postopkih in v različnih sezonskih aspektih	66
Slika 32:	Shannonova mera pestrosti v različnih postopkih in sezonskih aspektih	66
Slika 33:	Shannonova mera izenačenosti v različnih postopkih in sezonskih aspektih	67
Slika 34:	Simpsonova mera pestrosti v različnih postopkih in sezonskih aspektih	68
Slika 35:	Berger-Parkerjeva mera pestrosti v različnih postopkih in sezonskih aspektih	68

Slika 36:	Ordinacijski diagram za prvi dve osi pri korespondenčni analizi popisov na vseh petih postopkih (TM -pašeno/NP, £ -pašeno/P, ⁻ -pašeno/NPK, •-pašeno, r -nepašeno)	69
Slika 37:	Ordinacijski diagram za prvi dve osi pri kanonični korespondenčni analizi med popisi na vseh petih postopkih (TM -pašeno/NP, £ -pašeno/P, ⁻ -pašeno/NPK, •-pašeno, r -nepašeno) in okoljskimi spremenljivkami (PA-paša, pH-reakcija tal, GNO-gnojenje, P-fosfor, N-zahteve vrste po dušiku v tleh, F-vlagoljubnost, K-kontinentalnost)	70
Slika 38:	Ordinacijski diagram za prvi dve osi pri kanonični korespondenčni analizi med vrstami na vseh petih postopkih (TM -pašeno/NP, £ -pašeno/P, ⁻ -pašeno/NPK, •-pašeno, r -nepašeno) in okoljskimi spremenljivkami (PA-paša, pH-reakcija tal, GNO-gnojenje, P-fosfor, N-zahteve vrste po dušiku v tleh, F-vlagoljubnost, K-kontinentalnost)	71
Slika 39:	Obliki glomalina v tleh pašnika skozi sezono na lokaciji Pašnik 2. Točke z ročajem predstavljajo standardno napako povprečja (n=5)	73
Slika 40:	Obliki glomalina v tleh pašnika skozi sezono na lokaciji Virbašnji dol. Točke z ročajem predstavljajo standardno napako povprečja (n=5)	74
Slika 41:	Obliki glomalina v tleh pašnika skozi sezono na lokaciji Pašnika 3. Točke z ročajem predstavljajo standardno napako povprečja (n=5)	74
Slika 42:	Obliki glomalina v tleh pašnika skozi sezono na lokaciji Ppašnika 3 izven. Točke z ročajem predstavljajo standardno napako povprečja (n=5)	75
Slika 43:	Povezava med ogljikom in obema oblikama glomalina v tleh skozi celotno obdobje rasti na štirih lokacijah (1-Pašnik 2, 2-Virbašnji dol, 3- Pašnik 3, 4-Pašnik 3 izven) in ob petih datumih vzorčenja (TM -8.6., £ -26.7., ⁻ -30.8., r -5.10. +-28.10.)	76

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Lokacija raziskav na planini Vremščica (Atlas Slovenije, 1995)
- Priloga B: Označeno območje Nature 2000 z rumenimi krogi, ki ponazarjajo lokaliteto (Bioportal, 2006) in vrisanimi lokacijami poskusa gnojenje s fosforjem (C1) in sezonsko spreminjanje glomalina (C2)
- Priloga C: Razporeditev postopkov na poskusu gnojenje s fosforjem
- Priloga Č: Zračni posnetek širšega območja pašnikov z označenimi lokacijami poskusa gnojenje s fosforjem (C1) in sezonsko spreminjanje glomalina (C2)
- Priloga D: Zelinje (nadzemna biomasa) na poskusu gnojenje s fosforjem je bilo vzorčeno na direktni način
- Priloga E: Vzorčenje tal in korenin je potekalo znotraj iste površine, kjer je bilo predhodno vzeto zelinje
- Priloga F: Na ponovitvi vsakega postopka je bilo za analizo glomalina in pedoloških parametrov v tleh vzetih pet podvzorcev in eden za določevanje mase korenin
- Priloga G: Floristični popis ruše z obilnostjo posamezne vrste je bil opravljen v treh sezonskih aspektih
- Priloga H: Vzorčenje na poskusu sezonsko spreminjanje glomalina je bilo izvedeno tako v časovnih kot prostorskih razmikih
- Priloga I: Za analizo glomalina je bilo potrebno zatehtati 1 g suhih tal
- Priloga J: Floristični popis z obilnostjo vrste v spomladanskem obdobju na poskusu gnojenje s fosforjem (1.6. 2004)
- Priloga K: Floristični popis z obilnostjo vrste v poletnem obdobju na poskusu gnojenje s fosforjem (28.7. 2004)
- Priloga L: Floristični popis z obilnostjo vrste v jesenskem obdobju na poskusu gnojenje s fosforjem (17.9. 2004)
- Priloga M: Analitski podatki o tleh na poskusu gnojenje s fosforjem

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

'	minuta
%	odstotek
μg	mikro gram
Φ_v	volumenska vsebnost vode
$^{\circ}$	stopinja
$^{\circ}\text{C}$	stopinja celzija
AL	amon laktat
ATP	adenozin trifosfat
CH_4	metan
C_{inert}	inerten ogljik
cm	centimeter
CO_2	ogljikov dioksid
C	ogljik
C_{org}	organski ogljik
C_{razg}	razgradljiv ogljik
e	2,71828183
g	gram
GVŽ	glav velike živine
ha	hektar
K	kalij
kg	kilogram
m	meter
m^2	kvadratni meter
mm	milimeter
mM	mili molaren
MPa	mega pascal
N	dušik
nm	nanometer
n.v.	nadmorska višina
N_2O	di dušikov oksid
O	kisik
P	fosfor
Pg	peta (10^{15}) gram
s.s.	suha snov
T	temperatura
t	tona
ZSS	zračno suha snov

1 UVOD

1.1 POVOD ZA RAZISKAVO

Travnati svet na ozemlju Slovenije je pretežno antropogenega nastanka, saj klima območja in kakovost zemljišč omogočata uspevanje lesnatih vrst rastlin. Klimaks vegetacije obravnavanega območja je gozd kot najvišja stopnja sukcesije rastlinskih vrst, ker je preprečeno učinkovanje ognja kot sestavnega dela biotopa (Grime, 2001). Odločilnega pomena za nastanek in vzdrževanje travnatega sveta v preteklosti na območjih z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost je bila nuja po pridelavi hrane. Opuščanje rabe travinja in zaraščanje z grmovjem ter pionirskim gozdom, ki je močno prisotno zadnjih 50 let, je posledica izčrpanosti zemlje v pogledu rudnin in vse manjše pridelovalne zmogljivosti travinja tako v pogledu količine kot tudi kakovosti pridelka krme (Kahmen in sod., 2002; Dolek in Geyer, 2002). Taka izčrpana zemljišča imajo tudi majhen potencial sekvestracije ogljika. S siromašenjem rodovitnosti zemljišč so se posledično spremenile tudi socioekonomske razmere za bivanje na takih območjih.

V sedanjih razmerah je za kmetovanje v Sloveniji mogoče zagotoviti dovolj krme za načrtovano, oziroma s strani Evropske unije (EU) dovoljeno število živali na dva načina. S povečanjem pridelovalne zmogljivosti zemljišč v ravnini, ki temelji na vse večjem deležu fosilne energije v pridelku krme (gnojila, seme hibridov in genetsko spremenjeni organizmi, fitofarmacevtski pripravki, stroji, pogonsko gorivo) ali z uvozom krme z območij, kjer imajo boljše razmere za pridelavo žit. Obe rešitvi sta skladni z globalizacijskimi procesi, ki se vse bolj uveljavljajo v svetu, vendar sta škodljivi za kakovost življenja na ozemlju Slovenije oziroma širše alpske in kraške regije. Iz podatkov Popisa kmetijskih gospodarstev v letu 2000 je mogoče ugotoviti, da skoraj 86 % gospodarstev prideluje krmo na travinju, pri čemer je kar 98,4 % travinja v uporabi družinskih kmetij. Travnati svet še vedno pretežno izkoriščajo s košnjo in tako nadaljujejo s sproščanjem histričnega ogljika v atmosfero, saj pridobljen gnoj uporabijo na njivah, kjer organska snov hitro mineralizira zaradi pogostega obračanja zemlje. Druga posebnost je ta, da sta vsaj dve tretjini pašnikov na izčrpanih zemljiščih slovenskega krasa in hribovitega sveta, ki imajo majhno pridelovalno zmogljivost zaradi pomanjkanja fosforja ali kisle reakcije vrhnje plasti zemlje. Iz enakega razloga je tudi majhna sekvestracija ogljika s pomočjo vegetacije, ki naseljuje ta zemljišča.

Zaradi velike nuje po uvajanju postopkov trajnostnega kmetovanja v omenjenih dveh območjih pridobiva travinje tudi pri nas zopet na pomenu. Pridelava funkcionalne hrane (Collomb in sod., 2001), biodiverziteta (Muller, 2002), negovana podoba pokrajine (Riecken in sod., 2002), sekvestracija (vezava) ogljika (Schuman in sod., 2002; Rees in

sod., 2005; Tan in Lal, 2005) in sonaravno recikliranje odpadnih snovi (klavniški, komunalni) so tiste zahteve, ki narekujejo nadzorovano izkoriščanje travnatega sveta in povečevanje rodovitnosti kmetijskih zemljišč predvsem v razmerah, kjer je delež travinja od skupnih kmetijskih zemljišč tako velik kot pri nas. V Sloveniji skoraj 60 % vse kmetijske zemlje predstavlja travinje in če k temu dodamo še kmečke (travne) sadovnjake, trate in rekreacijske površine kjer tudi prevladujejo rastline, ki jih najdemo v ruši, je pomen travinja za nadaljni razvoj območja in boljšo kakovost bivanja ljudi dovolj dobro definiran in utemeljen.

Med državami članicami EU ima samo Irska večji delež travinja v skupni kmetijski zemlji kot Slovenija. Preračunano na prebivalca imamo z 0,25 ha, skoraj še enkrat toliko travinja kot znaša povprečje v EU. To danost bomo lahko v naše dobro izkoristili samo z boljšim poznavanjem in usmerjanjem procesov, ki potekajo v ekosistemu pašnika. Pridelava funkcionalne hrane je zagotovo dovolj velik izziv, da ponovno uvajamo pašo na travinje visokega krasa in uporabimo prežvekovalce kot orodje za doseg zastavljenih ciljev. Ravno v zahodnem delu Slovenije se delež travinja kot ena od oblik kmetijskega zemljišča v posameznih, predvsem hribovitih in gorskih območjih povzpne celo na 90 % in več.

Emisija toplogrednih plinov in predvidene klimatske spremembe bodo imele pomemben vpliv na smer razvoja postopkov kmetovanja zaradi učinka na pridelavo hrane in zato ker kmetijstvo v precejšni meri prispeva k naraščanju vpliva toplogrednih plinov v ozračju. Ocenjujejo, da s sedanjimi postopki kmetovanja letno prispevamo 20 % k povečanju toplogrednih plinov, ki so posledica antropogenih posegov v zemljo. S postopki kmetovanja, ki so uveljavljeni zadnjih 300 let je bilo veliko ogljikovega dioksida (CO_2) sproščenega iz zemlje zaradi pospešene mineralizacije humusa, ki jo povzroči obračanje (oranje) zemlje (Janssens in sod., 2003; Smith, 2004).

V obdobju prevlade fiziokratskega pristopa k gospodarjenju s kmetijskimi zemljišči je bila zemlja dodeljena v last neposrednim uporabnikom z obvezo, da jo izkoriščajo kot njive za pridelavo hrane ali kot vinograde, ki so jih morali tudi okopavati (obračati zemljo), kot edinim takrat znanim ukrepom za zatiranje plevelov. Ko se je zaradi obdelave in izčrpavanja organske snovi iz zemlje zmanjšala njena pridelovalna zmogljivost, so s košnjo na travnatem svetu za potrebe pridelave zadostnih količin hlevskega gnoja pričeli z izčrpavanjem tudi teh zemljišč, saj je bil hlevski gnoj prednostno uporabljen za izboljšanje rodovitnosti njiv in vinogradov. Tako se je tudi (historični) ogljik iz organske snovi travnatega sveta vse izdatneje selil v atmosfero.

Zaradi vse večje izčrpanosti travinja in pomanjkanja rudnin v teh zemljiščih je bila pridelovalna zmogljivost travinja za dobro uspevanje rastlin ruše vse manjša in vezava ogljika v novo nastalo organsko snov z rastjo rastlin ruše vse bolj pičla. Historične (dolgoročne) izgube ogljika (C) iz zemljišč, uporabljenih za kmetijsko pridelavo, so

ocenjene na 54 Pg C ($Pg=10^{15}$ g), in sicer 43 Pg C za višje ležeča območja, kjer so tla lažja in manj zagledana ter 11 Pg C za hidromorfna zemljišča (Paustian in sod., 1997a). Te ocene so lahko osnova za postavljanje referenčnih količin sekvestracije ogljika. Verjetno tudi z izboljšanimi (sonaravnimi) postopki kmetovanja v uporabljenih zemljiščih ne bo mogoče preseči deleža ogljika v zemlji, ki je bil dosežen (je nekoč obstajal) v naravnem okolju. Poznani pa so primeri, da je mogoče z gnojenjem s fosforjem na izčrpanih zemljiščih travnatega sveta in apnjenjem zakisanih tal pospešiti rast ruše v tolikšni meri, da je dosežen celo večji delež organske snovi v tleh, kot je znašal pred uporabo zemljišč za kmetijsko pridelavo (Paustian in sod., 1997b).

Zaradi nastalih razmer kot posledice razvoja in doseženega življenjskega standarda ter uveljavljenih postopkov kmetovanja, je bilo v zadnjem času veliko proučevanj s področja sekvestracije ogljika. Tako je bilo pridobljenega več novega znanja tudi o snoveh, ki nastajajo v izčrpani zemlji pod vplivom delovanja mikorize (Harrier in Watson, 2003; Rillig in sod., 2003). Ravno te snovi znatno prispevajo k boljši rodovitnosti zemlje in k izdatnejši sekvestraciji ogljika (Carter, 2001).

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

V razmerah visokega krasa poteka rekultiviranje izčrpanih in opuščenih kmetijskih zemljišč s pašo drobnice kot orodjem. Pri tem je bila postavljena hipoteza, da lahko z bolj nadzorovano pašo, ki jo omogoča ograditev zemljišča in razdelitev pašnika na ograde, vplivamo na razvoj vegetacije kraškega pašnika v smeri večje raznolikosti in obilnosti v botanični sestavi ruše (Gutman in sod., 1999; Batič in sod., 1999; Vidrih M, 2003; Rook in Tallowin, 2003; DeRamus, 2004). Če vodenje paše temelji na upoštevanju osnovnih zakonitosti sosledja pri razvoju vegetacije območja, potem dosežemo tudi izboljšanje rodovitnosti tal, učinkovitejša je varovalna vloga ruše na kmetijskih zemljiščih, zmanjšana je nevarnost pojava požarov in ustvarjena je večja življenjska moč (vitalnost) ekosistema.

V razmerah izvajanja navedenih proučevanj na visokem krasu želimo količinsko ovrednotiti (kvantificirati) naslednje odvisnosti in preveriti postavljene hipoteze:

- večletno gnojenje s fosforjem in izkoriščanje ruše s pašo drobnice vplivata na hitrost rasti ruše in skupno nadzemno maso zelinja. Domnevamo, da je zaradi tega tudi v zemlji ustvarjene več organske snovi, ki ima vpliv na fizikalne in kemične lastnosti tal ter na obseg sekvestracije ogljika v tleh visokega krasa;
- floristična sestava ruše na primerjalnih raziskovalnih ploskvah ni enaka zaradi vpliva večletne paše živali;

- skupna sekvestracija ogljika v razmerah gnojenja s fosforjem na siromašnih tleh in pašne rabe ruše lahko preseže obseg sekvestracije ogljika na opuščenih izčrpanih zemljiščih;
- sezonsko spreminjanje vsebnosti glomalina v zemlji je posledica rastnega potenciala ruše in zato predvidevamo, da prisotnost mikoriznih gliv v zemlji ni bistveno zmanjšana zaradi uporabljenega fosforja pri gnojenju siromašnih tal in pašne rabe ruše;
- količina lahko dostopnega in skupnega glomalina je povezana s količino ogljika v tleh.

1.3 NAMEN RAZISKAVE

Vezava ali sekvestracija ogljika je v obdobju problematike izpustov toplogrednih plinov v atmosfero dobila nov pomen. Še posebno, ker se to področje povezuje z obstoječimi in prihajajočimi podnebnimi spremembami v svetu. Na primeru raziskav ruše pašnikov visokega krasa skozi vezavo ali kroženje ogljika smo želeli tudi nadzorovani paši domačih živali pripisati vlogo, ki jo bo odigrala pri zmanjševanju negativnih vplivov, ki jih imajo toplogredni plini v okolju. Ta vloga mora biti še toliko bolj raziskana in dodeljena prav tej obliki rabe, ker tudi na širšem območju raziskav obstajajo takšne naravne razmere, ki ne omogočajo drugih načinov rabe zemljišč, ki imajo lahko podoben zmanjševalni učinek toplogrednih plinov.

Zaradi dolgoletnega delovanja živali na rušo teh pašnikov imamo dobro osnovo za iskanje razlik, ki jih dobimo, kadar primerjamo med seboj sestavo ruš, ustvarjenih z različno rabo oziroma če jih pustimo neizkoriščene. V raziskavi smo uporabili tudi osnove multivariatnih statističnih metod, katerih rezultati nam dajo dober vpogled v razlago odvisnosti večih spremenljivk, tako proizvodnih kot ekoloških parametrov.

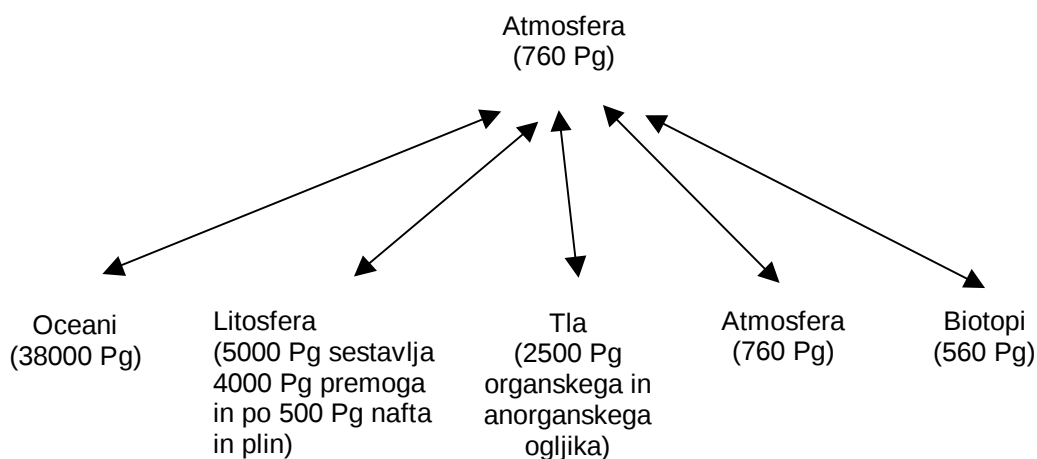
2 PREGLED LITERATURE

2.1 NOVODOBEN POGLED NA VLOGO OGLJIKA V DELOVANJU EKOSISTEMOV

Prehajanje ogljika v različnih oblikah med biosfero, atmosfero, oceani in geosfero je opisano kot ogljikov krogotok. To kroženje je eden od biogeokemijskih tokov, ki pomenijo izmenjavo elementov (ogljik) ali spojin med živimi dejavniki in neživim delom narave v okolju. Poleg izmenjave ogljika med atmosfero in rastlinsko odejo v procesih fotosinteze in dihanja je pomembna tudi izmenjava tega elementa med atmosfero in oceani (Slika 1, Preglednica 1). V tem primeru je raztopljeni ogljikov dioksid porabljen v procesu fotosinteze morskih organizmov. Tla v globalnem pogledu predstavljajo glavno zalogo različnih frakcij organske snovi, v katerih se nahaja tako organski kot anorganski ogljik.

Zaloge talnega organskega ogljika sestavljajo (Schnitzer, 1991):

- rastlinski in živalski ostanki, ki so na različnih stopnjah razgradnje;
- spojine, ki so nastale v procesih mikrobiološke ali kemične sinteze;
- mikrobna biomasa in mikrofavna in njihovi izločki.



Slika 1: Glavne zaloge ogljika (Lal, 2004)

Figure 1: Principal global carbon pools (Lal, 2004)

Preglednica 1: Okvirne globalne zaloge ogljika (Intergovernmental ..., 2001a)

Table 1: An approximate global carbon budget (Intergovernmental ..., 2001a)

Vir/ponor	1980	1990
Milijarde ton		
A. Vir		
1. Raba fosilnih goriv	5,0	6,3
2. Spremenjena raba tal	1,7	1,6
Skupaj	6,7	7,9
B. Znani ponori		
1. Atmosfera	3,3	3,2
2. Oceani	1,9	1,7
Skupaj	5,2	4,9
C. Manjkajoči ponori	1,5	3,0
(pobegli CO ₂) ali verjeten kopenski ponor		

V svetu že več kot desetletje potekajo podrobnejše raziskave s področja vezave ogljika v tla, ki so ena od vmesnih postaj v procesu kroženja tega elementa v naravi. Te raziskave imajo svoj začetek v proučevanju odzivov ekosistemov na povečano koncentracijo CO₂ v atmosferi, ki je posledica prekomerne porabe fosilnih goriv in pogostega oranja njiv, ki ga narekujejo postopki konvencionalnega kmetijstva. Hkrati je na pomenu ponovno začela pridobivati tudi vloga organske snovi v tleh. In sicer z vidika naravne rodovitnosti tal, ki je bila v preteklosti s konvencionalnim kmetijstvom (uporaba rudninskih gnojil, fitofarmacevtskih sredstev, kmetijske mehanizacije) zelo pomaknjena v ozadje zaradi prepričanja, da se ob izdatnejši uporabi rudninskih gnojil zmanjšuje pomen mineralizacije organske snovi tal za oskrbo poljščin z rastlinskimi hranili.

2.1.1 Problematika toplogrednih plinov, podnebne spremembe in vezava (sekvestracija) ogljika

Ena od okoljskih nevarnosti, ki preti našemu planetu je možnost dolgoročnih sprememb v podnebjju Zemlje in temperaturnih vzorcih, ki jih imenujemo tudi globalne podnebne spremembe. Podnebje na Zemlji se je in se še bo spreminjalo, ker človekov sodobni način življenja spreminja kemično sestavo atmosfere. Od začetka industrijske revolucije se v atmosferi povečujejo koncentracije CO₂, metana (CH₄) ter di dušikovega oksida (N₂O). Poimenovali so jih toplogredni plini in sicer zaradi njihovega učinka, ko se dvignejo v zgornjo plast atmosfere (stratosfera). Preostali trije toplogredni plini so še fluorirani ogljikovodiki, perfluorirani ogljikovodiki in žveplov heksafluorid. Energija sonca vpliva na vreme in podnebje na Zemlji ter segreva njeno površino. Tudi zemeljska površina seva in toploto, ki jo oddaja, sprejemajo toplogredni plini, ki učinkujejo podobno kot steklo pri

rastlinjakih. Zaradi efekta tople grede oziroma njenih plinov je povprečna temperatura zraka na Zemlji 15,5°C. Brez efekta tople grede taka oblika življenja kot je poznana danes na zemeljski površini ne bi bila mogoča.

Do začetka industrijske revolucije plast teh plinov v stratosferi ni bila tako obilna, da bi lahko vplivala na prekomerno segrevanje ozračja in le-to na podnebne spremembe. Sedaj je navedeni učinek teh plinov nesporno potrjen. Od začetka revolucije se je koncentracija CO₂ povečala za skoraj 30 %, koncentracija CH₄ se je podvojila in koncentracija N₂O se je povečala za 15 % (Intergovernmental ..., 2001a). Te spremembe imajo za posledico večjo lovilno sposobnost atmosfere za toploto, ki jo oddaja zemeljska površina. Zato govorimo o negativnih posledicah prisotnosti toplogrednih plinov. Kljub manjšima koncentracijama CH₄ in N₂O v sestavi zraka je njun učinek zadrževanja toplote večji kot pri CO₂, in sicer za 23- krat oziroma 296- krat (Intergovernmental ..., 2001b).

Znanstvena opazovanja in meritve so pokazale, da so glavni vir povečane koncentracije CO₂ prekomerno izgorevanje fosilnih goriv in druge človekove aktivnosti. Dihanje rastlin in razgradnja organske snovi sprostita desetkrat več CO₂ kot ga sprosti človek s svojimi aktivnostmi. Vendar je bilo rastlinsko sproščanje CO₂ vedno v ravnotežju s CO₂, ki ga rastline porabijo v procesu fotosinteze. Stranski učinek človekove aktivnosti v preteklih 100 letih je krivec za povečano koncentracijo CO₂. Goriva za osebna in tovorna vozila, ogrevanje domačih in poslovnih prostorov ter termoelektrarne prispevajo kar 80 % k skupni emisiji CO₂. Povečana kmetijska produkcija, izsekavanje gozdov, melioracije, industrijska proizvodnja in premogovništvo so tudi prispevali pomembne deleže k večji koncentraciji toplogrednih plinov.

Vse organske snovi vsebujejo ogljik in vsak ekosistem (vodni ali kopenski) predstavlja tako vir kot tudi ponor tega elementa. V svetovnem merilu vsebuje organska snov tal kar tri krat več ogljika kot različne vrste rastlinske odeje (vegetacije). Zato lahko kmetijska zemljišča ob drugačnem načinu izkoriščanja od tistega, ki je sedaj pretežno uveljavljeno (konvencionalno kmetijstvo), predstavljajo velik potencial za vezavo oziroma sekvestracijo ogljika.

Bistvo sekvestracije ogljika je v tem, da ekosistem, s katerim lahko vsaj delno upravljamo (ga lahko vodimo) predstavlja večji ponor kot vir ogljika. Zato bi morali razvijati ter uvajati take postopke kmetovanja, ki bi vplivali na zmanjševanje koncentracije atmosferskega CO₂ (Kimble in sod., 2002; Follet, 2000). Bolj podrobno pomeni sekvestracija ogljika premestitev atmosferskega CO₂ s pomočjo rastlin v tla, kjer je vezan v organski snovi tal. To pomeni, da se poveča gostota organskega ogljika v tleh, njegova globinska razporeditev in stabilnost, tako da se veže na mikro agregate. Bistvena lastnost teh agregatov mora biti, da so zaščiteni pred hitro mikrobno razgradnjo (Lal, 2004).

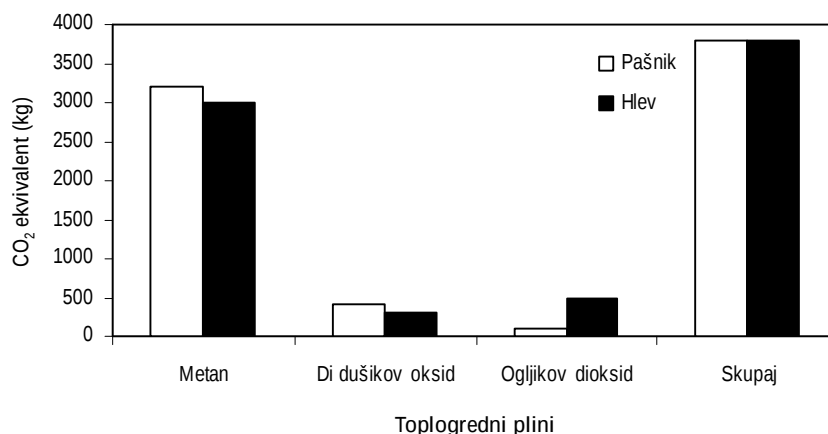
V iskanje različnih strategij sekvestracije ogljika bodo veliko finančnih sredstev in napora vložile predvsem tiste države (Združene države Amerike, Avstralija, Kanada), ki se ne nameravajo odreči uporabi fosilnih goriv. Tako že razvijajo tudi abiotske oziroma industrijske načine vnosa atmosferskega ogljikovega dioksida v matično podlago in globlje v oceane (Lal, 2002). Tudi ukrepa kot sta gojenje plantaž z drevesi in pogozdovanje marginalnih področij, ki po nekaterih izračunih (Niu in Duiker, 2006) predstavljata velik (508-540 Tg C v 20 letih) potencial za sekvestracijo ogljika nimata za okolje samo pozitivnih ekoloških učinkov. Jackson in sod. (2005) iz več kot 600 opazovanj na terenu ugotavljajo, da prevelika gozdnatost na nekem območju povzroči zmanjšanje toka površinskih voda in povečanje zasoljevanja in zakisanja tal. Zadnji dve slabi stanji tal sta posledica drugačnih zahtev po hranilih, ki jih imajo drevesne vrste. To vodi v spremembe kemijskih procesov, kar vpliva na rodovitnost in trajnost tal. Tudi domači raziskovalci (Hočevnar in sod., 2004) poročajo, da po kjotskem protokolu spontano zaraščanje ni priznано kot omilitveni ukrep. Bistveno pa se v zaraščeni pokrajini zveča poraba vode, spremenijo se (mikro) klimatske razmere ter biotska raznovrstnost in krajinska pestrost se zmanjšata (Garbulsky in sod., 2002; Schulze, 2002).

Zaradi vedno večjega družbenega zavedanja podnebnih sprememb in predvsem njihovih negativnih posledic je že pred 13 leti nastala okvirna konvencija za njihovo preprečevanje. Čez osem let ji je sledil nastanek kjotskega protokola, ki je začel veljati 16. februarja 2005, ko ga je ratificirala tudi Rusija. Države, ki so podpisnice tega protokola, med njimi tudi Slovenija, so se zavezale, da zmanjšajo koncentracijo toplogrednih plinov med 8 in 15 % pod vrednost iz leta 1990. Emisije držav, ki so sporazum ratificirale, predstavljajo 61 % globalnih emisij. Evropska komisija je ob prvi obletnici uveljavitve kjotskega protokola objavila podatek, da Slovenija zaostaja za programom zmanjševanja izpustov toplogrednih plinov in da jih bo v obdobju 2008-2012 dejansko povečala za 4,9 % (Slovenija ..., 2006). Kljub vzpodbudnim slovenskim zagotovilom, da se to ne bo zgodilo, se postavlja vprašanje, kako nadaljevati z razvojem gospodarstva na našem območju, da bodo dogovorjene obveze zmanjševanja emisij toplogrednih plinov dejansko izpolnjene.

2.1.2 Raba kmetijskih zemljišč, sekvestracija ogljika in organska snov tal

Kmetijstvo vpliva s svojo široko paleto rabe zemljišč in posledično tudi rejo živali na okolje tako, da je le-to lahko vir ali ponor ogljika. Z uporabo fosilnih goriv je kmetijstvo poleg ostale industrije, udeležno pri izpustu CO₂. Manj je znanega o tem, da kmetijstvo prispeva tudi svoj delež k koncentraciji metana in di dušikovega oksida v zraku, prvi plin samo v procesu rastlinske produkcije in oba plina skupaj v živinorejski proizvodnji (Slika 2). Literatura navaja kot vir teh dveh plinov povečano gojenje riža in rejo prežvekovalcev glede na predindustrijsko dobo. V svetovnem merilu sta emisiji obeh plinov, ki prihajata iz

kmetijstva, ocenjeni na več kot 55 % oziroma več kot 75 % celotne količine (Intergovernmental ..., 2001b).



Slika 2: Vpliv načina reje govedi na emisije toplogrednih plinov (Schenck, 2001)

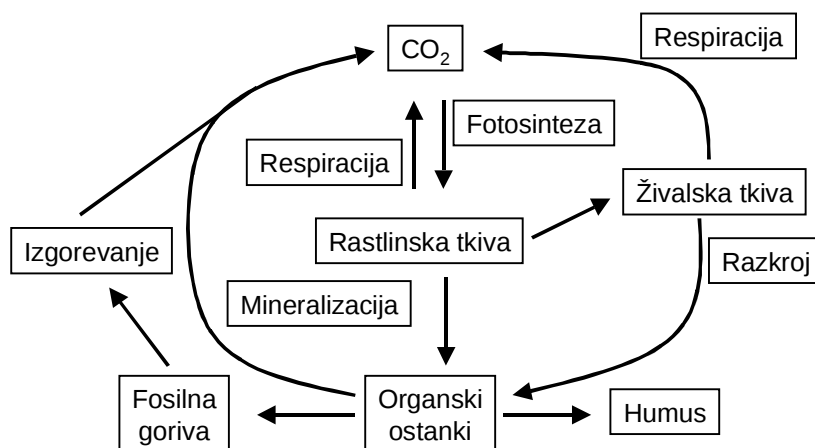
Figure 2: Influence of cattle breeding on greenhouse gas emissions (Schenck, 2001)

V procesu prebave voluminozne krme v vampu prežvekovalcev se ustvarja metan kot produkt mikrobne delovanja in ga zato živali s podrigavanjem izločijo v okolje. Vir metana in di dušikovega oksida predstavljajo tudi živinska gnojila, tako v skladiščeni obliki kot tudi če jih živali pusti na pašniku (Clark in sod., 2005). Zato iščejo raziskovalci v deželah, kjer je živinoreja pomembna gospodarska panoga, rešitve v zmanjšanju teh dveh plinov v dveh smereh, in sicer v uporabi takih rastlin za krmo prežvekovalcev, da bi bila čim manjša produkcija metana ter katalitično ali genetsko učinkovanje na fermentacijo v vampu prežvekovalca.

Tako Waghorn in sod. (2002) ter O'Hara in sod. (2003) ugotavljajo manjšo tvorbo metana, če so živali na paši zaužile več metuljnic (plazeče detelje) kot C_3 ali C_4 trave. Funkcijo redukcije plina pripisujejo kondenziranim taninom, ki jih vsebujejo nekatere trpežne zelnate rastline v večjih koncentracijah. Baker (1999) v svoji raziskavi poroča o izdelavi cepiva, ki zmanjša proces metanogeneze tako, da stimulira razvoj protiteles. Ta protitelesa zavirajo izražanje genov, ki kodirajo nastanek metanogeneze v vampu.

Na Novi Zelandiji predstavljajo izločki prežvekovalcev kar 80 % vseh emisij N_2O v kmetijstvu. Zato de Klein in Ledgard (2005) z modeliranjem ugotavljata, da se namesto gojenja travne ruše (trave) z veliko vsebnostjo dušika za pašno rejo krav molznic uporabi pridelovanje koruzne silaže. Ta vsebuje manj dušika in je znana kot energetsko bogata krma. Seveda ima taka rešitev omejeno uporabnost, saj se nahaja pretežni del travinja v območjih z omejenimi dejavniki za kmetijsko dejavnost, pridelava koruze pa poteka lahko samo na rodovitni njivski zemlji. Poleg tega je ob konvencionalni pridelavi koruze (gorivo,

herbicidi) in uporabi kot krme za prežvekovalce ustvarjenih veliko toplogrednih plinov tudi preko procesa mineralizacije organske snovi tal, ki ga še pospešimo z obračanjem zemlje (oranjem) (Slika 3).



Slika 3: Tok ogljika med biosfero in atmosfero (Doran in sod., 1996)

Figure 3: Carbon cycle between biosphere and atmosphere (Doran *et al.*, 1996)

Organska snov tal je pomembna za vzdrževanje produkcijske sposobnosti tal oziroma rodovitnosti. Je vir hranil in izboljšuje fizikalne lastnosti tal, kot so na primer struktura talnih delcev, kapaciteta tal za vodo, volumska gostota in kationska izmenjalna kapaciteta. Med organsko snov tal štejemo žive talne organizme, različno razgrajene rastlinske in živalske ostanke ter stabilizirane kompleksne organske spojine (humus).

Organska snov izvira iz biocenoze, ki naseljuje določeno območje. Rastlinski ostanki se na gozdnih tleh nabirajo predvsem na površini tal kot odmrlo listje in rastlinski deli v različnih stopnjah razgradnje. Na travnatih tleh so to podtalni ostanki odmrlih korenin in koreninski izločki. Rastline-proizvajalke primarne organske biomase in mikroorganizmi-razgrajevalci (mineralizatorji) organske biomase so tudi najpomembnejši členi kroženja ogljika v naravi in dinamike spreminjanja vsebnosti organske snovi v tleh kot delu kroženja ogljika, ki je vezan na ekosistem tal.

Talni organizmi v procesu razgradnje in transformacije organskih ostankov porabljajo organsko vezan ogljik (C_{org}) kot vir energije ter za sintezo svoje biomase (Slika 3). V omenjenih procesih lahko pride tudi do formiranja novih snovi, kot je npr. humus. Glede na dostopnost organske snovi procesom razgradnje in mineralizacije jo lahko delimo na inertno frakcijo in razgradljivo frakcijo (Koerschens, 1997). Torej velja: $C_{org} = C_{razgr} + C_{inert}$. Razgradljiva frakcija se lahko nadalje deli na stabilizirano (težje vključeno v transformacije ogljika) in aktivno organsko snov (Franko, 1997). Za določevanje optimalnih vsebnosti organske snovi v tleh je pomembno poznati predvsem vsebnost

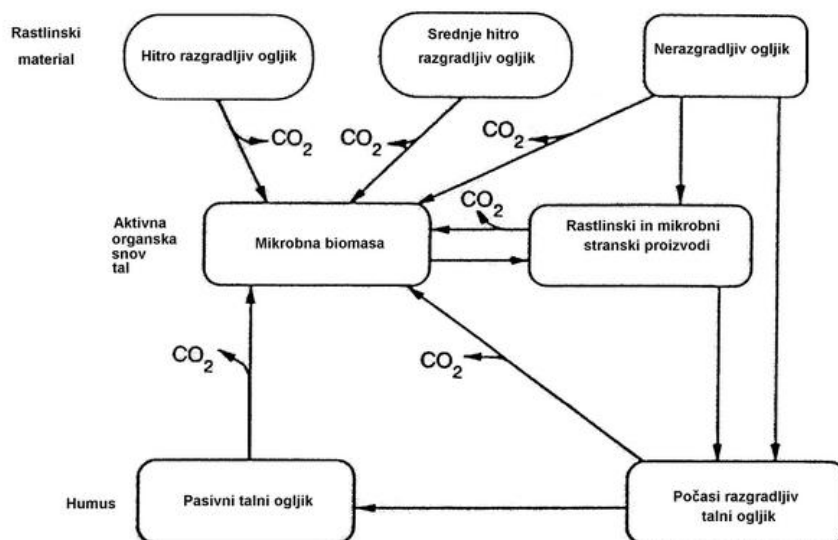
razgradljive frakcije, ki lahko v krajšem časovnem obdobju vpliva na dinamiko ogljika in dušika v tleh.

V današnjem času se pozornost pri raziskovanju kroženja ogljika usmerja predvsem v atmosferski ogljikov dioksid. Za strokovnjake o tleh pa so pomembne tudi ostale zaloge in pretoki ogljika v sistemu. Še posebno pomembno je ravnotežje med avtotrofno fiksacijo ogljika s pomočjo rastlin in dihanjem. Prvi proces transportira ogljik iz atmosfere v biosfero, drugi sprošča ogljikov dioksid nazaj v atmosfero. Večina procesa dihanja na Zemlji se dogaja v tleh. Dihanje tal predstavlja razgradnjo organskih ostankov, dihanje korenin in počasen razpad organske snovi tal. Trenutno se večina znanstvenikov pri svojih raziskavah posveča kvantificiranju dihanja tal. Od začetka 18. stoletja, ko so se začela masovna krčenja gozdnih zemljišč in so se umikala poljedelskemu načinu rabe tal, je ta način rabe zemljišč pospešil intenzivnost dihanja tal. Prav ta proces je do leta 1950 največ prispeval k povečani koncentraciji CO₂ v atmosferi (Schlesinger, 1986). Raziskovalci šele sedaj spoznavajo, da je bilo za pospešen dvig aktivnosti dihanja tal najbolj kritičnih prvih 50 let kultiviranja oziroma obdelave kmetijskih zemljišč. V tem obdobju so tla izgubila od 30 do 50 % organskega ogljika. Vseeno pa organska snov tal v mineralnih tleh ostaja glavna hramba ali ponor globalnega ogljika, saj vsebuje dvakrat več tega elementa kot atmosfera, kljub mnogo tanjši plasti oziroma skupnemu volumnu. Potemtakem lahko kakršne koli spremembe v tej zalogi ogljika drastično vplivajo na bilanco globalnega ogljika.

2.1.3 Pretok talnega ogljikovega dioksida na travnatem svetu

Tla so pomemben člen v globalnih zalogah ogljika iz večih razlogov. Tla (1500 Pg) vsebujejo dvakrat več ogljika kot atmosfera (750 Pg) (Eswaran in sod., 1993). Iz tal prihaja ogljik v atmosfero preko procesov kot sta dihanje koreninskih sistemov rastlin in razgradnje organske snovi tal, ki poteka pod nadzorom talnih mikroorganizmov (Slika 4). Ti pretvorijo organsko obliko ogljika, ki je rastlinam nedostopna, v anorgansko obliko (CO₂). Gledano po geološki skali je raztapljanje karbonatov v tleh pomemben proces, saj vsebuje zgornja, meter debela plast zemlje 722 Pg ogljika (Batjes, 1996). Gledano globalno je pretok talnega CO₂ ocenjen na 68 do 75 Pg leto⁻¹ (Raich in Schlesinger, 1992; Raich in Potter, 1995). Pretok talnega CO₂ je tudi dober indikator za aktivnost procesov, ki se dogajajo pod površjem tal in se jih na mestu opazovanja težje proučuje. Ocena za letni pretok CO₂ (Raich in Schlesinger, 1992) na travnatem svetu se giblje od 0,4 do 0,5 kg CO₂-C m⁻² leto⁻¹, v tropskih gozdovih znaša 1,3 kg CO₂-C m⁻² leto⁻¹ in v puščavah 0,2 kg CO₂-C m⁻² leto⁻¹. Na travnatem svetu so bile povprečne dnevne vrednosti pretoka CO₂ izmerjene od 0 do 6 g CO₂-C m⁻² dan⁻¹ (Buyanovsky in sod., 1987; Norman in sod., 1992). Meritve pretoka CO₂ v tleh lahko merimo s fiksnimi komorami ali premično sondo. V prvem primeru poteka merjenje v zaprtem sistemu kroženja plinov na točno določenem

mestu, pri drugem načinu merjenja merimo CO_2 na odprti vegetaciji ter na različnih mestih.



Slika 4: Vloga organizmov pri nastajanju organske snovi tal (Christman in Gjessing, 1993)

Figure 4: The role of living organisms in the production of soil organic matter (Christman and Gjessing., 1993)

Raziskovalca Mielnick in Dugas (2000) sta si za cilj raziskave zastavila letno meritev toka CO_2 v tleh travnatega sveta. Poleg tega sta želela odkriti medsebojno povezavo med tokom CO_2 v tleh, temperaturo tal in vsebnostjo vode v tleh. Meritve sta opravljala v času vegetacije v zaporedju 5 let s premično sondo premera 10 cm, ki sta jo nasadila na plastične ovratnike. Pred vsako meritvijo sta odstranila obstoječo vegetacijo ali zelinje, ki je zraslo med dvema merjenjema na zemljiščih, kjer že 30 let ni bil izveden nobeden agrotehnični ukrep. Ugotovila sta naslednje:

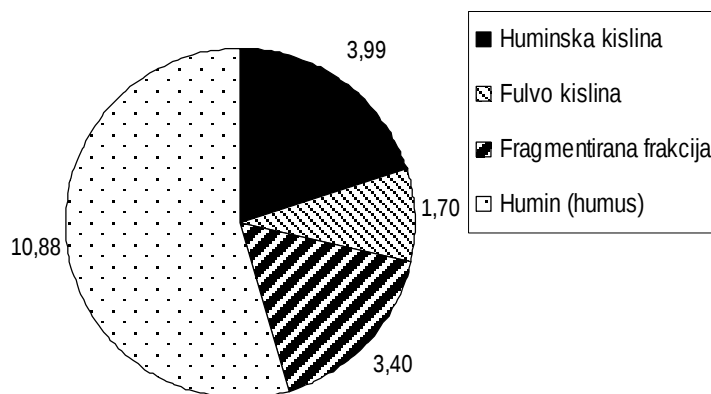
- povprečni dnevni pretok CO_2 iz tal, ki so bila pokrita z rušo, je bil $59 \mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$, med 7. in 19. uro pa $65 \mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$;
- letni ocenjeni pretoki CO_2 iz tal v obdobju od 1993 do 1998 so bili: 1,6; 1,3; 1,2; 1,0; 2,1 in $1,5 \text{ kg CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{ leto}^{-1}$;
- največji pretok plina je bil v letu z največ in najbolj enakomerno porazdeljenimi padavinami po mesecih, obratno je veljalo za najmanjši tok;
- potek pretoka CO_2 skozi leto je bil bolj odvisen od spreminjanja temperature tal kot od poteka sprememb v vsebnosti vode v tleh;
- 46 % variabilnosti toka CO_2 iz tal je bilo pojasnjenih z eksponentno odvisnostjo od temperature tal;
- povezava izračunana z nelinearno regresijo med vsemi tremi merjenimi parametri je bila naslednja:

- pretok CO_2 ($\text{g CO}_2\text{-C m}^{-2}\text{dan}^{-1}$) = $(6,42 * e^{0,087 * T}) * 2,12 * (\Phi_v - 0,10) * (0,7 - \Phi_v)^{1,46}$, kjer je T =temperatura tal in Φ_v = volumenska vsebnost vode.

Na koncu raziskovalca ugotavljata, da je pretok CO_2 v sistemu tla-rastlina rezultat različnih abiotских in biotskih dejavnikov. Povezava med temperaturo tal, vsebnostjo vode in pretokom CO_2 , ob hkratni odsotnosti nadzemne biomase, njene razvojne faze in morfologije daje zadovoljive rezultate pri napovedovanju pretoka CO_2 na travnatem svetu.

2.1.4 Glomalin in njegova vloga v tleh

Potem ko talni mikroorganizmi razgradijo organsko snov, se večina ogljika izloči kot ogljikov dioksid ali je vgrajen v mikrobno biomaso. Kljub temu pa majhen delež ogljika ostane vezan v tleh kot organska snov tal. Organska snov tal ima veliko pozitivnih lastnosti in kljub temu da jo je v tleh okoli 5 % (njive), igra pomembno vlogo pri rodovitnosti tal. Organska snov tal lahko razdelimo na dva dela, in sicer v nehuminsko in huminsko frakcijo. Nehuminsko frakcijo ali organske ostanke sestavljajo nespremenjeni ostanki rastlin, živali in mikroorganizmov in lahko predstavljajo do 20 % celotne organske snovi tal. Predno se določa vsebnost organske snovi v vzorcu tal, se le-tega preseje, da se izloči nehuminsko frakcijo. Preostalih 80 do 100 % organske snovi predstavlja huminska frakcija (Slika 5). Zanja je značilna velika molekulska teža, črna do rjava barva, visoka odpornost na razgradnjo, saj nastane v procesih sekundarnega metabolizma organizmov. Vsebuje okoli 55 % ogljika, 4,5 % dušika in 1 % žvepla ter spreminjajočo količino fosforja in kovin.



Slika 5: Vsebnost organskega ogljika (mg g^{-1} tal) v različnih komponentah dela organske snovi tal (Paul in sod., 1996)

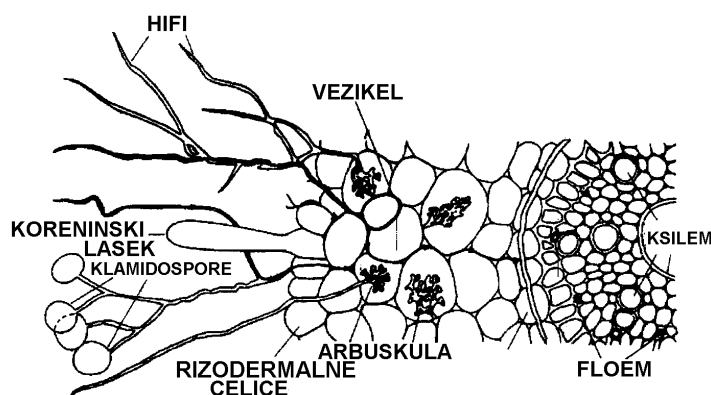
Figure 5: Organic carbon content (mg g^{-1} of soil) in different components of soil organic matter (Paul *et al.*, 1996)

Osnovna aktivnost talnih mikroorganizmov kot tudi ostalih živih organizmov je preživetje in nadaljevanje vrste s pomočjo razmnoževanja. Talni mikroorganizmi koristijo komponente ostankov kot vir energije ter kot vir ogljika pri sintezi svojih celic. Energija se transportira v celice mikroorganizmov preko oksidacije organskih komponent. Glavni stranski proizvod je CO₂, ki se sprošča nazaj v atmosfero. Mikroorganizmi v tleh opravljajo nalogo, ki jo lahko poimenujemo s tremi podobnimi pojmi in sicer:

- razgradnja, kjer gre za razpad kompleksnih komponent v enostavne s pomočjo metabolizma mikroorganizmov;
- mineralizacija, ki je proces preoblikovanja organske oblike elementa v anorgansko obliko pri mikrobni razgradnji;
- pri nastanku ATP-ja pri dihanju so organske komponente primarni donorji elektronov.

V tleh rastline kontaktirajo z okoljem preko površine, ki tesno obdaja vse absorpcijsko aktivne korenine, torej preko rizosfere z njeno bogato floro. Nekatere od talnih gliv so specializirane, da naselijo rastlinske korenine in z njimi tvorijo simbiotski organ, mikorizo. Za to simbiozo je značilna obojestranska korist oziroma transport hranil. Ogljikovi hidrati kot produkt fotosinteze potujejo h glivam, v obratno smer pa hranila iz tal. Hife gliv sprejemajo hranila iz talne raztopine, ki jih transportirajo v korenine rastlin. Na ta način mikoriza poveča aktivno absorpcijsko površino rastlinskih korenin. V tleh, ki so slabo založena s hranili ali pa primanjkuje vlage, lahko hranila, ki so prišla v rastlino preko mikorize celo izboljšajo rast in razmnoževanje rastlin. Ocenjeno je, da kar 95 % kopenskih rastlin oblikuje simbiotsko asociacijo z glivami (Harley JL in Harley EL, 1987).

Med travami in metuljnicami je najznačilnejša vezikularno arbuskularna mikoriza. Glive arbuskularne mikorize (AM) spadajo v red *Glomales* in oblikujejo zelo razvejane strukture, imenovane arbuskule, znotraj kortikalnih celic korenin. Arbuskuli (Slika 6) so najbolj specifična AM struktura in so mesto izmenjave hranil med rastlino in glivo. Ponavadi živijo samo 15 dni in jih je težko videti v vzorcih, nabranih na zemljiščih. Vezikli (Slika 6) so kroglaste ali ovalne oblike. Nastanejo z nabrekanjem interkalarne ali terminalne hife AM glive (Harrier in Watson, 2003). Glive arbuskularne mikorize prispevajo veliko k rudninski prehrani rastlin, še posebno pri preskrbovanju gostiteljice s fosforjem. Rastline s to mikorizo so bolj preskrbljene s fosforjem kot nemikorizne rastline. Gliva začne svojo rast med kortikalnimi celicami, kmalu pa prodre skozi celično steno gostiteljeve celice in raste v njeni notranjosti (Slika 6).



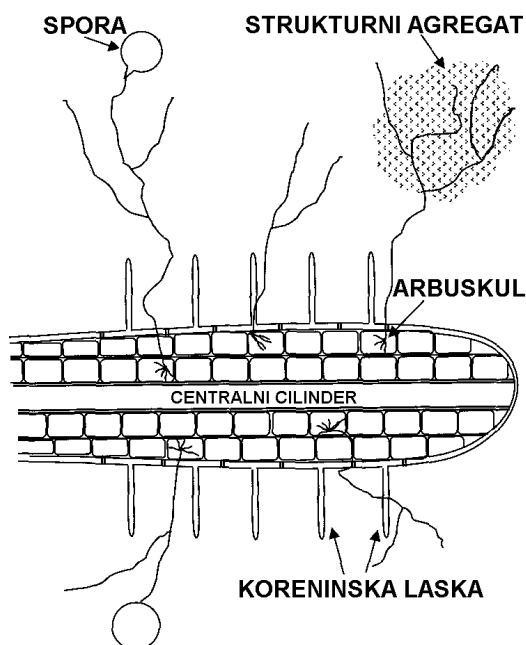
Slika 6: Vezikularno arbuskularna mikoriza (Harrier in Watson, 2003)

Figure 6: Vesicular arbuscular mycorrhiza (Harrier and Watson, 2003)

Kolonizacija mikoriznih gliv pospeši rast rastline ali pa jo zavre. Dejavniki, ki določajo uspešnost AM so: odvisnost glive od gostiteljice rastline, stanje hranil v tleh in zmožnost inokuluma glive, da inficira rastlino. Na uspešnost mikorize oziroma populacijo gliv v tleh vplivajo tudi obdelava tal, kolobarjenje in praha. Pomembna vloga AM micelija je transport ogljika v mikorizno asociacijo. Ker so AM glive heterotrofni organizmi, dobijo ogljikove hidrate, ki jih potrebujejo za rast, od gostiteljske rastline. AM gliva dobljene ogljikove hidrate razgradi in jih porabi za življenjske procese, velik del pa jih pretvori v rezervne substance (glikogen, lipidi) (Rillig, 2004a).

Ko so Wright in sod. (1996) prvič poročali o odkritju velikih količin neznanega talnega glikoproteina, je dobila AM dodaten pomen. S sodelavci (Wright in Upadhyaya, 1998; Wright in sod., 1998) so namreč ugotovili, da je tvorec tega proteina prav gliva, ki ima simbiozo z rastlinami. Poimenovali so ga glomalin, ker so ga proizvedle glive iz rodu *Glomales*. Glomalin (Wright in sod., 1996) je postal zanimiv predvsem zato, ker vsebuje veliko količino ogljika in deluje v tleh kot lepilo za strukturne agregate (Rillig, 2003). Njegova naloga je tudi, da ščiti hife oziroma tanke nitke gliv pred izgubo hranil ter da utrdi talne delce, da ne prihaja do erozije rodovitne zemlje.

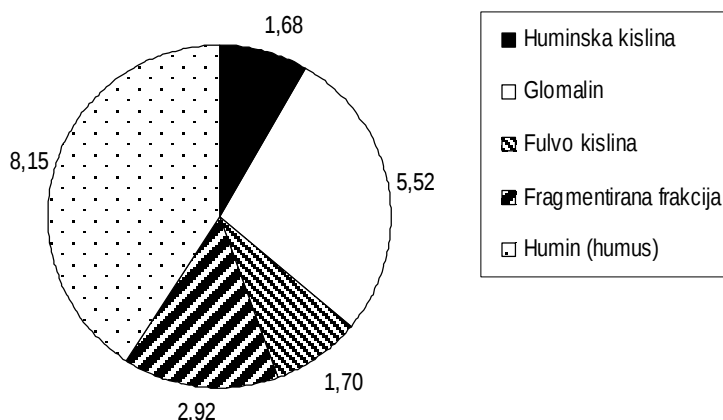
Glomalin je v osnovi glikoproteid, kar pomeni, da ga sestavljata proteinska in ogljikohidratna podenota. Vsebuje lahko od 30 do 40 odstotkov ogljika, ki se nahaja v obeh podenotah. V naravni obliki je netopen v vodi in hidrofoben. Koncentracija glomalina v tleh kaže na prisotnost arbuskularnih mikoriznih gliv na nekem območju v daljšem časovnem obdobju. Najenostavneje ga v vzorcih ekstrakta določimo spektrofotometrično s posebnim barvilom, ki obarva njegov proteinski del (Maček in Vodnik, 2005; Maček, 2004). V prvem ekstraktu dobimo lahko dostopni glomalin (EEG) in v vseh naslednjih ekstraktih dokler se raztopina ne razbarva govorimo o skupnem glomalinu (TG). Vloga, ki jo pripisujejo glomalinu je predvsem ta, da naj bi ugodno vplival na strukturne agregate in strukturo tal (Slika 7).



Slika 7: Nastanek strukturnega agregata na hifah arbuskularno mikorizne glive, ki izloča glomalin (Nichols in Wright, 2004)

Figure 7: Formation of structural aggregate on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi which secretes glomalin (Nichols and Wright, 2004)

Lutgen in sod. (2003) so v svojo raziskavo kroženja ogljika na travnatem svetu vključili proučevanje arbuskularne mikorize in njenega produkta, ki je glomalin. Vsebnost glomalina v tleh predstavlja pomembno informacijo o prisotnosti AM gliv na nekem rastišču v daljšem časovnem obdobju. Ko so določevali lahko dostopni (EEG) in skupni glomalin (TG) v tleh so zaključili, da ni bistvenih nihanj v vsebnosti glomalina preko sezone. Vrednosti so se gibale okoli 2 mg EEG in 8 mg TG g⁻¹ tal. Tudi Lovelock in sod. (2004) je zanimalo kakšne so količine glomalina v različnih tipih tal. Vrednosti, ki so jih dobili so se gibale med 2 in 14 mg skupnega glomalina in celo do 69 mg na gram tal (Nichols in Wright, 2004). Večje količine glomalina so dobili v tleh, kjer ne poteka nobena kmetijska raba, saj v takih tleh ne poteka razgradnja, ni vnosa rudninskega fosforja, odsotnost obdelave tal pa ne poškoduje hifnih mrež. Z določitvijo glomalina v tleh so se pojavila tudi ugibanja glede razporeditve organskega ogljika v različnih frakcijah organske snovi. Tako Nichols (2003) v raziskavi o vsebnosti organskega ogljika v tleh dobi drugačno razporeditev tega elementa v frakcijah, kot je veljala do takrat (Slika 8).

Slika 8: Razporeditev organskega ogljika (mg g⁻¹ tal) med frakcijami organske snovi tal (Nichols, 2003)Figure 8: Arrangement of soil carbon (mg g⁻¹ of soil) among fractions of soil organic matter (Nichols, 2003)

Nekateri raziskovalci (Ryan in Graham, 2002; Miller in Jastrow, 2000) so mnenja, da lahko arbuskularna mikoriza igra glavno vlogo v ekološko sprejemljivi pridelavi v vseh vejah rastlinske produkcije. Ta predpostavka temelji na splošni ugotovitvi, da se sestava tal na kmetijskih zemljiščih z vidika mikrobiološko uravnovešenega stanja naravnega ekosistema slabša že od začetka 19. stoletja. Gre za zmanjšanje naravne rodovitnosti tal zaradi gojenja monokultur, preobsežnega vnosa fitofarmaceutskih sredstev in rudninskih gnojil, erozije ter odvzemanja organskega materiala ob pobiranju pridelka in pospešeni razgradnji brez nadomeščanja. Eden od načinov trajnostne rabe kmetijskih zemljišč mora izhajati tudi iz načela, da rudnine, ki hranijo rastline, prehranjujejo tudi mikrobe v tleh (Drinkwater in sod., 1998; Ellis, 1995; Douds in Millner, 1999).

2.2 SEKVESTRACIJA OGLJIKA NA TRAVNATEM SVETU

Raziskave s področja pomena kmetijskih zemljišč za sekvestracijo ogljika so se razširile v glavnem potem, ko je postalo jasno, da omejevanje porabe fosilnih goriv ne bo dalo zadovoljivih rezultatov v smislu zmanjševanja škodljivega učinka toplogrednih plinov (Lal, 2002). Tla na travnatem svetu (Preglednica 2) imajo po ugotovitvah mnogih raziskovalcev (Post in sod., 2000; Reeder in Schuman, 2002; Smith, 2004) večji potencial za vezavo ogljika kot njivska tla, ki jih vsako leto z oranjem obračamo in s tem pospešujemo mineralizacijo organske snovi tal. Čeprav na ta način ter s spremljajočimi agrotehničnimi ukrepi na njivah proizvajamo del hrane za ljudi in krme za živali, pa tako obsežne produkcije hrane v Evropi ne potrebujemo več. Mehanizmi skupne evropske kmetijske politike jo namreč že več desetletij omejujejo. Te omejitve se kažejo predvsem v različnih oblikah podpor ali neposrednih plačil (subvencij). Dolgotrajno povečevanje rastlinske produkcije na enoto površine in časa ter negativni učinki globalizacije so Rounsevilla in sod. (2005) v svojih napovedih o obsegu kmetijskih zemljišč v 15 državah

Evropske unije v obdobju do leta 2080 pripeljali do zaključka, da se bo obseg te skupine zemljišč zmanjšal celo za 50 odstotkov. Tudi Smith (2004), ki sicer njivam v Evropi (EU 15) pripisuje pomembno vlogo (globalni prispevek okoli 1 %) pri sekvestraciji ogljika že v naslednjem letu (Smith in sod., 2005), poda drugačen zaključek. Ker je bila sekvestracija ogljika na njivskih tleh v obdobju med 1990 in 2000 majhna ali celo negativna, napoveduje da bo le-ta do leta 2010 ponovno zanemarljiva.

Preglednica 2: Ocene zalog organskega ogljika v tleh (Lal, 2004)

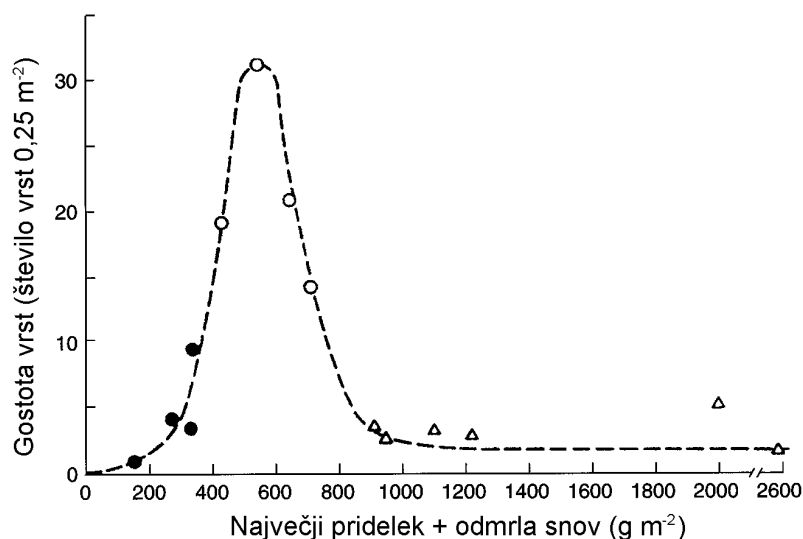
Table 2: Estimates of soil organic carbon pool (Lal, 2004)

Ekosistem	Površina (10 ⁹ ha)	Organski ogljik tal (milijarde ton C)	Gostota organskega ogljika tal (tone C ha ⁻¹)
Gozdovi			
- tropski	1,76	213-216	121-123
- zmerni	1,04	100-153	96-147
- borealni	1,37	338-471	247-344
Tropske savane in travišča	2,25	247-264	110-117
Zmerna travišča in grmišča	1,25	176-295	141-236
Tundra	0,95	115-121	121-127
Puščave in pol puščave	4,55	159-191	35-42
Njive	1,60	128-165	80-103
Mokrišča	0,35	225	643

Poznavanje sekvestracije organskega ogljika na travnatih tleh ni tako razširjeno in enostavno zaradi dejavnikov kot so: obsežna geografska in podnebna variabilnost, kompleksnost delovanja rastlinskih združb, ki se spreminjajo od monokultur do množice vrst, prisotnost in obseg fiksacije atmosferskega dušika, paša različnih vrst, kategorij in števila živali ter košnja in vnos rudninskih hranil (Follet in Schuman, 2005).

2.2.1 Pestrost in proizvodnost travne ruše

O proizvodnosti ruše govorimo v kmetijskem smislu kot o tisti lastnosti ruše, ko manjše število dominantnih rastlin povečuje skozi rastno sezono svojo maso. Velika pestrost ruše, na drugi strani pomeni enakomerno zastopanost (obilnost) vseh prisotnih vrst v ruši. Slika 9 prikazuje, kako sta proizvodnost in pestrost (gostota) vrst med seboj povezani. Pri zelo veliki proizvodnosti (1000 g m⁻² ZSS) obstanejo samo tiste rastline, ki so najbolj zmožne tekmovanja, kar vpliva na manjšo pestrost ruše.



Slika 9: Razmerje med proizvodnostjo in vrstno gostoto v treh različnih habitatih (š -travinje, ~ -gozd, r -grmišča) (Al-Mufti in sod., 1977)

Figure 9: The relationship between maximum standing crop plus litter and species density (š -grasslands, ~ -woodlands, r -tall herbs (Al-Mufti *et al.*, 1977)

Kadar je stopnja proizvodnosti ruše manjša, ustvarja stres praznine med tekmovalnimi rastlinami in zato se naselijo tudi manj tekmovalne rastline. To lahko vodi v drugo skrajnost, ko zaradi hudega stresa pestrost ponovno pade.

Pestrost ruše na travnatem svetu spreminjamo s košnjo ali pašo. Predvsem tam, kjer je v preteklosti potekala nenadzorovana paša ene vrste domačih živali in košnja v hribovitem svetu (Švica) raziskovalci ugotavljajo, da paša zmanjša, košna raba pa povečuje pestrost ruše. Tako so se na zemljiščih, kjer že več kot 60 let poteka paša, zmanjšali Shannonova mera pestrosti, mera izenačenosti rastlin in delež večletnih rastlin ter povečal delež trav (Fisher in Wipf, 2002).

V botanični pestrosti je vrh dosežen, kadar fizična struktura ruše ustvari take niše, v katerih se vse tri strategije uspevanja rastlin v ruši med seboj prekrivajo (Chapman, 2001). Do tega pride, ko je ruša majhne ali srednje proizvodnosti in se na njej nadzorovano pasejo živali.

V zadnjih letih je veliko raziskav na travni ruši usmerjenih v proučevanje procesov, ki ustvarijo in ohranjajo vrstno zelo številčno rušo (Duru in sod., 2005; Isselstein in sod., 2005). Proučevanja vzpostavljanja vrstno bogate ruše potekajo bodisi na opuščanih njivah, zaraščenih travnikih in pašnikih bodisi na intenzivno rabljenem travinju. V vseh primerih dobijo taka zemljišča najprej predznak majhne ali neproizvodne funkcije, ki imajo zato veliko večjo vrednost iz estetskega in ekološkega vidika. Ta naj bi vzdrževali z majhnimi vložki oziroma ekstenzivno, kar pomeni da zemljišča niso deležna nobene obdelave tal, vnešeno je malo ali nič rudninskih gnojil in tudi gostota zasedbe z živalmi naj bi bila

majhna. Seveda pa (Isselstein in sod., 2005) mora biti ves čas prisotna tudi defoliacija oziroma odstranjevanje zelinja, ali s košnjo ali s pašo. Tudi Plantureux in sod. (2005) označijo proizvodno visoko travinje, na katerem prevladujejo tri ali štiri rastlinske vrste, kot ekološko reven življenjski prostor (habitat) za favno in floro ter predlagajo pašo goveda in njene posledice na takih zemljiščih kot rešitev za ustvarjanje razmer v ruši pri katerih se bodo po naravni poti v rušo ponovno naselile tudi druge rastlinske vrste.

2.2.2 Hranila in rodovitnost tal na travinju

S pojavom okoljskih ukrepov kot dela subvencioniranja kmetijske proizvodnje v EU se je spremenila tudi skrb za tisti del okolja oziroma kulturne krajine, s katero upravljajo kmetje predvsem tako, da s svojo dejavnostjo čim manj obremenjujejo vitalne dele okolja (tla, podtalnica, atmosfera). Pojav pojma dobre kmetijske prakse in tudi aktivnosti, ki so povezane s tem, nakazujejo večjo ozaveščenost tako zakonodajalcev kot tudi izvajalcev ukrepov. Med ukrepi dobre kmetijske prakse je tudi varstvo tal oziroma vnos hranil v tla. Kmetijska zemljišča naj bi v načelu gnojili toliko, kolikor v obliki hranil odnesemo s pridelki, oziroma kolikor lahko prenesejo tla, da se hkrati ne pozna negativen vpliv vnosa predvsem rudninskih gnojil (dušik, fosfor). Za travnati svet Slovenije velja, da je bilo v preteklosti več hranil odnešenih, kot jih je bilo vrnjenih nazaj. Zato bi morali sedaj prav s povečano pašno rejo živali, ki so večinoma vhlavljenе, to napako popraviti. S tem bi dosegli tudi pozitivne učinke drugih dveh lastnosti paše, in sicer žetve zelinja in gaženja tal. To pa je tudi eno od načel trajnostnega kmetovanja, ki ga kot perspektivno obliko živinoreje opisujejo tudi Osterc in sod. (2004). Ukrepa, ki sta najbolj nujna na zemljiščih krasa in hribovitega sveta v smeri pašne rabe, sta gnojenje s fosforjem in apnjenje ter občasno tudi z žveplom (Vidrih T, 2003). Optimalna oskrba s fosforjem omogoči boljše uveljavljanje metuljnic, predvsem plazeče detelje, v ruši in vnos kalcija, izboljša reakcijo tal in s tem posledično tudi boljšo dostopnost mnogih hranil za rastline. Tudi žveplo ima pomembno vlogo pri fiksaciji dušika v tleh.

Philipp in sod. (2004) v poskusu gnojenja s fosforjem na pridelek zelinja v združbi visoke pahovke ugotavljajo, da se pridelek in vsebnost fosforja v krmi značilno zmanjšata, kadar je gnojeno z manj kot 1/3 tiste količine tega hranila, ki ga odnesemo v obliki mrve. Zabeležili so tudi padec deleža metuljnic v postopku, kjer ni bilo gnojeno s fosforjem.

Proučevanje povezav med vsebnostjo hranil v tleh in pestrostjo travne ruše je tema mnogih raziskav. Tako so Janssens in sod. (1998) na podlagi 281 mest vzorčenja tal in ruše na trajnem travinju prišli do zaključkov, da je bilo največje število (20 vrst 100 m⁻²) najdeno tam, kjer so tla vsebovala največ 5 mg 100 g⁻¹ P₂O₅ in 15 do 20 mg 100 g⁻¹ K₂O po AL metodi. Ruša, ki ima večjo pestrost, lahko poveča sprejem hranil iz tal in prenos skozi rastlinsko odejo v živali. To ji omogočajo rastline s svojimi različnimi funkcionalnimi tipi

kot so: fiksacija atmosferskega dušika, črpanje hranil iz večjih globin in odsotnost izpiranja hranil v podtalnico (Scherer-Lorenzen in sod., 2003).

2.2.3 Paša domačih živali in sekvestracija ogljika

Conant in sod. (2001) poročajo o tem, da tudi različna raba travnatega sveta vpliva na lastnosti teh zemljišč za ponor ogljika. Tako naj bi ukrepi izboljšane upravljanja s travnatimi zemljišči povečali zaloge ogljika tudi do 5 %. Med te ukrepe štejejo vsejavanje rodovitnejših sort trav in metuljnic, gnojenje s fosforjem, nadzorovano pašo domačih živali in vnos deževnikov v tla. Obseg sekvestracije ogljika ob prej upoštevanih ukrepih bi bil med 0,11 in 3,04 t C ha⁻¹ leto⁻¹, s povprečjem 0,54 t C ha⁻¹ leto⁻¹.

Tudi pri nadzorovani paši domačih živali ima obtežba pašnika značilen vpliv na sekvestracijo ogljika. Tako Reeder in Schuman (2002) poročata, da so tla, kjer je potekala paša ob veliki obtežbi na globini do 30 cm, vsebovala več ogljika kot tista z majhno obtežbo ali kjer paša ni potekala. To naj bi bila posledica izdatnejšega povečanja mase korenin. Osnovni pogoj za hiter prirast mase asimilacijskega tkiva, ki sledi vsaki defoliaciji nadzemnih delov rastlin ruše, je kontinuirana oskrba rastlin z dušikom. To povečuje učinkovitost fotosinteze, posledično pa je vezanega tudi več ogljika. Avtorja zaključujeta, da je paša ob srednji obtežbi, kljub manjši sekvestraciji ogljika, bolj primerna, kadar upoštevamo tudi vidika pestrosti in pridelovalne zmogljivosti ruše.

Schuman in sod. (1999) so si za cilj raziskave postavili ovrednotenje vpliva 12 letne paše pri treh stopnjah obtežbe na rastlinsko biomaso, botanično sestavo ruše in kroženje ogljika. Prišli so do naslednjih zaključkov:

- paša je povečala količino ogljika v območju korenin (0-30 cm) od 6000 do 9000 kg ha⁻¹ ogljika v primerjavi z nepašenimi zemljišči (Preglednica 3);
- to povečanje so razložili kot prerazporejanje ogljika v globine do 60 cm, povečano kroženje ogljika in zmanjšanje izgub iz sistema tla-rastlina;
- trave se odzovejo na povečano obtežbo (število živali ha⁻¹) s tem, da še hitreje proizvajajo zeleno maso, pri čemer se več ogljika transportira v liste, manj pa v korenine;
- paša pospešuje nadzemno proizvodnjo fitomerov (osnovnih rastnih enot pri travah), razraščanje in tvorbo rizomov, torej organov, ki jih trava uporablja pri plazeči razrasti;
- paša pospešuje kroženje ogljika iz nadzemne mase v tla, saj hitreje potekata procesa razpada in vnosa rastlinskega materiala;
- učinek favne tal (deževniki) pri mešanju in premeščanju organske snovi iz površja v nižje plasti tal;

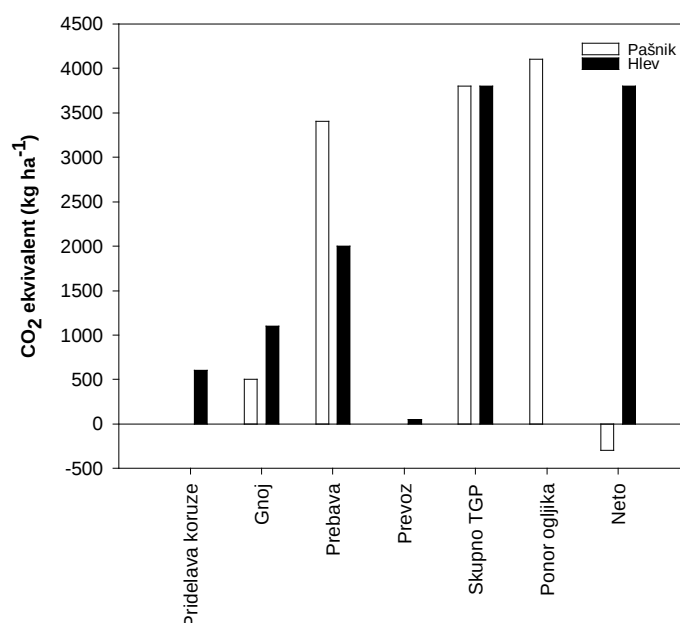
- pri zagotavljanju dolgotrajne trpežnosti sistema travnatega sveta igra paša pomembno vlogo, zaradi česar je zmanjšana potreba po obnovi ruše z oranjem zemlje.

Preglednica 3: Vsebnost ogljika v različnih delih ruše in tleh v odvisnosti od intenzivnosti paše (Schuman in sod., 1999).

Table 3: Mass of carbon from vegetation components and soil as affected by stocking rate (Schuman *et al.*, 1999)

Deli ruše	Nepašeno (kg ha ⁻¹)	Majhna obtežba pašnika (kg ha ⁻¹)	Velika obtežba pašnika (kg ha ⁻¹)
Nadzemna masa			
Zelinje	587	535	355
Suho	206	209	0
Odmrlo	809	533	394
C v nadzemni odmrli snovi	1015	742	394
Skupni C v nadzemni masi	1602	1277	749
Korenine			
0-15 cm	7166	6011	5763
15-30 cm	1244	1646	1312
30-60 cm	379	504	346
Skupaj C v koreninah	8789	8161	7421
Skupaj C v rastlini	10391	9438	8170
Profil tal			
0-3,8 cm	9595	12675	12000
3,8-7,6 cm	5906	7457	8478
7,6-15 cm	12662	15009	15472
Skupaj talni C (0-15 cm)	28163	35141	35950
15-30 cm	19761	22847	22348
Skupaj talni C (0-30)	47924	57988	58298
30-45 cm	22932	20353	25281
45-60 cm	17291	13595	17689
Skupaj talni C (0-60 cm)	88147	91936	101268
Skupaj C v ekosistemu			
Do 30 cm	58315	67426	66468
Do 60 cm	98538	101374	109438

Franzluebbbers in sod. (2000) ugotavljajo, da je na splošno sekvestracija ogljika na pašnem travinju večja kot na košenem travinju. Zaključijo, da povečano sekvestracijo ogljika na suhih traviščih dosežemo z nadzorovano (čas trajanje zasedbe) pašo živali, vnosom trpežnih metuljnic v rušo in nadzorom nad nezaželenimi rastlinami. Prav tako omenjajo kot možna ugodna ukrepa tudi apnjenje in gnojenje s fosforjem. Vendar, na drugi strani, prav za suha travišča Ridley (1990), Haynes in Williams (1992) odsvetujejo povečan vnos mineralnega dušika. Kljub temu da se ob uporabi tega postopka ruša odzove s povečano proizvodnjo mase zelinja, le-ta nima vpliva na povečanje organskega ogljika v tleh. Vzrok je v manjši proizvodnji koreninskega sistema (Schnabel in sod., 2001). Schenck (2001) ugotovi, da obstaja med hlevsko in pašno rejo govedi velika razlika v proizvodnji toplogrednih plinov (Slika 10), izraženih v ekvivalentu CO_2 .



Slika 10: Vpliv načina reje govedi na sekvestracijo ogljika (Schenck, 2001) (TGP= toplogredni plini)

Figure 10: Influence of cattle breeding on carbon sequestration (Schenck, 2001)

2.3 VRSTE ANALIZ VEGETACIJSKIH POPISOV NA TRAVNATEM SVETU

Na področju travništva in pašništva ni veliko standardiziranih metod ocenjevanja in merjenja in sicer zaradi različnih vzrokov kot je naprimer zapletena narava travne ruše in širokega obsega sistemov izkoriščanja teh zemljišč. Zato je potrebno razumevanje in poznavanje večih vidikov rasti in rabe zelinja. Tudi bistvene razlike v fizičnih karakteristikah in vzorcih rasti travne ruše, ki nastanejo zaradi variabilnosti med rastlinskimi vrstami in sortami, podnebja, tal, založenosti s hranili in rabo le-teh, pomenijo,

da postopki in tehnike, primerne za eno travno rušo ne ustrezajo za drugo travno rušo (Jones in sod., 1995). Druga lastnost uporabe metod in postopkov merjenja ali ocenjevanja je bila v preteklosti ta, da so bile največkrat analizirane lastnosti oziroma izidi poskusov (pridelek, višina, trpežnost, razraščanje, pokrovnost, kakovost) v poročilih raziskav in objavah v revijah obravnavane kot posamične spremenljivke (izidi) (Brown, 1954). Tretja lastnost je bila ta, da je šlo pogosto za eksperiment, kjer je bila izhodiščna populacija čim bolj uniformna (Clewes in Scarisbrick, 2001). Raziskave, ki so jih opravljali inštituti in druge raziskovalne enote v državah s prevladujočim travnatim svetom, so izhajale iz proizvodno naravnane miselnosti rabe travnatega sveta. Običajno so bili dejavniki oziroma faktorji v poskusih različne travno deteljne mešanice (TDM) ali monokulturni posevki, različni odmerki rudninskih gnojil ter načini in število rab travne ruše (košnja, paša). Obravnavanja so predstavljala različne kombinacije prej omenjenih faktorjev (Davies in sod., 1993). Analize izidov, ki jih je bilo lahko mnogo ali le nekaj, so bile podane na osnovi univariatne opisne statistike (povprečje) ali univariatne verjetnostne statistike (analiza variance) (Lemaire in sod., 2005).

Zaradi nastalih sprememb v okoljevarstveni zakonodaji, kmetijski politiki in družbenem pogledu na vlogo travnatega sveta v zadnjem desetletju so se spremenili tudi cilji raziskav. Tudi pojav pojmov kot so: habitatni tipi, kartiranje habitatov, varstveni ukrep, monitoring, omrežje Natura 2000 so pokazatelji novonastalih razmer tudi na področju upravljanja s travišči v Sloveniji (Jogan in sod., 2004; Čušin, 2004). Iz strogo proizvodno naravnanih ciljev raziskav na sejanem travinju je sedaj mnogo raziskovalcev travinja usmerjenih v proučevanje ekoloških (tla, hranila, mikrobi) in neproizvodnih (število vrst, pestrost, podobnost ruše) funkcij trajnega (naravnega) travinja (Tallowin in sod., 2005; Rook in Tallowin, 2003). Tudi travna ruša, ki je vrstno revna (majhno število vrst) ni več objekt tako intenzivnega proučevanja, kot je vrstno številčnejša ruša. Tako Isselstein (2005) objavi pregled raziskav, ki se ukvarjajo z ekstenzifikacijo (majhni vložki) rabe ruše. V večini primerov so zaključki taki, da seveda vrstno bogate travne ruše ni tako enostavno vzpostaviti, potem ko so bile v taki ruši mnogo let le tri ali štiri vrste in so bile uporabljene velike količine rudninskega gnojila, predvsem dušika.

Za proučevanje kmetijsko neproizvodnih funkcij je potrebno izbrati drugačen pristop k analizi vzorcev iz populacij travne ruše, še posebno kadar je razlaga teh funkcij v povezavi z okoljskimi dejavniki. Gre za multivariatne metode, kjer multivariaten pomeni analizo več izidov (spremenljivk) hkrati in tudi obsežnejši nabor metod, ki so na razpolago. Seveda uporaba teh metod za ekologe, biologe, gozdarje in druge raziskovalce (naravovarstveniki) ni nič novega, saj so že dolgo v uporabi kot analitsko orodje, ki se skozi čas tudi razvija (ter Braak, 1986; Kent in Coker, 1998; Lepš in Šmilauer, 2003). Lastnost novodobne analize podatkov, dobljenih v raziskavah na travnatem svetu je tudi ta, da se vključi tudi več ekoloških parametrov (tla, podnebje, nadmorska višina) (Critchley, 2002), rastlinske funkcionalne tipe (Grime, 2001) in življenjske oblike (Dierschke, 1994).

2.3.1 Mera (indeks) podobnosti in mera pestrosti

Mera podobnosti je realno število, ki pove, kako podobni sta si med seboj dve enoti (ploskvi, popisa) v pogledu njunih lastnosti. Mero (indeks) podobnosti se pogosteje računa na kvalitativnih, binarnih (prisotnost/odsotnost) in manj pogosto na kvantitativnih podatkih. Res je, da imamo v taki obliki podatka manj informacije, je pa le-ta v heterogeni ruši bolj natančna. Mero podobnosti uporabljamo pri primerjavi ruš različnih združb ali kadar sledimo spremembam v ruši iste združbe daljši čas.

Lastnosti mere podobnosti so:

- nenegativnost: $d(x,y) \geq 0$
- ničelnost: $d(x,y) = 0$
- simetričnost $d(x,y) = d(y,x)$

Z matriko podatkov razumemo tabelo, ki prikazuje število (ali količino) vrst v vsaki od vzorčnih enot (ploskev, kvadrat). Vsaka dodana vrsta ali ploskev/kvadrat predstavlja verjeten vir variabilnosti in vsaka dodana spremenljivka ali ploskev ustvari novo dimenzijo. Zato podatkom rečemo, da so multivariatni (mnogodimenzijski) in metode, s katerimi podatke obdelamo, imenujemo multivariatne analize (Digby in Kempton, 1987; Pielou, 1984).

Preglednica 4: Osnova za izračun mere podobnosti med vzorcema A in B (Lepš in Šmilauer, 2003)

Table 4: Basic table for calculating the similarity of species between samples A and B (Lepš and Šmilauer, 2003)

		Vrsta v vzorcu A	
		prisotna	odsotna
Vrsta v vzorcu B	prisotna	a	b
	odsotna	c	d

a = število vrst prisotnih v vzorcih A in B

b = število vrst prisotnih samo v vzorcu B in ne v vzorcu A

c = število vrst prisotnih samo v vzorcu A in ne v vzorcu B

d = število vrst odsotnih v vzorcih A in B

Podatek za d v Preglednici 4 za večino strokovnjakov nima nobenega pomena, saj podatek o številu vrst, ki so odsotne v obeh vzorcih v ekološkem pogledu ne nudi nobene zanimive informacije.

Za izračun mere podobnosti med vzorci/ploskvami se uporabljajo Jaccardova in Sorensenova mera podobnosti.

Jaccardova mera podobnosti (1928, cit. po Kent in Coker, 1998) se izračuna po formuli:

$$\text{Mera podobnosti } (P_j) = \frac{a}{a + b + c} \quad \dots (1)$$

Kasneje je Sorensen (1948) uporabil svojo formulo za mero podobnosti, ki je podobna Jaccardovi meri:

$$\text{Mera podobnosti } (P_s) = \frac{2a}{2a + b + c} \quad \dots (2)$$

Sorensenova mera podobnosti je bolj primerna za rabo, saj da večjo težo vrstam, ki se pojavljajo v obeh primerjalnih ploskvah (a), kot pa tistim, ki se pojavljajo samo v eni (b ali c).

Vrednosti zgornjih dveh mer podobnosti se gibljejo med 0 (popolna različnost) in 1 (popolna podobnost). S povečevanjem velikosti vzorca se povečujeta tudi obe meri podobnosti. Ker obe meri podobnosti dajeta vsem vrstam v vzorcu enako težo, so vrste, ki se pojavljajo redkeje, preveč precenjene.

Splošen izraz, ki ga uporabljamo za prikaz ocene števila rastlinskih vrst, ki se pojavljajo v ruši določenega območja, je obilnost. Lahko je izražena kot odstotek pri ocenjevanju pokrovnosti ali kot masa pri prebiranju, ki je relativni pokazatelj, ali kot populacijska gostota, ki je število individuumov na enoto površine. Grobo oceno obilnosti lahko izvedemo z delitvijo v 5 ali 10 razredov. Štetje nam da mnogo boljše rezultate, težava je le v tem, kaj štejemo kot individuum. Na pašnikih vzamemo za individuum vsak zelen živ poganjek ne glede na število korenin, pri novo zasejanih travnikih celo rastlino, ki je nastala iz enega semena in pri analizi v laboratoriju vsak del rastline, ki ima korenino oziroma ima tri korenine.

V ruši je vedno prisotno manjše število rastlin, ki zavzemajo večino prostora in veliko rastlin, ki se pojavljajo samo v presledkih. Številčnost vrst v ruši pomeni, da je na izbranem prostoru možno najti veliko vrst. Ničesar pa nam ne pove o njihovi obilnosti. Zato uporabljamo izraz pestrost kot produkt števila vrst in njihove relativne obilnosti.

Shannon-Wienerjeva mera pestrosti (1948) izraža pestrost proučevane ploskve na osnovi števila vrst ter števila, mase ali pokrovnosti osebkov vsake vrste.

$$\text{Pestrost (H')} = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \quad \dots (3)$$

s = število vrst

p_i = delež osebkov oziroma obilnost i-te vrste, izražena kot delež celotne pokrovnosti

Zatem se izračuna še mera izenačenosti. Ta nam pove, kako so vrste v ruši med seboj porazdeljene oziroma kakšna je relativna obilnost vrst. Večja kot je vrednost, bolj izenačen delež zasedajo med seboj vrste v ruši.

$$\text{Izenačenost} = \frac{\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i}{\ln s} \quad \dots (4)$$

s = število vrst

p_i = delež osebkov i-te vrste oziroma obilnost i-te vrste, izražena kot delež celotne pokrovnosti

Pestrost ali diverziteteta je funkcija števila vrst, števila osebkov posamezne vrste in njihove obilnosti. Tako ima ruša s petimi vrstami, kjer je vsaka vrsta zastopana z 20 % pokrovnosti, vrednost za izenačenost enako 1 (Spellerberg, 2005). Če ima travna ruša večjo pestrost še ne pomeni, da ima večje skupno število rastlin kot tista z manjšo pestrostjo (Magurran, 2004). Maksimalno pestrost in izenačenost ima tista ruša, v kateri je čim več vrst in je vsaka zastopana samo z enim osebkom. Večja pestrost je v ruši, kjer je 11 vrst in vsako vrsto zastopa po eden osebek, kot tista, ki ima 5 vrst in vsako zastopajo 3 osebki. Izenačenost v ruši je v obeh primerih enaka 1.

Druga, tudi pogosto uporabljena mera pestrosti, je Simpsonova mera pestrosti (Simpson, 1949). Ta temelji na verjetnosti, da bo v dveh zaporednih vzorcih/ploskvah čim več različnih vrst. Iz tega sledi, da bo v primeru, ko bo v ruši samo ena vrsta in bosta opravljena dva zaporedna popisa, vrednost za ta indeks enaka 0. Zato bo vrednost tega indeksa v vrstno zelo bogati ruši vedno blizu 1 (Shaw, 2003).

$$\text{Pestrost (D)} = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i \times p_i) \quad \dots (5)$$

s = število vrst

p_i = delež osebkov oziroma obilnost i-te vrste, izražena kot delež celotne pokrovnosti

Iz formule 5 vidimo da, gre mera pestrosti proti 1 z naraščanjem števila vrst v popisih proti neskončnosti. Z vidika pestrosti nam to nakazuje bogate razmere (neskončna pestrost).

Simpsonova mera pestrosti, ki je manj pod vplivom števila vrst, daje torej poudarek vrstam, ki so v ruši bolj obilne.

Tretja, Berger-Parkerjeva mera pestrosti (Shaw, 2003) nam pove, kakšen delež v ruši zasede najbolj obilna vrsta.

$$\text{Pestrost (d)} = \frac{N_{\max}}{N} \quad \dots (6)$$

$N_{\max}$ = število/teža/pokrovnost osebkov najobilnejše vrste

N = skupno število/teža/pokrovnost osebkov

Pojem pestrost vključuje dva parametra, in sicer število vrst (številčnost) in njihovo obilnost oziroma izenačenost (razširjenost). Vseh mer pestrosti je več kot 20 (Shaw, 2003). V prostorski skali te mere razdelimo v tri skupine, in sicer: habitatna ali α pestrost, lokalna ali β pestrost in regionalna ali χ pestrost. V tej nalogi so uporabljene mere, ki spadajo v skupino habitatne pestrosti. Simpsonova in Berger-Parkerjeva mera pestrosti bolj poudarita izenačenost vrst v ruši, medtem ko Shannonova mera pestrosti daje večjo težo številčnosti vrst. Najmanjša dobljena vrednost za Simpsonovo mero je 1 in pomeni ničelno pestrost. Navzgor mera nima omejitve. Za Berger-Parkerjevo in Shannonovo mero velja, da večja vrednost ponazarja večjo pestrost. Mera za Shannonovo izenačenost pa se lahko giblje med 0 in 1 (Spellerberg, 2005).

2.3.2 Multivariatne analize vegetacijskih popisov in ekoloških parametrov

Rezultat popisovanja flore ali vegetacije navideznega ali z mejami določenega območja (ploskev, parcela) travne ruše je tabela, v kateri so posamezne vrste navedene v svojo vrstico, njihova pojavnost ter obilnost pa sta ocenjeni v stolpcu. Tej obliki zapisa rečemo tudi tabela z multivariatnimi podatki oziroma matrika, ker je v vsakem vzorcu (stolpec) ocenjenih več spremenljivk (vrstica). Vsaka zabeležena rastlina in njena obilnost v popisu torej predstavlja izid (Kenkel, 2002). Namen uporabe multivariatnih statističnih metod pri proučevanju travne ruše je, da iz množice podatkov izluščimo vzorce pojavljanja in širjenja najdenih rastlin v ruši ter kakšna je povezava med ekološkimi (tla, hranila, voda) parametri ter rastlinami.

V ekologiji lahko vse multivariatne metode najprej razdelimo v dve skupini (Kenkel, 2002; Shaw, 2003): ordinacijsko in kanonično oziroma indirektno in direktno. V ordinacijsko skupino spadajo naslednje metode: analiza glavnih komponent (PCA), korespondenčna analiza (CA), analiza glavnih koordinat (PcoA) in brezmetrično večrazsežnostno lestvičenje (NMDS). Skupino kanoničnih metod sestavljajo: kanonična korespondenčna

analiza (CCA), redundančna analiza (RDA), kanonična korelacijska analiza (CANCOR) in kanonična diskriminantna analiza (CDA).

Analiza glavnih komponent in korespondenčna analiza sta si podobni metodi. Gre za tehniko, ki analizira medsebojno soodvisnost spremenljivk. Glavna ideja obeh metod je zmanjšanje (redukcija) števila spremenljivk. Osnovni nabor spremenljivk transformiramo (preslikamo) v množico novih (umetnih) spremenljivk, ki jih imenujemo glavne komponente. Te nove spremenljivke so linearna kombinacija osnovnih spremenljivk in nosijo v sebi kar se da velik del informacije osnovnih spremenljivk. Mera za informacijo je varianca.

Prva glavna komponenta je določena tako, da pojasni čim večji del celotne variance. Druga glavna komponenta je določena tako, da je neodvisna od prve in pojasni kar se da velik del še nepojasnjene variance. Tretja glavna komponenta je neodvisna od prvih dveh in pojasni kar se da velik del še nepojasnjene variance. Glavnih komponent je toliko, kolikor je osnovnih spremenljivk. O njih torej lahko povemo, da ohranjajo skupno variabilnost spremenljivk, so med seboj pravokotne (ortogonalne) in so urejene po padajoči velikosti variance. Če so osnovne spremenljivke dovolj povezane, imajo kasnejše glavne komponente izredno majhno varianco in jih lahko zanemarimo. Tako opišemo osnovni problem z manjšim številom novih spremenljivk. Upoštevamo le prvih nekaj glavnih komponent, ki pojasnijo pomemben del celotne variance (Legendre P in Legendre L, 1998).

Za analizo abiotskih podatkov je bolj primerna PCA metoda, ker pričakujemo normalno porazdelitev podatkov in ti podatki tudi nimajo ničelne vrednosti. Za analizo popisov rastlin (živali), ki imajo unimodalno porazdelitev, uporabljamo CA metodo, ki je hkrati tudi manj občutljiva metoda za odsotnost vrst v posameznem popisu. Metoda CCA je poskus iskanja zveze med razporeditvijo vrst ter ekološkimi faktorji in gradienti tako, da vključuje korelacije in regresije med florističnimi in ekološkimi faktorji v sami ordinacijski analizi (ter Braak, 1986).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 PREDSTAVITEV OBMOČJA RAZISKAV

Raziskave travne ruše smo opravili na območju planine Vremščica (820 m n.v., 45° 41' severne zemljepisne širine, 14° vzhodne zemljepisne dolžine) (Priloga A), in sicer na zemljiščih, na katerih že od leta 1992 poteka nadzorovana paša drobnice. Od leta 2000 naprej upravlja s temi zemljišči Center za sonaravno rekultivacijo Vremščica, Gabrče, ki je v lasti Veterinarske fakultete Univerze v Ljubljani. Raziskovalne ploskve so sestavni del treh ločenih pašnikov, ki so ograjeni s stalno večžično elektroograjo, v skupni površini 20 ha. Vsak od treh pašnikov je razdeljen na 4 ali 6 ograd. Takšno razdelitev pašnikov narekuje predvsem razgibanost zemljišča, saj se celotni pašniki razprostirajo na reliefno zelo razgibanem zemljišču in imajo južno ter jugovzhodno lego. V zadnjih petih letih se je delež zemljišč, kjer se živali pasejo nadzorovano ob elektroograji, povečeval in s tem tudi ugoden vpliv te aktivnosti na dogajanje v ruši in v tleh (Vidrih in Lobnik, 2003).

Po najnovejši klasifikaciji (Jogan in sod., 2004) spadajo pašniki na območju planine Vremščica v skupino evmediteranskih suhih travšč (Physis koda 34.5). Znotraj te skupine se večina raziskovalnih ploskev uvršča v enoto submediteransko-ilirski pašniki in suhi kamniti travniki visokega krasa z nizkim šašem in skalnim glavincem (Physis koda 34.7521S1). Prav tako spada del ploskev v enoto mezofilni pašniki (Physis koda 38.1). Večji del območja Vremščice je vključeno tudi v omrežje Natura 2000 (Priloga B) in sicer v kategorijo posebnih zaščitenih območji (SPA). Vendar del pašnikov s podobno floristično vrednostjo pod vrhom planine Vremščica in so v sklopu ostalih travšč ostaja izven območja Natura 2000. Verjetno zaradi namer gradnje veterne elektrarne v prihodnosti.

3.1.1 Matični substrat

Raziskovano območje Vremščica pokriva osnovna geološka karta merila 1:100000, list Postojna (1970). Osrednji greben Vremščice gradijo zgornje kredni in paleocenski apnenci. Jugovzhodno pobočje gradijo sedimenti eocenskega fliša. Mlajše formacije apnenčastih usedlin datirajo iz obdobja terciara. Poznane so kot kozinski skladi, ki so petrografsko zelo različni. Na apnencu so se razvile reliktno in recentne talne oblike. K prvim prištevamo rjava pokarbonatna tla, k drugim različne varietete rendzine.

3.1.2 Klima

Območje Vremščice sodi po Koppenovi klasifikaciji v zmerno toplo klimo s padavinami porazdeljenimi preko vsega leta. V svojih višjih legah prehaja v klimo hladnega gozda, ki jo označuje obilica padavin. Kvantitativno klimo opišemo z vrednostmi posameznih klimatskih elementov in sicer z njihovimi dolgoletnimi povprečnimi vrednostmi in razponi, pomembne pa so tudi njihove vrednosti v vegetacijski dobi. Te vrednosti dobimo na podlagi dolgoletnih opazovanj klimatološke mreže Slovenije (obdobje 1961-1990), na kateri leži tudi območje Vremščice. Izbrani sta bili postaji Nanos-Ravnik (915m) in Mašun (1027m). Obe postaji ležita na približno enaki nadmorski višini kot Vremščica. Dolgoletna povprečna letna temperatura zraka znaša od 5,6°C (Mašun) do 6,9°C (Nanos-Ravnik). Najhladnejši je januar, s povprečnima temperaturama zraka -3,1°C (Mašun) in -1,8°C (Nanos-Ravnik). Najtoplejši je julij s temperaturami od 14,6°C (Mašun) do 15,7°C (Nanos-Ravnik).

Trajanje sončnega obsevanja v letu znaša na tem območju 1928 ur, in sicer ima najdaljše trajanje julija (264,5 ur) in najkrajše decembra (78,3 ur). Letne energije globalnega obsevanja so od 1150 do 1200 kWh m⁻². Največje energije dobimo v juliju (do 175 kWh m⁻² in najmanjše decembra (okrog 25 kWh m⁻²). Dolgoletna povprečna letna količina padavin znaša od 1834 mm (Nanos-Ravnik) do 2041 mm (Mašun). Padavine so razporejene preko vsega leta, a jih največ pade zaradi vpliva sredozemskih ciklonov v novembru 261 mm (Mašun) in 193 mm (Nanos-Ravnik).

3.1.3 Tla

V geološkem pogledu je Vremščica grajena v glavnem iz krednih apnencev, v manjši meri iz paleocenskih apnencev. Tako so se na apnenčasti podlagi razvile sledeče talne oblike: rendzine ter rjava pokarbonatna tla, na dnu Virbašnjega dola se nahaja globok koluvij izpranih pokarbonatnih tal (Lobnik in sod., 2002).

Rendzine na apnencu so mlada, slabo razvita tla, nastala na karbonatni kamnini, ki vsebuje nad 40 % CaCO₃. Talni profil gradijo A-C ali A-R horizonti. Humusni A horizont je debel 10-30 cm. Ta talna oblika prevladuje na Vremščici. Pedološke raziskave so pokazale, da je sprsteninasta oblika rendzine najbolj razširjena. Poglavitna tlotvorna procesa sta akumulacija organske snovi in njena postopna mineralizacija. Ker je sprsteninasta rendzina obstojna oblika, sklepamo, da sta akumulacija organske snovi in njen razkroj uravnotežena. Prhninasta oblika rendzine, ki je značilna za višje ležeče predele, tukaj ni bila ugotovljena. Sprsteninasto rendzino označuje dobro izražen A horizont, ki prehaja v matično podlago neposredno ali preko vmesnega AC horizonta. V A horizontu je skoraj vedno prisoten skelet matične kamnine. Tudi površinska skalovitost je navadno velika.

Opis pedološkega profila sprsteninaste rendzine na apnencu:

- A1 0 – 16 cm, 7,5 YR 3/2, MI teksture, srednje izražene, drobno grudičaste strukture, drobljiv, svež, močno humozen, korenine zelo goste, posamezen skelet
- A2 16 – 28 cm, 7.5YR 3/2, MGI teksture, grudičast, drobljiv, humozen, okoli 5 % drobnega skeleta, gosto prekoreninjen, svež
- C 28 cm+

Zgornji horizont sprsteninaste rendzine je MI teksture. Z globino delež glin naraste, tako da ponekod A2 horizont postane težje MGI teksture. Je mrvičaste do drobno grudičaste strukture in propusten za vodo. Gornji horizonti so bogati na humusu, tudi C/N razmerje je še ugodno. pH vrednost se giblje v A1 horizontu v območju kisle reakcije 4,6 do 5,0 in v A2 horizontu naraste na 6,2. Stopnja nasičenosti tal je v A1 horizontu pod 50 %, delež Ca ionov znaša le okoli 40 %, kar kaže na procese izpiranja karbonatov iz gornjih horizontov. Delež karbonatov se z globino naglo poveča, tako, da je stopnja nasičenosti v A2 horizontu že 76 %.

Rendzine so zaradi plitvega in kamnitega profila ter strmega reliefa bolj primerne za gozdno vegetacijo. Na reliefsko manj strmih predelih, kjer je človek v več generacijskih obdobjih uspel odstraniti površinsko skalovitost in je glavni omejitveni faktor za kmetijsko rabo, danes prevladuje antropogena oblika sprsteninaste rendzine. Tukaj srečujemo travniške in pašniške površine, ki se danes že marsikje ponovno zaraščajo. Zemljišča z bolj strmim nagibom so bila tudi v preteklosti pokrita z gozdno vegetacijo.

Rjava pokarbonatna tla na apnencu so reliktna talna tvorba. Matično podlago tvorijo kredni apnenci. Največ jih je v kraških dolinah in uvalah, kamor je bil erozijsko prenešen rdeče rjav, glinast material, produkt nekdanje pedogeneze. Kot homogena talna enota se redko pojavljajo v večjih arealih. Navadno nastopajo v kompleksu z rendzino, redkeje samostojno. Njuno pojavljanje je izrazito mozaično. Profil rjavih pokarbonatnih tal gradijo A-Brz-C-R horizonti. A horizont leži neposredno na kambičnem Brz, ki navadno žepasto prehaja v C ali R horizont. Pojavljajo se v tipični in izprani obliki. Nastanek je vezan izključno na trde in čiste apnence in dolomite. Ti imajo manj kot 1 % netopnega ostanka.

Opis talnega profila izpranih rjavih pokarbonatnih tal:

- A1 0 – 8 cm, 7,5 YR 3/3, MI teksture, drobno grudičast, drobljiv, humozen, zelo gosto prekoreninjen, svež
- A2 8 – 47 cm, 7,5 YR 4/2, MI teksture, oreškaste strukture, drobljiv, humozen, srednje goste korenine, svež
- Brz1 47 – 70 cm, 7,5 YR 4/3, MGI teksture, poliedrične strukture, težje drobljiv, slabo humozen, redke korenine, svež

Brz2 70 – 100 cm+, 7,5 YR 4/4, MGI teksture, poliedrične strukture, težko drobljiv, mineralen, neprekoreninjen, svež

Tekstura je po horizontih močno variabilna in pogosto dvoplastna. Zgornji A horizonti so MI teksture. V Brz horizontih se delež gline močno poveča, tako da preidejo v teksturni razred MGI. Struktura je v A horizontu grudičasta, v Brz horizontu značilno poliedrična. Značilnost pokarbonatnih tal je neenakomerna globina, ki se običajno v obliki žepov izmenjuje s površinsko skalovitostjo.

Na območju Vremščice so pokarbonatna tla zastopana v več kartografskih enotah skupaj z rendzino. Kot samostojna kartografska enota nastopa le v dnu Virbašnjega dola. Pokarbonatna tla se pojavljajo v dveh varietetah in sicer kot tipična in izprana. Skupne fizikalno-kemične lastnosti kažejo, da so pokarbonatna tla v zgornjih horizontih meljasto ilovnata, z globino pa delež gline močno naraste in so Brz horizonti navadno težje meljasto glinasto ilovnate teksture. Ta teksturna diferenciranost je zlasti izrazita pri izpranih varietetah, kjer sta A in eluvialni E horizont teksturno mnogo lažja kot spodnji Bt horizont. Povečanje gline v spodnjih horizontih je navadno 25-30 %. Pri tipičnih pokarbonatnih tleh je reakcija tal v A horizontu zmerno kislja in v Brz horizontu navadno močno naraste. Pri izpranih varietetah so karbonati izprani tudi iz Bt horizontov in so zato običajno že močno zakisani. Zaradi izpranosti karbonatov je tudi stopnja nasičenosti zelo majhna (12-29 %). Tudi delež lahko dostopnega fosforja in kalija je zelo mali, zlasti so tla slabo preskrbljena s fosforjem. Raba rjavih pokarbonatnih tal je močno pogojena s konfiguracijo terena in površinsko skalovitostjo, ki je tudi glavni omejevalni faktor za kmetijsko rabo. Na območjih, kjer je ta izrazita, srečujemo izključno le gozdne sestoje. Z odstranitvijo skalnih osamelcev postanejo zemljišča primerna za strojno košnjo in spravilo zelinja.

3.2 NADZOROVANA PAŠA IN GNOJENJE S FOSFORJEM

V dosedanjih raziskavah ruše na območju planine Vremščica je bila pri pedoloških analizah pogosto določena majhna vsebnost fosforja v tleh (Vidrih M, 2003; Lobnik in sod. 2002, Vidrih T, 2003). Večjo vsebnost tega elementa smo določili predvsem tam, kjer so v preteklosti dodajali to hranilo v obliki rudninskih gnojil in tam, kjer so ovce na pašniku prenočevale ali kjer so pogosto počivale. Zato smo sklepali, da z nadaljevanjem dodajanja te rudnine ne moremo bistveno ovirati mikroorganizmov v funkciji, ki jo opravljajo v tleh. Predvsem so tukaj mišljene arbuskularno mikorizne glive, katerih delež lahko v tleh, ki so pretirano oskrbljena s fosforjem, izdatno pade.

Tako naj bi dodajanje fosforja takim tlem ne samo ugodno vplivalo na spremembo deleža metuljnic v ruši in posledično na maso zelinja, razpoložljivega za pašo živali, ampak tudi na uveljavljanje mikoriznih gliv, katerih produkt je glomalin. Za njega pa je dokazano, da

lahko predstavlja tudi do 30 % organske snovi v tleh (Wright, 2002; Lovelock in sod., 2004).

V letu 2004 smo na območju planine Vremščica postavili poskus gnojenja s fosforjem in preteklega vpliva paše v zasnovi slučajnih skupin (Priloga C in Č). Postopki so bili naslednji:

- 1 - pašeno in gnojeno s 30 kg ha⁻¹ N in 90 kg ha⁻¹ P;
- 2 - pašeno in gnojeno z 90 kg ha⁻¹ P;
- 3 - pašeno in gnojeno s 30 kg ha⁻¹ N, 90 kg ha⁻¹ P in 30 kg ha⁻¹ K;
- 4 - pašeno in negnojeno;
- 5 - nepašeno in negnojeno.

Vsakemu postopku je bila določena ploskev v velikosti 24 m x 32 m. Od tega so bile tri ploskve del 4. zaporedne ograde, ena ploskev je bila del 5. zaporedne ograde. Zadnja ploskev je bila del zemljišča izven pašnika. Ploskev zemljišča, ki je predstavljala enega od petih postopkov, je bila razdeljena na mrežo 12 parcel (tri parcele v vrstico in štiri v stolpec). Vsaka parcela je merila 8 m x 8 m. Znotraj vsake vrstice je bil z naključnim izborom vsaki parceli določen sistem vzorčenja nadzemne in podzemne biomase. Stolpec v mreži je predstavljal ponovitev vzorčenja (Priloga C). Tisti del zemljišča, kjer so potekala navedena proučevanja je bil ograjen z elektromrežo in v obravnavanem letu ni bil pašen.

3.3 SEZONSKO SPREMINJANJE GLOMALINA

Drugi del raziskave se je nanašal na ugotavljanje sprememb v vsebnosti glomalina v tleh. Le-te so bile odvisne od vrste tal, načina rabe in termina vzorčenja. V poskus so bile vključene štiri lokacije (Priloga Č). Od tega so bile tri v ogradah pašnikov in četrta je bila na nepašenem zemljišču (Preglednica 5).

Preglednica 5: Karakteristike obravnavanih lokacij

Table 5: Characteristics of observed locations

Lokacija	Oznaka	Vrsta tal	Raba
1	Pašnik 2	Rendzina, na apnencu, prsteninasta 100 %	Intenzivna
2	Virbašnji dol	Rjava pokarbonatna, izprana, globoka 100 %	Srednje intenzivna
3	Pašnik 3	Rendzina, na apnencu, prsteninasta 100 %	Srednje intenzivna
4	Pašnik 3 izven	Rendzina, na apnencu, prsteninasta 100 %	Nepašeno

Vzorčenje na vsaki lokaciji je vključevalo jemanje talnih vzorcev ob vrvi dolžine 15 metrov, ki je bila označena na vsake 3 metre. Ob naslednjem vzorčenju (Preglednica 6) je

bila naslednja vzorčna enota v transektu za 50 cm naprej od predhodne vzorčne enote (Priloga H).

Preglednica 6: Datumi vzorčenja tal za spremljanje glomalina v tleh skozi sezono v letu 2004

Table 6: Sampling dates of soil to track seasonal changes in glomalin content in year 2004

Zap. vzorčenje	Datum vzorčenja	Zap. vzorčenje	Datum vzorčenja
1.	8. junij	7.	30. avgust
2.	15. junij	8.	20. september
3.	28. junij	9.	5. oktober
4.	12. julij	10.	19. oktober
5.	26. julij	11.	28. oktober
6.	9. avgust		

3.4 METODE DELA

3.4.1 Merjenje mase zelinja, korenin in ogljika v ruši

Maso zelinja in korenin smo določevali z neposrednima metodama. Vzorec zelinja, porezan s škarjami in v mejah kovinskega okvirja s površino 0,25 m², smo v jutasti vreči posušili pri temperaturi 60°C do konstantne teže (Mannetje in Jones, 2000) (Priloga D). Zelinje je bilo porezano do višine 5 cm od tal in s tem smo se izognili odmrlemu delu ruše, ki na teh zemljiščih (nepašeno) lahko predstavlja velik delež celotne nadzemne biomase.

Korenine smo vzorčili z železno sondo polmera 4 cm. Globina vzorčenja je bila 8 cm. Vzorce korenin smo nato čez noč namočili in jih kasneje spirali pod vodo. Ločevanja korenin na žive in mrtve nismo izvedli. Sledilo je sušenje pri 55°C do konstantne teže (Laurenroth in Whitman, 1971) (Priloge E in F).

V vzorcih zelinja in korenin je bil določen ogljik po metodi ISO 13878 (SIST ISO, 1998). Količino ogljika v tleh (t ha⁻¹) smo dobili iz odstotka ogljika v tej frakciji, volumnske gostote tal in globine vzorčenja.

3.4.2 Floristični popis

Sestavo ruše raziskovalnih ploskev smo zajeli s florističnim popisovanjem. Uporabili smo kombinirano lestvico, ki združuje oceni obilnosti (abundance) in pokrovnosti (dominance) (Braun-Blanquet, 1964).

Kombinirana lestvica za ocenjevanje obilnosti in pokrovnosti ima šest stopenj:

- 5 - vrsta pokriva, ne glede na število osebkov, 75-100 % popisne ploskve;
- 4 - vrsta pokriva, ne glede na število osebkov, 50-75 % popisne ploskve;
- 3 - vrsta pokriva, ne glede na število osebkov, 25-50 % popisne ploskve;
- 2 - vrsta se pojavlja zelo obilno, ali pokriva 10-25 % popisne ploskve;
- 1 - vrsta se pojavlja obilno, ali pokriva 1-10 % popisne ploskve;
- + - vrsta je zastopana z malo primerki, ali pokriva manj kot 1 % popisne ploskve.

Za potrebe nadaljnjih analiz smo kombinirani oceni za obilnost in pokrovnost iz popisov transformirali po naslednjem ključu (Dierschke, 1994): + → 0,1, 1 → 2,5, 2 → 15, 3 → 37,5, 4 → 62,5, 5 → 87,5.

Velikost popisne ploskve na poskusu gnojenja s fosforjem je bila enaka parceli 8m x 8m na kateri je potekalo tudi ostalo vzorčenje. Ruša je bila popisana v treh obdobjih, in sicer:

1. junija, 28. julija in 17. septembra. Skupno število popisov je bilo 60 (Priloga G).

3.4.3 Vzorčenje tal za analizo glomalina in drugih talnih parametrov

Na območju raziskovalnih ploskev smo vzorce za analizo glomalina vzorčili s talno sondo polmera 3,5 cm do globine 8 cm. Na vsaki parcelici smo tla sondirali štirikrat. Tako smo dobili vzorec, ki je tehtal okoli 1000 g. Sledilo je sušenje vzorcev pri 40°C. Zatem smo vzorce homogenizirali (zmleli), presejali skozi sito (2 mm) in jih shranili do nadaljnjih analiz. Pred analizo smo iz vzorca odstranili delce organskega materiala s premerom več kot 1 mm in dolžino nad 5 mm.

V manjšem številu vzorcev tal, v katerih smo določevali glomalin, so bili določeni tudi naslednji pedološki parametri:

- reakcijo tal smo določili elektrometrično v suspenziji 10 ml talnega vzorca in 50 ml 0,01 M CaCl₂ (SIST ISO 10390, 1996);
- fosfor in kalij po AL- metodi (Egner, 1960);
- organsko snov po metodi Walkley Black (SIST ISO 14235, 1999);
- skupni dušik po Kjeldahlu (Bremner in Mulvaney, 1982);
- skupni ogljik, ki je bil izračunan iz organske snovi (faktor 1,724);
- C:N razmerje;
- teksturo s sedimentacijsko pipetno metodo (Janitzky, 1986).

3.4.4 Določevanje glomalina

Glomalin je v naravni obliki netopen v vodi in hidrofoben. Iz substrata ga dobimo z ekstrakcijo. Določimo ga spektrofotometrično s pomočjo obarvanja proteinske komponente njegove molekule. Ekstrakcija glomalina iz substrata poteka pri zelo ekstremnih razmerah (večurnem avtoklaviranju pri 120°C in povišanem tlaku), pri čemer glomalin postane topen v natrijevem citratu. Postopek ekstrakcije glomalina se močno razlikuje od postopkov znanih za ekstrakcijo drugih komponent organske snovi tal.

Glomalin smo ekstrahirali in določali po metodi, ki so jo opisali Wright in sod. (1996), Wright in Upadhyaya (1996) ter Wright in Upadhyaya (1998). Za ekstrakcijo je bilo uporabljeno 1,0 g suhih tal. Z navedeno metodo ekstrakcije smo določili dva tipa glomalina. Frakcijo, ki je izločena v prvem ciklu ekstrakcije imenujemo lahko dostopni glomalin ali EEG (easily extractable glomalin). Osnova tega postopka je polurno avtoklaviranje pri 120°C in 1,2 atmosfere v 20 mM natrijevem citratu pri pH 7. V nadaljnjih ekstrakcijah dobljeni glomalin imenujemo skupni glomalin ali TG (total glomalin). To je tisti glomalin, ki ga lahko ekstrahiramo iz nekega vzorca s sekvenčno ekstrakcijo (5-10 enournih ciklov) v 50 mM natrijevem citratu pri pH 8. Po vsakem ekstrakcijskem ciklu smo ekstrakte (po 8 ml) 15 minut takoj centrifugirali pri 4.000 do 5.000 obratov min⁻¹. Tako dobljeni supernatant smo zbrali v skupnem vzorcu in pelet substrata ponovno ekstrahirali po enakem postopku v naslednjem ciklu. Ekstrakcijo TG smo nadaljevali dokler je bilo še opaziti rdeče-rjavo barvo, značilno za glomalin, v supernatantu vzorca. Po končani ekstrakciji smo izmerili volumen združenega ekstrakta za načrtovane izračune. Za nadaljnjo analizo koncentracije proteina v ekstraktu smo odpipetirali po 1 ml vsakega vzorca v Eppendorfovo epruveto. Vzorec smo 4 minute centrifugirali pri 10.000 obratov min⁻¹ ter tako odstranili vse preostale suspendirane delce v supernatantu vzorca (Maček, 2004). Vzorce smo do analize shranili v hladilniku. Zaradi večje verodostojnosti dobljenih rezultatov smo vse analize opravili v tednu dni po ekstrakciji.

Koncentracijo proteinov v ekstraktih smo določili po Bradfordovem protokolu za določanje proteinov (Bio-Rad, Melville, NY), torej spektrofotometrično pri 595 nm s čitalcem mikrotitrnih plošč (Dynex MRX, ThermoLabsystems). Kot standard smo uporabili goveji serumski albumin (BSA = Bovine Serum Albumin) (Bradford, 1976; Wright in sod, 1996). Na podlagi umeritvene krivulje z BSA je sledil izračun mase proteina glomalina (m_{glom}) v posamezni luknjici v mikrotitrni ploščici. Koncentracijo glomalina smo izrazili v mg glomalina g⁻¹ suhih tal.

Koncentracija glomalina v tleh (mg g⁻¹ tal) = ($m_{\text{glom}} / V_{\text{vz}}$) * ($V_{\text{ekst}} / m_{\text{tal}}$) ... 7
pri čemer je:

m_{glom} = izračunana masa glomalina v posamezni izvrtini ploščice (μg izvrtina⁻¹);

V_{vz} = volumen ekstrakta v posamezni luknji mikrotitrne ploščice (μl izvrtina⁻¹);

V_{ek} = volumen celotnega ekstrakta iz tal (μl);

m_{tal} = masa vzorca tal za izračun koncentracije glomalina (mg).

3.4.5 Statistična obdelava podatkov

Dobljene rezultate o proizvodnosti in floristični sestavi ruše smo analizirali in statistično obdelali s programoma Microsoft Excel 2000 in Statgraphics Plus 5.1. Statistično značilne razlike smo preverjali z Duncanovim testom pri 5 % tveganju.

Za analizo popisov na poskusu gnojenja s fosforjem smo uporabili enostavno mero podobnosti, ki predstavlja eno od oblik bivariatne statistične analize in je osnova za nekatere metode multivariatne statistike (Lepš in Šmilauer, 2003). Za računanje mere podobnosti med dvema popisnima ploskvama znotraj celotne skupine popisov smo izbrali Sorensenovo mero podobnosti (P_s). Izračunana vrednost te mere je med 0 in 1. Večja kot je vrednost, bolj sta si ruši dveh ploskev podobni po sestavi.

$$P_s = \frac{2a}{2a + b + c}$$

a = število vrst, ki se pojavijo v obeh popisih

b = število vrst, ki se pojavijo v 1. popisu

c = število vrst, ki se pojavijo v 2. popisu

Za računanje mere pestrosti travne ruše na raziskovalnih ploskvah in parcelicah smo uporabili naslednje mere pestrosti: Simpsonova mera pestrosti, Berger-Parkerjeva mera pestrosti (Shaw, 2003) in Shannon-Wienerjeva mera pestrosti in izenačenosti (Magurran, 2003).

Simpsonova mera pestrosti: $\text{Pestrost}(D) = \sum_{i=1}^s (p_i \times p_i)$ oziroma njegova obratna vrednost:

(1/D)

Berger-Parkerjev mera pestrosti: $\text{Pestrost}(d) = \frac{N_{\text{max}}}{N}$ oziroma njegova obratna vrednost:

(1/d)

Shannon-Wienerjeva mera pestrosti: $Pestrost (H') = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$

Shannon-Wienerjeva izenačenost: $Izenačenost (J') = \frac{H'}{\ln s}$

s = število vrst

p_i = delež osebkov oziroma obilnost i -te vrste, izražena kot delež celotne pokrovnosti

N_{max} = število/teža/pokrovnost osebkov najobilnejše vrste

N = skupno število/teža/pokrovnost osebkov

Mere podobnosti in pestrosti so bile izračunane v Excelovi predlogi Biodiversity Calculator (Danoff-Burg in Xu, 2003).

Za analizo medsebojnih povezav dejavnikov okolja in tudi v povezavi z dejavnikoma vpliva živali in gnojenja z rudninskimi hranili smo uporabili metode multivariatne analize. Te metode vzamejo za osnovo dejstvo, da vsaka rastlina v ruši predstavlja eno odvisno spremenljivko (variablo) (prisotnost/odsotnost, pokrovnost, teža, število osebkov) in njena pojavnost v določenem popisu je dejavnik (dogodek). Za izračun in prikaz sorodnosti vseh popisov v ordinacijskem prostoru glede na prisotnost vrst je bila uporabljena korespondenčna analiza (CA) oziroma njena različica z zmanjšanjem učinka podkve pri izrisu (detrended correspondence analysis-DCA). Pri analizi vpliva okoljskih dejavnikov na rušo kraškega pašnika je bila uporabljena kanonična korespondenčna analiza (CCA). Med izbranimi okoljskimi dejavniki so bili tudi nekateri Ellenbergovi indeksi (Ellenberg, 1992). Za izračun in izdelavo slik smo uporabili program Canoco 4.5 (ter Braak in Šmilauer, 2002).

Dobljeni rezultati so predstavljeni v obliki preglednic, stolpičnih, tortnih in ordinacijskih grafikonov.

4 REZULTATI

4.1 NADZOROVANA PAŠA IN GNOJENJE S FOSFORJEM

Območje celotnega poskusa je bilo v letu meritev (2004) zaščiteno z elektromrežo. Tudi tisti del, ki ni bil vključen v pašnik, saj je obstajala nevarnost, da bi ga lahko popasle tiste živali, ki se pasejo nenadzorovano (prosto). Gnojenje z rudninskimi gnojili po predpisanih postopkih in količinah je bilo opravljeno 5. maja. Značilno za del proučevanega pašnika je bilo, da je v preteklem desetletju rabe že bil deležen določenih količin fosforja (Vidrih M, 2003) in, seveda, da je bila ruša rabljena po sistemu nadzorovane paše v ogradah z drobnico. Paša živali, ki predstavlja del prvih treh postopkov predstavlja v tem poskusu preteklo rabo in njen vpliv lahko razdelimo na tri dele. In sicer obtrgavanje zelinja ruše, gaženje ter gnojenje zemljišča.

Zaradi izrazito hitre spomladanske rasti ruše ter počasnejše poletne in jesenske rasti je spomladanska raba pomenila trikratno rabo, poletna raba je pomenila dvokratno rabo in jesenska raba je pomenila enkratno rabo:

- 3-kratna košnja (spomladanska raba);
- 2-kratna košnja (poletna raba);
- 1-kratna košnja (jesenska raba).

Tudi datumi vzorčenja travne ruše so bili razdeljeni drugače, kot je običajno za rabo v ravninskem delu travnatega sveta (Preglednica 7).

Preglednica 7: Datumi vzorčenja zelinja, korenin in tal v letu 2004 na poskusu gnojenja s fosforjem

Table 7: Sampling dates of herbage, roots and soil in year 2004 in experiment with phosphorus fertilization

Datum	Zelinje	Korenine	Tla
4. junij	P	P	P
6. julij	P	P	-
19. julij	P	P	P
9. avgust	P	P	-
30. avgust	P	P	-
10. september	P	P	P

Ob spomladanskem vzorčenju tal so bili v vzorcih analizirani tudi pedološki parametri, ki so navedeni v preglednici 8. V tabeli so povprečne vrednosti za štiri vzorce tal iz vsakega postopka. Celotni zbir podatkov je v prilogi M.

Preglednica 8: Vrednosti talnih parametrov v postopkih poskusa gnojenje s fosforjem

Table 8: Values of soil parameters on treatments in experiment with phosphorus fertilization

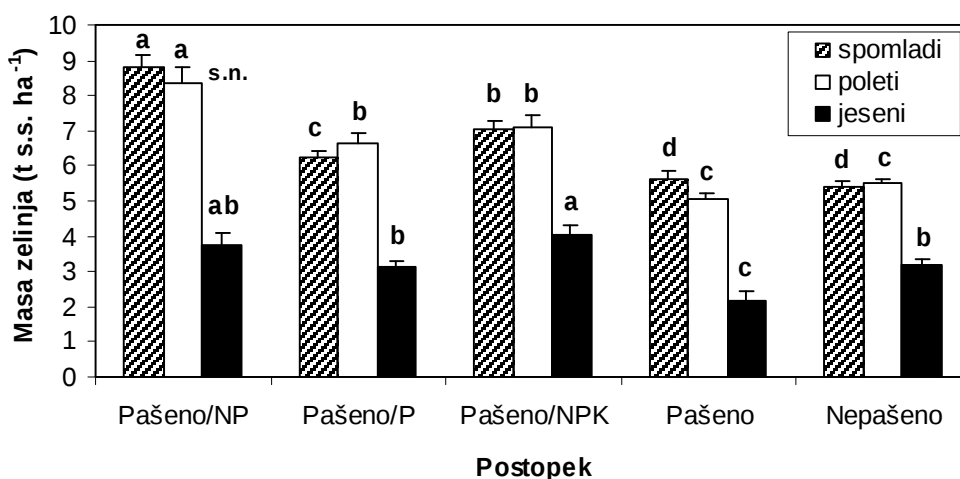
Parameter	Postopek				
	Pašeno/NP	Pašeno/P	Pašeno/NPK	Pašeno	Nepašeno
pH (CaCl ₂)	6,8	6,8	6,8	6,8	5,7
P ₂ O ₅ (mg 100 g tal ⁻¹)	7,0	6,3	6,4	1,3	2,2
K ₂ O (mg 100 g tal ⁻¹)	26,5	21,2	29,2	23,5	20,8
Organska snov (%)	12,9	12,9	15,7	13,1	12,8
C (%)	7,5	7,5	9,1	7,6	7,4
CN razmerje	15,6	14,5	18,3	17,7	16,7
N skupni (%)	0,48	0,51	0,49	0,43	0,43
Pesek (%)	8,0	5,6	7,0	11,6	26,0
Grobi melj (%)	19,8	19,0	19,3	23,7	21,4
Fini melj (%)	51,3	44,0	43,4	43,7	35,5
Skupni melj (%)	71,1	63,0	62,7	67,4	56,9
Glina (%)	20,9	31,4	30,3	21,0	17,1
Teksturni razred	MI	MGI	MGI	MI	MI

Rezultati analize vzorcev tal (Preglednica 8) so pokazali, da so glede na pH vrednost tla na postopkih od ena do štiri v nevtralnem območju (6,8-7,2), medtem ko je analiza na reakcijo tal na zadnjem postopku pokazala zmerno kislno reakcijo (5,6-6,7). Verjetno je tako kot reakcija tal tudi založenost tal s fosforjem in kalijem na postopkih, kjer se je žival že prej pasla večja kot tam, kjer paše ni bilo. Vrednosti za delež organske snovi v tleh so bile med 12,8 in 15,7 %. Tla obravnavanega poskusa so spadala v teksturna razreda meljaste ilovice (MI) in meljasto glinene ilovice (MGI).

4.1.1 Masa zelinja, korenin in ogljika

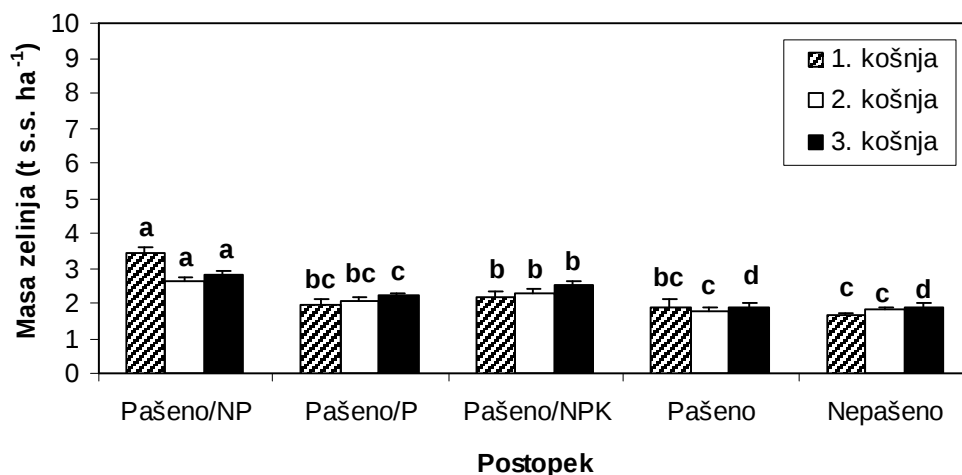
Na sliki 11 so v stolpcih predstavljene povprečne vrednosti mase zelinja po posameznih postopkih v celoletni rasti. Nad stolpci so z malimi tiskanimi črkami prikazane statistično značilne razlike med postopki, ki smo jih izračunali z analizo variance in z Duncanovim testom ($p < 0,05$). Statistično značilno največjo maso zelinja ($8,83 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) je dosegla ruša ob spomladanski rabi oziroma pri trikratni košnji ter v postopku pašeno in gnojeno z mineralnim gnojilom NP. Najmanjša masa zelinja ($2,18 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) je bila dosežena ob jesenski rabi oziroma pri enkratni košnji in v postopku samo pašeno. Ta je predstavljala le

24 % največjega pridelka zelinja. Tudi celokupni pridelki zelinja ob poletni in jesenski rabi so bili ob odsotnosti preteklega pašne rabe in mineralnega gnojila statistično manjši (poleti: 5,03 t s.s. ha⁻¹ in jeseni: 2,18 t s.s. ha⁻¹).



Slika 11: Vpliv gnojenja s fosforjem na povprečno celoletno vrednost mase zelinja (t s.s. ha⁻¹) po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$ (s.n.=standardna napaka povprečja, $n=4$)

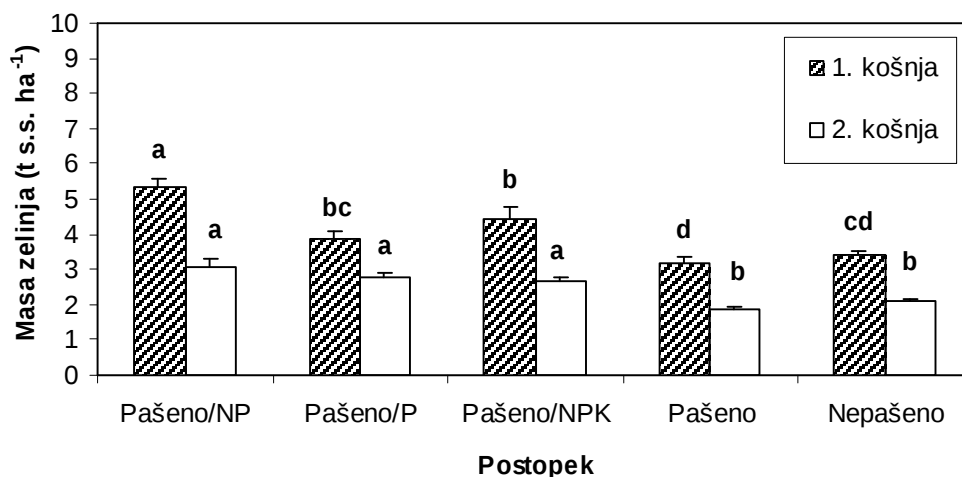
Figure 11: Effect of phosphorus fertilizer on average all year value of herbage mass (t DM ha⁻¹) at different treatments in sward of karst pasture. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test. (s.e.=standard error of mean value, $n=4$)



Slika 12: Vpliv gnojenja s fosforjem na povprečno vrednost mase zelinja ($t \text{ s.s. ha}^{-1}$) po posameznih postopkih in v spomladanski rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplu Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

Figure 12: Effect of phosphorus fertilizer on average value of herbage mass ($t \text{ DM ha}^{-1}$) at different treatments and spring aspect in sward of karst pasture. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test

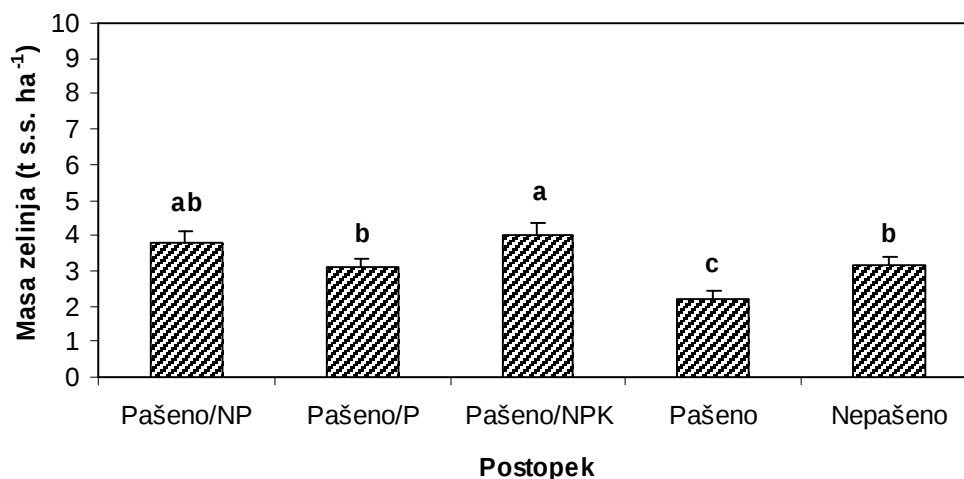
Spomladanska raba oziroma trikratna košnja ruše (4. junij, 6. julij in 9. avgust) je pokazala, da na postopku pašeno in gnojeno z NP kombinacijo mineralnega gnojila dobimo v vseh treh košnjah največji pridelek zelinja ($3,42$; $2,62$; $2,82 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) (Slika 12). Te vrednosti so se znotraj vseh petih postopkov tudi statistično značilno ločile od ostalih vrednosti. Ob prvi košnji spomladi je bil najmanjši pridelek zelinja dosežen na zadnjem postopku ($1,66 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) in je predstavljal 48 % mase zelinja na postopku 1. Z izjemo prvega so bile razlike pri ostalih štirih postopkih med košnjami v pridelki zelinja majhne. V postopku pašeno in gnojeno s P ter pašeno in gnojeno z NPK je bil pridelek zelinja ob tretji košnji spomladi celo večji ($2,25$ in $2,52 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) vendar ni bil statistično značilno drugačen.



Slika 13: Vpliv gnojenja s fosforjem na povprečno vrednost mase zelinja (t s.s. ha^{-1}) po posameznih postopkih in v poletni rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multitem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

Figure 13: Effect of phosphorus fertilizer on average value of herbage mass (t DM ha^{-1}) at different treatments and summer aspect in sward of karst pasture. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test

Tudi v poletni rabi (Slika 13), ki je vključevala dve košnji (19. julij in 30. avgust), je bil največji pridelek zelinja obakrat dosežen na postopku, ki je bil predhodno pašen in gnojen z NP gnojilom. Prva vrednost ($5,32 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) se je statistično značilno razlikovala od ostalih štirih postopkov, druga pa ne ($3,06 \text{ t s.s. ha}^{-1}$). Pridelek zelinja je bil ob odsotnosti paše ruše in gnojenja (postopek 5) manjši za 37 % (1. košnja) oziroma za 32 % (2. košnja). Trend upadnja pridelka z odsotnostjo rabe in gnojenja je bil manj izrazit ob 2. košnji.

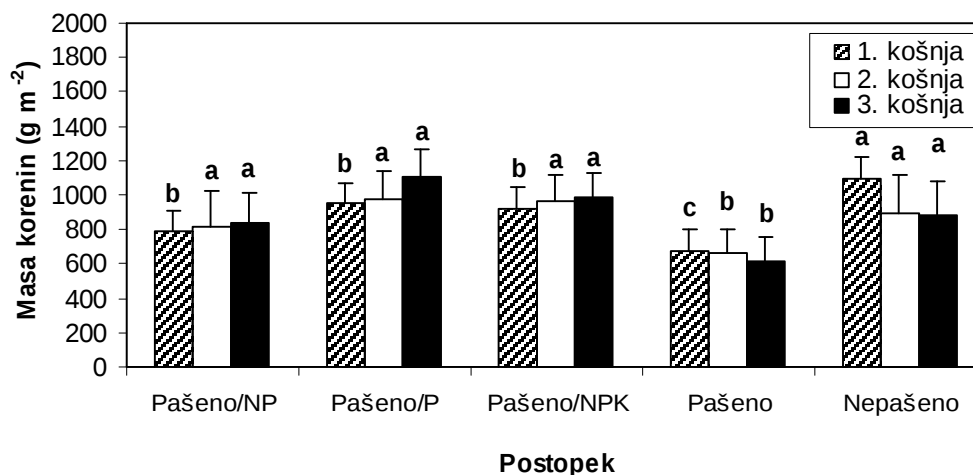


Slika 14: Vpliv gnojenja s fosforjem na povprečno vrednost mase zelinja (t s.s. ha⁻¹) po posameznih postopkih in v jesenski rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

Figure 14: Effect of phosphorus fertilizer on average value of herbage mass (t DM ha⁻¹) at different treatments and autumn aspect in sward of karst pasture. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test

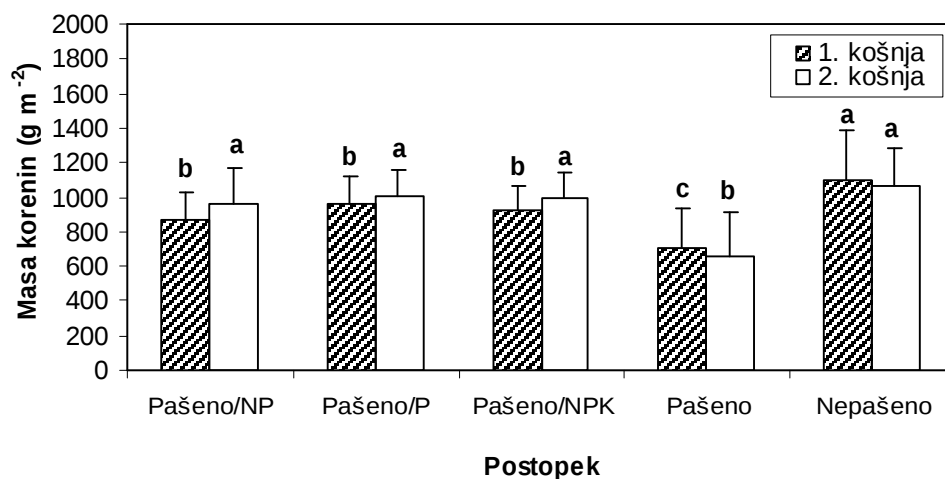
Razlike v masi zelinja med postopki ob jesenski rabi (10. september) ruše so bile majhne (Slika 14). Postopki, ki so hkrati vključevali tako pašo kot gnojenje, so dali večje pridelke (4,03 t s.s. ha⁻¹) kot postopka, ki sta vključevala samo pašo in postopek opuščeno (2,18 in 3,19 t s.s. ha⁻¹). Neznačilno velik pridelek zelinja na postopku nepašeno je bil delno pričakovan. To je posledica sprememb v sestavi ruše, ko na opuščenem travnatem zemljišču prevladajo trpežne steblike.

Masa korenin je v spomladanski rabi (Slika 15) od prve do tretje košnje naraščala na prvih treh postopkih, medtem ko je na četrtem in petem postopku padala. Največja masa korenin (1088 g m⁻²) je bila ugotovljena ob prvi košnji na postopku nepašeno in je bila statistično drugačna od ostalih postopkov pri tej košnji. Pri drugi košnji je bila ugotovljena najmanjša masa korenin (666 g m⁻²) pri četrtem postopku in se statistično razlikovala od ostalih štirih. Podobno je bilo ugotovljeno tudi pri tretji košnji, kjer je prav tako na samo pašnem postopku masa korenin dosegla statistično značilno najmanjšo maso (612 g m⁻²).



Slika 15: Povprečna vrednost mase korenin (g m⁻²) po posameznih postopkih ob spomladanski rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

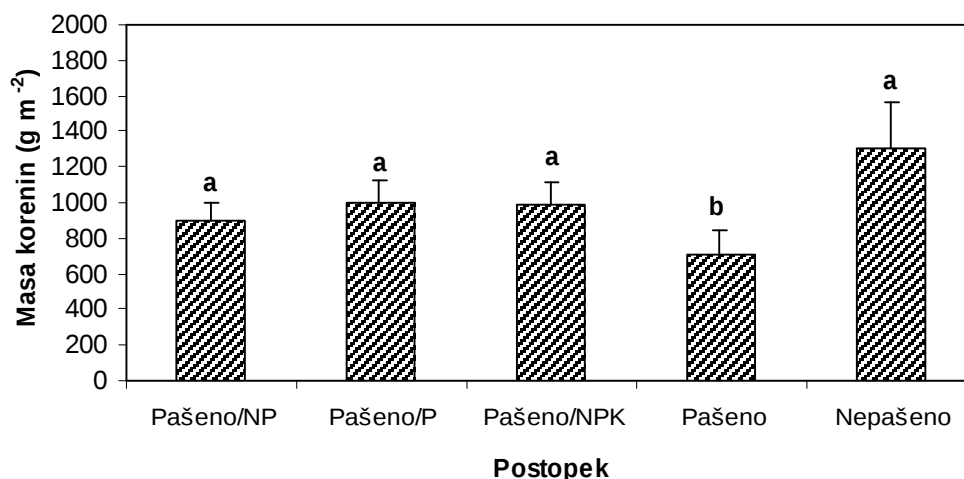
Figure 15: Average value of root mass (g m⁻²) at different treatments and spring aspect in sward of karst pasture. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test



Slika 16: Povprečna vrednost mase korenin (g m⁻²) po posameznih postopkih ob poletni rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

Figure 16: Average value of root mass (g m⁻²) at different treatments and summer aspect in sward of karst pasture. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test

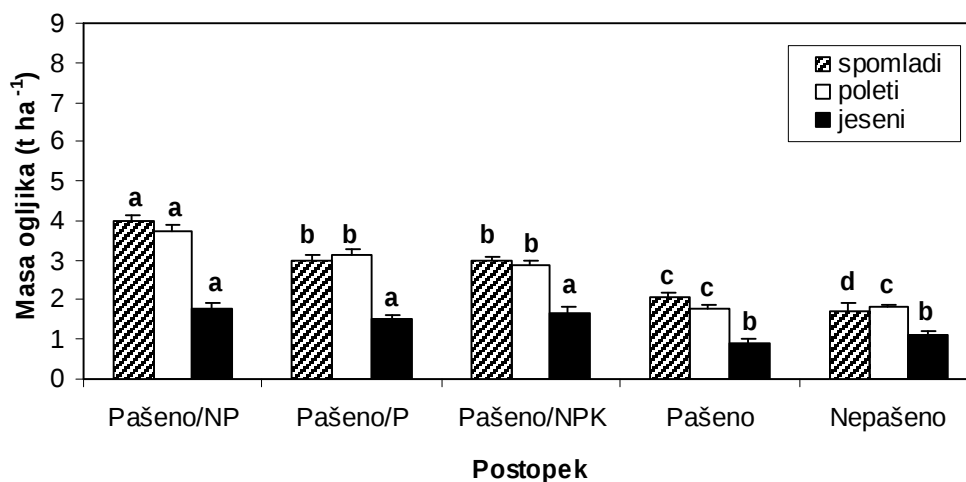
Ob poletni rabi (Slika 16) je bila največja masa korenin dosežena tako pri prvi kot drugi košnji na postopku nepašeno (1100 in 1065 g m⁻²). Pri prvi košnji se je ta masa korenin statistično ločila od vseh preostalih štirih postopkov. Pri drugi košnji pa so imeli statistično značilen enak pridelek tudi prvi, drugi in tretji postopek. Tako kot ob spomladanski rabi je bila tudi tukaj najmanjša masa korenin dosežena na postopku pašeno, in sicer je znašala 701 in 655 g m⁻².



Slika 17: Povprečna vrednost mase korenin (g m⁻²) po posameznih postopkih ob jesenski rabi v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplern Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

Figure 17: Average value of root mass (g m⁻²) at different treatments and autumn aspect in sward of karst pasture. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test

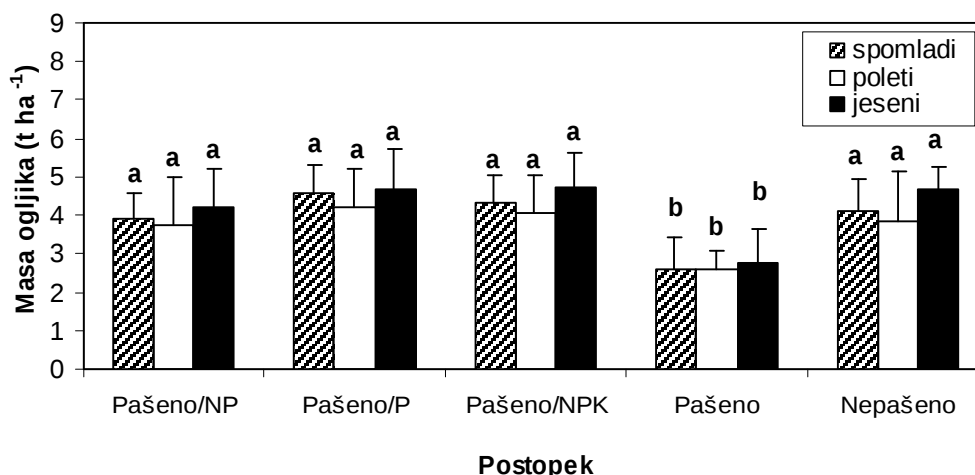
Ob jesenski rabi (Slika 17) med postopki 1, 2, 3 in 5 v masi korenin ni bilo statistično značilnih razlik. Največja masa korenin je bila ugotovljena na postopku 5 (1300 g m⁻²), najmanjša na postopku 4 (705 g m⁻²).



Slika 18: Celoletna povprečna vrednost mase ogljika ($t\ ha^{-1}$) v zelinju po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

Figure 18: All year average value of carbon in herbage ($t\ ha^{-1}$) at different treatments in sward of karst pasture. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test

Na sliki 18 je masa ogljika v zelinju predstavljena v treh obdobjih rasti (spomladi, poleti in jeseni). Količina ogljika v zelinju vsakega obdobja je seštevek zelinja vseh košenj, ki so bile predpisane za obravnavano obdobje. Največja masa ogljika v zelinju je bila določena na postopku pašeno in gnojeno z NP spomladi. Ta je znašala $4,01\ t\ ha^{-1}$ in je bila statistično značilno drugačna od količin na ostalih postopkih spomladi. Z odsotnostjo pašne rabe in gnojenja tudi količina ogljika v zelinju pada. Tak trend je mogoče opaziti v vseh obdobjih rasti ruše pašnika. V jeseni je bila najmanjša količina ogljika določena na postopku pašeno in je znašala $0,89\ t\ ha^{-1}$ pri čemer ni bila statistično drugačna od postopka opuščeno.

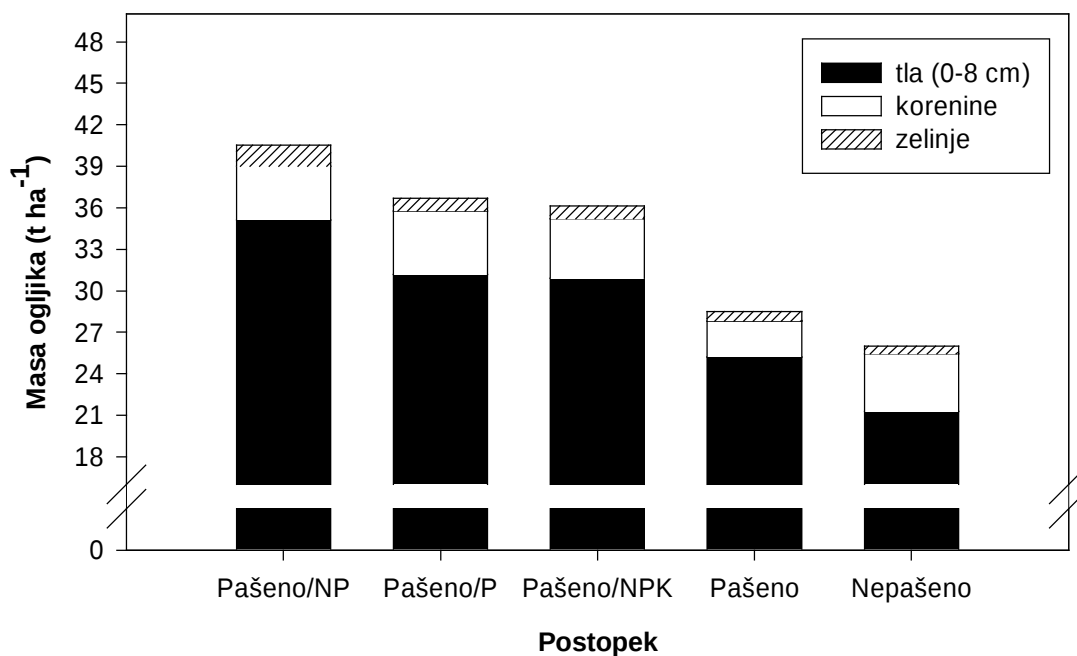


Slika 19: Povprečna vrednost mase ogljika ($t\ ha^{-1}$) v koreninah po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

Figure 19: Average value of carbon in roots ($t\ ha^{-1}$) at different treatments in sward of karst pasture. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test

Količina ogljika v koreninah (Slika 19) je bila določena samo ob prvi košnji v vseh obdobjih rasti in ni seštevek dveh (poleti) ali treh (jeseni) rab. V koreninah se vsebnost ogljika med obdobji rasti in rabe spreminja manj kot v zelinju. Največ ogljika v koreninah je bilo določenega v vseh postopkih ob jesenski rabi (4,21; 4,70; 4,73; 2,75 in 4,68 $t\ ha^{-1}$). V vseh obdobjih rasti je bila samo na postopku pašeno masa ogljika v koreninah statistično značilno manjša (2,62; 2,59 in 2,74 $t\ ha^{-1}$) od ostalih povprečij.

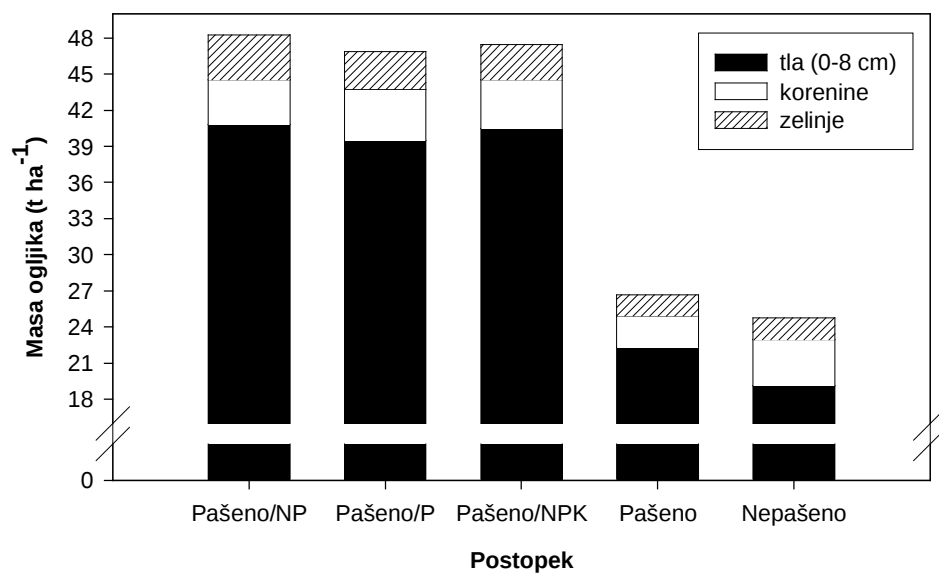
Ogljik kroži v sistemu tla-rastlina med tlemi, rastlinskimi organi in atmosfero. Zato je potrebno za boljšo predstavbo podatke o količinah ogljika v posameznih enotah hrambe predstaviti skupinsko. Slika 20 prikazuje obseg količine ogljika preračunanega iz podatkov o analizi tal, korenin in zelinja v spomladanskem obdobju pri prvi košnji. Pri vseh postopkih dosega delež ogljika, vezanega v tleh več kot polovico vsega določenega ogljika (od 82 do 88 %). Masa ogljika v koreninah se giblje od 9 do 16 %, medtem ko je v zelinju le od 2 do 4 % skupnega ogljika. Največ skupnega ogljika je bilo določenega na postopku pašeno in gnojeno z NP gnojilom (40,53 $t\ ha^{-1}$), najmanj na zadnjem postopku (25,89 $t\ ha^{-1}$).



Slika 20: Povprečna vrednost mase ogljika (t ha^{-1}) v zelinju, koreninah in tleh (0-8 cm) po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika spomladi

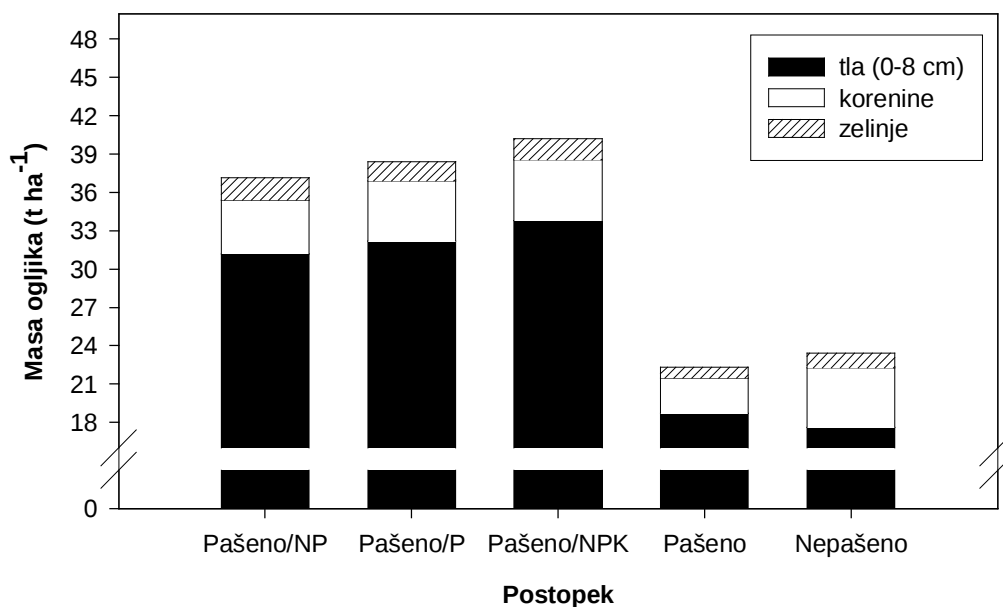
Figure 20: Average value of carbon mass (t ha^{-1}) in herbage, roots and soil (0-8 cm) at different treatments and spring aspect in sward of karst pasture

V poletnem obdobju (Slika 21) so bile količine ogljika še večje kot v predhodnem obdobju. Med prvimi tremi postopki ni bilo velikih razlik ne v skupni količini ogljika (48,24; 46,89 in 47,44 t ha^{-1}) ne pri nobenem elementu ruše (tla, korenine, zelinje; 84, 7 in 9 %). Postopka pašeno in nepašeno sta imela manjšo skupno količino ogljika (26,68 in 24,76 t ha^{-1}).



Slika 21: Povprečna vrednost mase ogljika (t ha^{-1}) v zelinju, koreninah in tleh (0-8 cm) po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika poleti

Figure 21: Average value of carbon mass (t ha^{-1}) in herbage, roots and soil (0-8 cm) at different treatments and summer aspect in sward of karst pasture



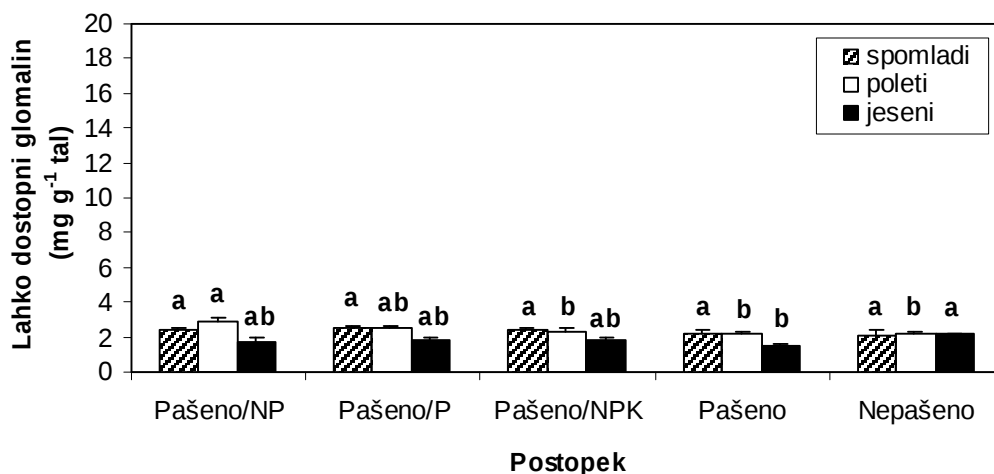
Slika 22: Povprečna vrednost mase ogljika (t ha^{-1}) v zelinju, koreninah in tleh (0-8 cm) po posameznih postopkih v ruši kraškega pašnika jeseni

Figure 22: Average value of carbon mass (t ha^{-1}) in herbage, roots and soil (0-8 cm) at different treatments and autumn aspect in sward of karst pasture

Tudi v jesenskem obdobju (Slika 22) je bila skupna količina ogljika največja tam, kjer je potekala pašna raba skupaj z dodajanjem mineralnega gnojila, predvsem fosforja. Količini skupnega ogljika na zadnjih dveh postopkih sta dosegali 55 oziroma 60 % največje količine skupnega ogljika ($40,22 \text{ t ha}^{-1}$), ki je bila dosežena na postopku pašeno in gnojeno z NPK.

4.1.2 Vsebnost glomalina v tleh

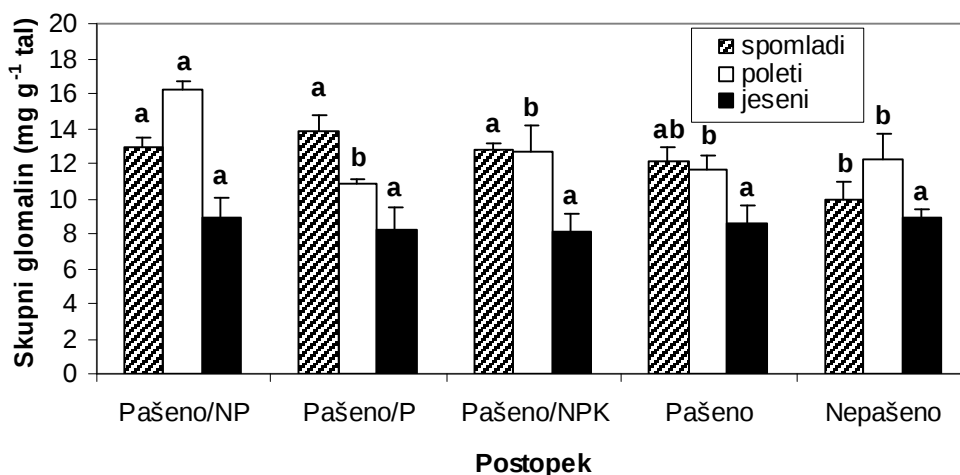
Vrednosti za lahko dostopni glomalin so se gibale od $1,51$ do $2,84 \text{ mg g}^{-1}$ tal (Slika 23). V spomladanskem obdobju med postopki v vsebnosti lahko dostopnega glomalina ni bilo statistično značilnih razlik. Vsebnost glomalina v tleh je bila takrat večja od 2 mg g^{-1} suhih tal. V poletnem obdobju smo statistično značilno večjo vsebnost glomalina določili na prvem postopku ($2,84 \text{ mg g}^{-1}$ tal). Najmanj glomalina smo določili v tleh na zadnjem postopku, ki je predstavljal opuščeno rabo. Vendar so v jeseni tla ravno na tem postopku vsebovala največ ($2,19 \text{ mg g}^{-1}$ tal) glomalina od vseh primerjanih postopkov. Prvi trije postopki se v vsebnosti glomalina med seboj niso razlikovali.



Slika 23: Povprečna vsebnost lahko dostopnega glomalina v tleh v različnih postopkih rabe in gnojenja. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

Figure 23: Mean concentration of easy extractable glomalin in soil at different treatments. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test

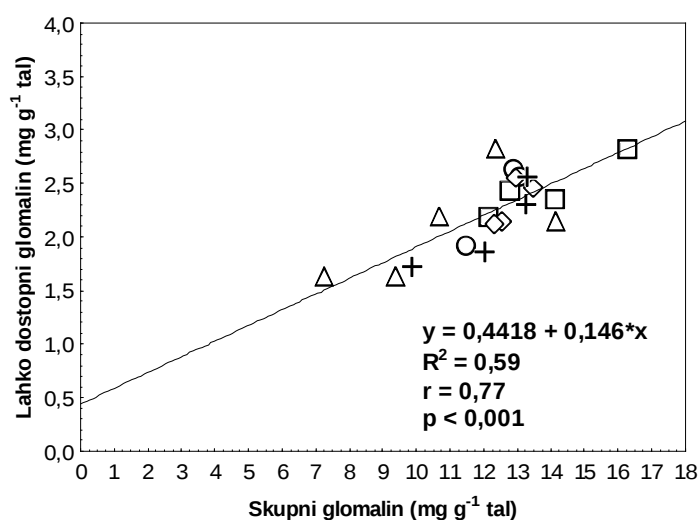
Variabilnost v vsebnosti skupnega glomalina (Slika24) je bila med postopki in tudi obdobji rasti ruše večja kot pri lahko dostopnem glomalinu. V spomladanskem obdobju rasti so tla na prvih treh postopkih vsebovala od 12,91 do 12,83 mg g⁻¹ tal, med njimi ni bilo statistično značilnih razlik. Najmanj skupnega glomalina smo določili v tleh na zadnjem postopku (9,93 mg g⁻¹ tal). V poletnem obdobju rasti je bila razlika med največjo (16,22 mg g⁻¹ tal) in najmanjšo (10,89 mg g⁻¹ tal) vsebnostjo glomalina v tleh še večja kot v predhodnem obdobju. Tla, ki so bila v preteklosti pašena in gnojena z NP so vsebovala statistično značilno največ skupnega glomalina. Najmanj skupnega glomalina (10,89 mg g⁻¹ tal), vendar ni bil statistično značilen smo določili v tleh drugega postopka. Vsebnost glomalina v jesenskem obdobju rasti je bila med postopki statistično značilno enaka z največjo vrednostjo (8,96 mg g⁻¹ tal) na prvem postopku in najmanjšo (8,17 mg g⁻¹ tal) na tretjem postopku.



Slika 24: Vsebnost skupnega glomalina v tleh v različnih postopkih rabe in gnojenja. Enaka črka nad stolpcem označuje vrednosti, ki se po multiplem Duncanovem testu ne ločijo značilno med seboj pri $p < 0,05$

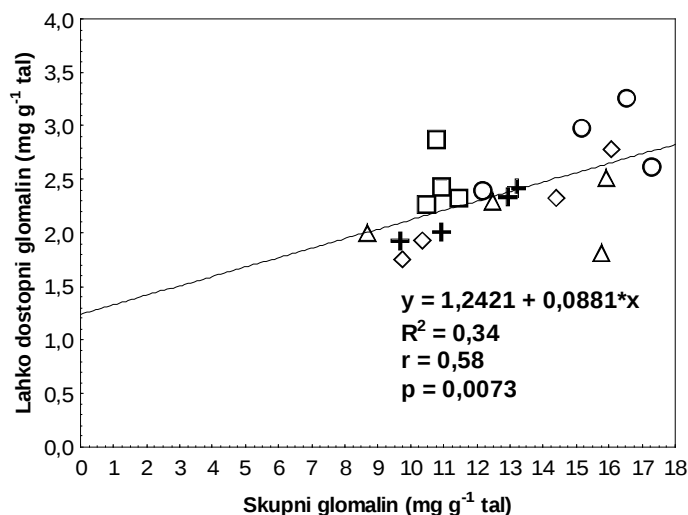
Figure 24: Mean concentration of total glomalin in soil at different treatments. The same letter above bar indicates values not significantly different at $p < 0,05$ according to Duncan's multiple range test

Povezava med skupnim in lahko dostopnim glomalinom je bila v vseh treh obdobjih rasti različna. Najbolj tesna ($r=0,77$) in statistično značilna ($p<0,001$) je bila ta povezava v spomladanskem obdobju rasti, ko je variabilnost v količini skupnega glomalina razložila 60 % variabilnosti lahko dostopnega glomalina (Slika 25).



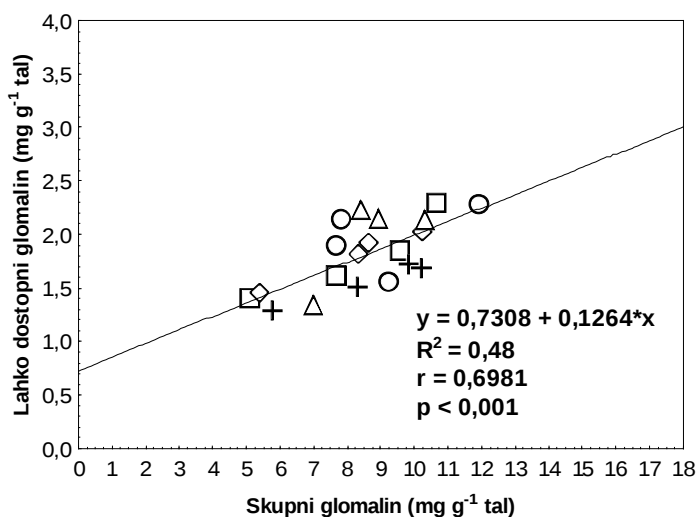
Slika 25: Povezava med lahko dostopnim in skupnim glomalinom v spomladanskem obdobju rasti na petih postopkih (Δ -pašeno/NP, $\square$ -pašeno/P, $-$ -pašeno/NPK, $+$ -pašeno, r -nepašeno)

Figure 25: Relationship between easy extractable and total glomalin in spring growth period at five treatments (Δ -grazed/NP, $\square$ -grazed/P, $-$ -grazed/NPK, $+$ -grazed, r -ungrazed)



Slika 26: Povezava med lahko dostopnim in skupnim glomalinom v poletnem obdobju rasti na petih postopkih (TM-pašeno/NP, $\mathbb{L}$ -pašeno/P, $\neg$ -pašeno/NPK, +pašeno, r -nepašeno)

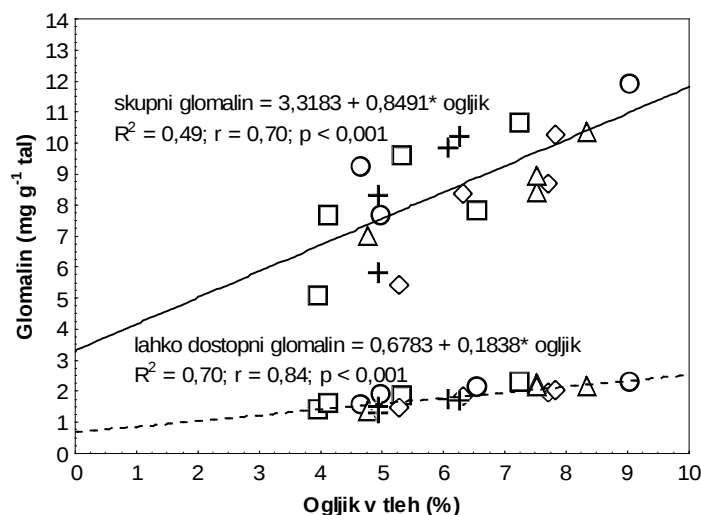
Figure 26: Relationship between easy extractable and total glomalin in summer growth period at five treatments (TM-grazed/NP, $\mathbb{L}$ -grazed/P, $\neg$ -grazed/NPK, +grazed, r -ungrazed)



Slika 27: Povezava med lahko dostopnim in skupnim glomalinom v jesenskem obdobju rasti na petih postopkih (TM-pašeno/NP, $\mathbb{L}$ -pašeno/P, $\neg$ -pašeno/NPK, +pašeno, r -nepašeno)

Figure 27: Relationship between easy extractable and total glomalin in autumn growth period at five treatments (TM-grazed/NP, $\mathbb{L}$ -grazed/P, $\neg$ -grazed/NPK, +grazed, r -ungrazed)

Tudi v poletnem in jesenskem obdobju rasti (Slika 26 in Slika 27) je obstajala statistično značilna povezava med obema oblikama glomalina, vendar je bila pojasnjena variabilnost manjša (34 in 48 %).



Slika 28: Povezava med ogljikom in obema oblikama glomalina v tleh v jesenskem obdobju rasti (TM -pašeno/NP, E -pašeno/P, r -pašeno/NPK, $+$ -pašeno, r -nepašeno)

Figure 28: Relationship between carbon and both form of glomalin in soil at autumn growth period (TM -grazed/NP, E -grazed/P, r -grazed/NPK, $+$ -grazed, r -ungrazed)

Povezava med ogljikom v tleh in glomalinom je bila linearna in statistično značilna ($p < 0,001$) (Slika 28). Delež variabilnosti lahko dostopnega glomalina je bil pojasnjen s 70 % in delež variabilnosti skupnega glomalina z 49 % variabilnosti v vsebnosti ogljika v tleh.

4.1.3 Floristična sestava ruše

Floristični pregled vseh vrst je predstavljen v preglednici 9, kjer si vrste sledijo po abecednem redu. V prvem stolpcu tabele je latinsko ime vrste, sledi slovensko ime, življenjska oblika (Martinčič in sod., 1999; Trpin in Vreš, 1995) ter botanična skupina. V zadnjih treh stolpcih so zapisane še absolutna in relativna frekvenca pojavljanja vrst ter frekvenčni razred. Fitocenološki popisi so v prilogi J (spomladi), prilogi K (poleti) in v prilogi L (jeseni) in so bili opravljeni 1. junija, 28. julija in 17. septembra 2004.

Razlage okrajšav za preglednico 9:

ŽO - življenjska oblika vrste, ki je odraz prilagajanja rastlin na okoljske razmere habitata v katerem uspevajo:

FA - fanerofit

HE - hemikriptofit

TE - terofit

HA - hamefit

GE - geofit

BS- botanična skupina (T - trave, M - metuljnice, Z - zeli, Tpr - travam podobne rastline)

FR - število popisov, v katerih se vrsta pojavi

FR % - relativno izražena vrednost FR ($F\% = FR / 60$)

FRr - frekvenčni razred (I: $<20\%$, II: $21-40\%$, III: $41-60\%$, IV: $61-80\%$, V: $81-100\%$)

Preglednica 9: Seznam vseh vrst, ugotovljenih na območju popisovanja travne ruše, življenjska oblika (ŽO), botanična skupina (BS), absolutno (FR) in relativno (FR %) pojavljanje ter frekvenčni razred (FRr)

Table 9: The list of all identified species at the survey areas, plant life form (ŽO), botanical group (BS), absolute (FR), relative (FR %) species appearance and frequency class (FRr)

Latinsko ime vrste	Slovensko ime vrste	ŽO	BS	FR	FR%	FRr
<i>Achillea millefolium</i> agg.	Navadni rman	He	Z	55	91,7	V
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	Navadna regarčica	He	Z	7	11,7	I
<i>Elytrigia intermedia</i> (Host) Nevski	Srednja pirnica	Ge	T	22	36,7	II
<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. ex Nevski	Plazeča pirnica	Ge	T	1	1,7	I
<i>Agrostis canina</i> L.	Pasja šopulja	He	T	1	1,7	I
<i>Agrostis capillaris</i> L.	Lasasta šopulja	He	T	31	51,7	III
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Plazeča šopulja	He	T	2	3,3	I
<i>Ajuga genevensis</i> L.	Dlakavi skrečnik	He	Z	9	15,0	I
<i>Ajuga reptans</i> L.	Plazeči skrečnik	He	Z	1	1,7	I
<i>Alchemilla</i> sp.	Plahtica	He	Z	12	20,0	I
<i>Allium carinatum</i> L.	Gredljasti luk	Ge	Z	32	53,3	III
<i>Anemone nemorosa</i> L.	Podlesna vetrnica	Ge	Z	12	20,0	I
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Dišeča boljka	He	T	7	11,7	I
<i>Anthriscus nitida</i> (Wahlenb.) Garcke	Bleščeča krebuljica	He	Z	1	1,7	I
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	Pravi ranjak	He	M	26	43,3	III
<i>Arabis hirsuta</i> (L.) Scop.	Dlakavi repnjak	He	Z	25	41,7	III
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L.	Navadna peščenka	He	Z	31	51,7	III
<i>Aristolochia lutea</i> Desf.	Rumeni podraščec	He	Z	15	25,0	II
<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv.	Visoka pahovka	He	T	5	8,3	I
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Navadni pelin	He	Z	2	3,3	I
<i>Asperula cynanchica</i> L.	Hribska perla	He	Z	21	35,0	II
<i>Astrantia major</i> L.	Veliki zali kobulček	He	Z	6	10,0	I
<i>Betonica serotina</i> Host	Pozni čistec	He	Z	1	1,7	I
<i>Biscutella laevigata</i> L.	Navadna šparnica	He	Z	2	3,3	I
<i>Brachypodium rupestre</i> (Host) Roem.	Skalna glota	He	T	59	98,3	V
<i>Briza media</i> L.	Navadna migalica	He	T	10	16,7	I
<i>Bromus erectus</i> Huds.	Pokončna stoklasa	He	T	53	88,3	V
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	Ječmenasta stoklasa	Te	T	22	36,7	II
<i>Bupthalmum salicifolium</i> L.	Vrbovolistni primožek	He	Z	13	21,7	II
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Jesenska vresa	Ha	Z	6	10,0	I
<i>Campanula glomerata</i> L.	Klobčasta zvončica	He	Z	31	51,7	III

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste	Slovensko ime vrste	ŽO	BS	FR	FR%	FRr
<i>Campanula patula</i> L.	Razprostrta zvončica	He	Z	6	10,0	I
<i>Campanula persicifolia</i> L.	Brestovolistna zvončica	He	Z	10	16,7	I
<i>Campanula rapunculoides</i> L.	Repuščevoлистna zvončica	He	Z	1	1,7	I
<i>Campanula rapunculus</i> L.	Reouščevo zvončica	He	Z	2	3,3	I
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	Navadni plešec	Te	Z	2	3,3	I
<i>Carduus nutans</i> L.	Kimasti bodak	He	Z	24	40,0	II
<i>Carex caryophylla</i> Latourr.	Pomladanski šaš	He	Tpr	2	3,3	I
<i>Carex flacca</i> Schreber	Sinjezeleni šaš	He	Tpr	3	5,0	I
<i>Carex humilis</i> Leyss.	Nizki šaš	He	Tpr	24	40,0	II
<i>Carex pallescens</i> L.	Bledi šaš	He	Tpr	3	5,0	I
<i>Carlina acaulis</i> L.	Brezstebelna kompava	He	Z	23	38,3	II
<i>Carlina vulgaris</i> L.	Navadna kompava	He	Z	1	1,7	I
<i>Centaurea jacea</i> L.	Navadni glavinec	He	Z	30	50,0	III
<i>Centaurea pannonica</i> (Heuff.) Simk.	Ozkolistni glavinec	He	Z	22	36,7	II
<i>Centaurea scabiosa</i> L.	Poljski glavinec	He	Z	1	1,7	I
<i>Centaurea triumphetti</i> All.	Triumfettijev glavinec	He	Z	2	3,3	I
<i>Cerastium brachypetalum</i> Desp. ex Pers.	Drobnocvetna smiljka	Te	Z	4	6,7	I
<i>Cerastium holosteoides</i> Fries em. Hyl.	Navadna smiljka	Ha	Z	34	56,7	III
<i>Chamaespartium sagittale</i> (L.) P. Gibbs	Navadna prevezanka	Ha	M	18	30,0	II
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Njivski osat	He	Z	30	50,0	III
<i>Cirsium pannonicum</i> (L. fil.) Link	Panonski osat	He	Z	1	1,7	I
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Navadni osat	He	Z	1	1,7	I
<i>Clinopodium vulgare</i> L.	Navadna mačja zel	He	Z	3	5,0	I
<i>Colchicum autumnale</i> L.	Jesenski podlesek	Ge	Z	3	5,0	I
<i>Convallaria majalis</i> L.	Šmarnica	Ge	Z	2	3,3	I
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Njivski slak	Ge	Z	1	1,7	I
<i>Coronilla vaginalis</i> Lam.	Navadna šmarna detelja	Ha	M	8	13,3	I
<i>Corylus avellana</i> L.	Navadna leska	Fa	Z	3	5,0	I
<i>Crocus vernus</i> (L.) Hill	Pomladanski žafran	He	Z	11	18,3	I
<i>Cruciata glabra</i> (L.) Ehrend.	Gola dremota	He	Z	41	68,3	IV
<i>Cyclamen purpurascens</i> Mill.	Navadna ciklama	Ge	Z	1	1,7	I
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Navadna pasja trava	He	T	27	45,0	III
<i>Daphne mezereum</i> L.	Navadni volčin	Fa	Z	2	3,3	I
<i>Daucus carota</i> L.	Navadno korenje	Te	Z	1	1,7	I
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) PB.	Rušnata masnica	He	T	1	1,7	I
<i>Dianthus sanguineus</i> Vis.	Krvavordeči klinček	He	Z	1	1,7	I

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste	Slovensko ime vrste	ŽO	BS	FR	FR%	FRr
<i>Erigeron acris</i> L.	Ostra suholetnica	He	Z	1	1,7	I
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.	Mandljevolistni mleček	Ha	Z	1	1,7	I
<i>Euphorbia dulcis</i> L.	Sladki mleček	He	Z	2	3,3	I
<i>Euphorbia verrucosa</i> L.	Bradavičasti mleček	He	Z	3	5,0	I
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	Travniška bilnica	He	T	24	40,0	II
<i>Festuca rubra</i> agg.	Rdeča bilnica	He	T	47	78,3	IV
<i>Festuca rupicola</i> Heuff.	Brazdnatolistna bilnica	He	T	22	36,7	II
<i>Filipendula vulgaris</i> Moench	Navadni oslad	He	Z	5	8,3	I
<i>Fragaria vesca</i> L.	Navadni jagodnjak	He	Z	5	8,3	I
<i>Galium boreale</i> L.	Severna lakota	He	Z	5	8,3	I
<i>Galium corrudifolium</i> Vill.	Ozkolistna lakota	He	Z	38	63,3	IV
<i>Galium mollugo</i> L.	Navadna lakota	He	Z	20	33,3	II
<i>Galium verum</i> L.	Prava lakota	He	Z	45	75,0	IV
<i>Gentiana lutea</i> L.	Rumeni svišč	He	Z	5	8,3	I
<i>Gentiana utriculosa</i> L.	Trebušasti svišč	Te	Z	1	1,7	I
<i>Gentianella ciliata</i> (L.) Borkh.	Resasti sviščevce	He	Z	2	3,3	I
<i>Geum urbanum</i> L.	Navadna sretena	He	Z	1	1,7	I
<i>Helianthemum ovatum</i> (Viv.) Dunal	Jajčasti popon	Ha	Z	15	25,0	II
<i>Helictotrichon pubescens</i> (Huds.) Pilger	Puhasta ovsika	He	T	20	33,3	III
<i>Hieracium hoppeanum</i> Schult.	Hoppejeva škržolica	He	Z	1	1,7	I
<i>Hippocrepis comosa</i> L.	Navadna podkvica	He	M	9	15,0	I
<i>Hypericum perforatum</i> L.	Šentjanževka	He	Z	23	38,3	II
<i>Inula ensifolia</i> L.	Mečastolistni oman	He	Z	2	3,3	I
<i>Iris graminea</i> L.	Travnolistna perunika	Ge	Z	1	1,7	I
<i>Juniperus communis</i> L.	Navadni brin	Fa	Z	1	1,7	I
<i>Knautia drymeia</i> Heuff.	Ogrsko grabljišče	He	Z	1	1,7	I
<i>Knautia illyrica</i> G. Beck	Ilirsko grabljišče	He	Z	11	18,3	I
<i>Koeleria lobata</i> (MB.) Roem. & Schult.	Bleščeča smiljica	He	T	12	20,0	I
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	Travniški grahor	He	M	50	83,3	V
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	Jesenski otavčič	He	Z	8	13,3	I
<i>Leontodon hispidus</i> L.	Navadni otavčič	He	Z	53	88,3	V
<i>Leucanthemum ircutianum</i> (Turcz.) DC.	Navadna ivanjščica	He	Z	24	40,0	II
<i>Leucanthemum liburnicum</i> (Horvatić)	Liburnijska ivanjščica	He	Z	12	20,0	I
<i>Lilium carniolicum</i> Bernh. ex Koch	Kranjska lilija	Ge	Z	1	1,7	I
<i>Linum catharticum</i> L.	Predivce	Te	Z	8	13,3	I
<i>Lolium perenne</i> L.	Trpežna ljuljka	He	T	2	3,3	I

se nadaljuje

nadaljevanje

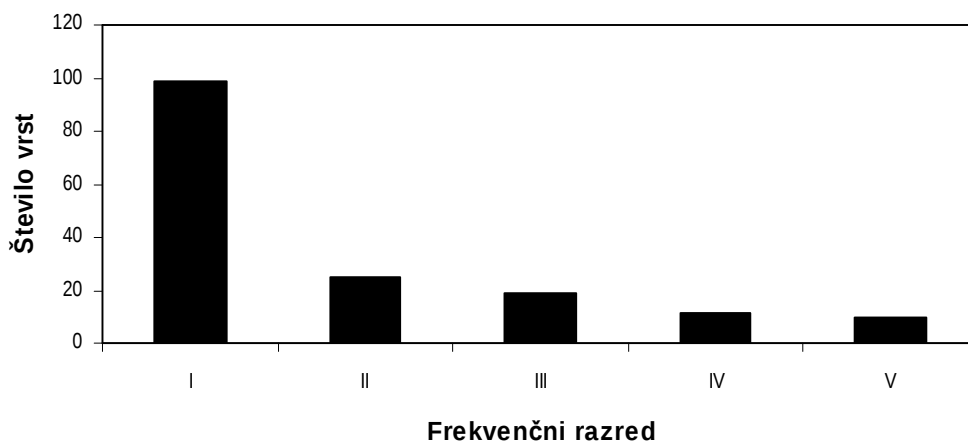
Latinsko ime vrste	Slovensko ime vrste	ŽO	BS	FR	FR%	FRr
<i>Lotus corniculatus</i> L.	Navadna nokota	He	M	45	75,0	IV
<i>Luzula campestris</i> (L.) DC.	Poljska bekica	He	Z	24	40,0	II
<i>Medicago lupulina</i> L.	Hmeljna meteljka	Te	M	33	55,0	III
<i>Medicago prostrata</i> Jacq.	Polegla meteljka	He	M	48	80,0	IV
<i>Molinia arundinacea</i> Schrank	Trstikasta stožka	He	T	1	1,7	I
<i>Muscari botryoides</i> (L.) Mill. em. Lam.	Jagodasta hrušica	Ge	Z	3	5,0	I
<i>Narcissus radiiflorus</i> Salisb.	Gorski narcis	Ge	Z	1	1,7	I
<i>Peucedanum oreoselinum</i> (L.) Moench	Gorski silj	He	Z	11	18,3	I
<i>Phleum pratense</i> L.	Travniški mačji rep	He	T	52	86,7	V
<i>Phyteuma spicatum</i> L.	Klasasti repuš	He	Z	6	10,0	I
<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	Navadni bedrenec	He	Z	33	55,0	III
<i>Plantago argentea</i> Chaix in Vill.	Liburnijski trpotec	He	Z	15	25,0	II
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Ozkolistni trpotec	He	Z	36	60,0	III
<i>Plantago major</i> L.	Veliki trpotec	He	Z	4	6,7	I
<i>Plantago media</i> L.	Srednji trpotec	He	Z	18	30,0	II
<i>Poa badensis</i> Haenke ex Willd.	Badenska latovka	He	T	5	8,3	I
<i>Poa pratensis</i> L.	Travniška latovka	He	T	48	80,0	IV
<i>Poa trivialis</i> L.	Navadna latovka	He	T	1	1,7	I
<i>Polygala nicaeensis</i> Risso ex Koch	Francoska grebenuša	He	Z	16	26,7	II
<i>Potentilla australis</i> Krašan	Južni petoprstnik	He	Z	10	16,7	I
<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rauschel	Srčna moč	He	Z	34	56,7	III
<i>Prunella vulgaris</i> L.	Navadna črnoglavka	Ha	Z	46	76,7	IV
<i>Ranunculus acris</i> L.	Ripeča zlatica	He	Z	33	55,0	III
<i>Ranunculus bulbosus</i> L.	Gomoljasta zlatica	He	Z	37	61,7	IV
<i>Ranunculus oreophilus</i> Bieb.	Hornschuchova zlatica	He	Z	2	3,3	I
<i>Rhinanthus minor</i> L.	Mali škrobotec	Te	Z	13	21,7	II
<i>Rosa canina</i> agg.	Navadni šipek	Fa	Z	3	5,0	I
<i>Rubus idaeus</i> L.	Malinjak	Fa	Z	2	3,3	I
<i>Rumex acetosa</i> L.	Navadna lislica	He	Z	11	18,3	I
<i>Salvia pratensis</i> L.	Travniška kadulja	He	Z	37	61,7	IV
<i>Sanguisorba muricata</i> (Spach) Gremli	Nagrbčanop. strašnica	He	Z	27	45,0	III
<i>Scabiosa triandra</i> L.	Poljski grintavec	He	Z	41	68,3	IV
<i>Scorzonera austriaca</i> Willd.	Avstrijski gadnjak	He	Z	1	1,7	I
<i>Sedum sexangulare</i> L.	Šesterokotna homulica	Ha	Z	5	8,3	I
<i>Silene nutans</i> L.	Kimasta lepnica	He	Z	6	10,0	I
<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke	Pokalica	Ha	Z	10	16,7	I

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste	Slovensko ime vrste	ŽO	BS	FR	FR%	FRr
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Jerebika	Fa	Z	1	1,7	I
<i>Stellaria graminea</i> L.	Travnata zvezdica	He	Z	7	11,7	I
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Navadna zvezdica	Te	Z	1	1,7	I
<i>Symphytum tuberosum</i> L.	Gomoljasti gabez	Ge	Z	3	5,0	I
<i>Taraxacum officinale</i> F. Weber	Navadni regrat	He	Z	55	91,7	V
<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	Navadni vrednik	Ha	Z	2	3,3	I
<i>Teucrium montanum</i> L.	Gorski vrednik	Ha	Z	3	5,0	I
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	Vetrovka	He	Z	3	5,0	I
<i>Thalictrum minus</i> L.	Mali talin	He	Z	2	3,3	I
<i>Thesium divaricatum</i> Jan. ex Mert.	Razkrečena lanika	He	Z	17	28,3	II
<i>Thymus praecox</i> Opiz	Rana materina dušica	Ha	Z	51	85,0	V
<i>Tragopogon orientalis</i> L.	Travniška kozja brada	He	Z	3	5,0	I
<i>Trifolium campestre</i> Schreber	Poljska detelja	Te	M	16	26,7	II
<i>Trifolium montanum</i> L.	Gorska detelja	He	M	25	41,7	III
<i>Trifolium pratense</i> L.	Črna detelja	He	M	51	85,0	V
<i>Trifolium repens</i> L.	Plazeča detelja	He	M	27	45,0	III
<i>Veronica arvensis</i> L.	Poljski jetičnik	Te	Z	23	38,3	II
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Vrednikov jetičnik	He	Z	60	100,0	V
<i>Veronica jacquinii</i> Baumg.	Jacquinov jetičnik	He	Z	3	5,0	I
<i>Veronica officinalis</i> L.	Zdravilni jetičnik	Ha	Z	7	11,7	I
<i>Vicia cracca</i> L.	Ptičja grašica	He	M	12	20,0	I
<i>Vicia sepium</i> L.	Obplotna grašica	He	M	1	1,7	I
<i>Viola canina</i> L.	Pasja vijolica	He	Z	1	1,7	I
<i>Viola hirta</i> L.	Srhkodlakava vijolica	He	Z	19	31,7	II
<i>Viola reichenbachiana</i> Jordan ex Boreau	Gozdna vijolica	He	Z	1	1,7	I

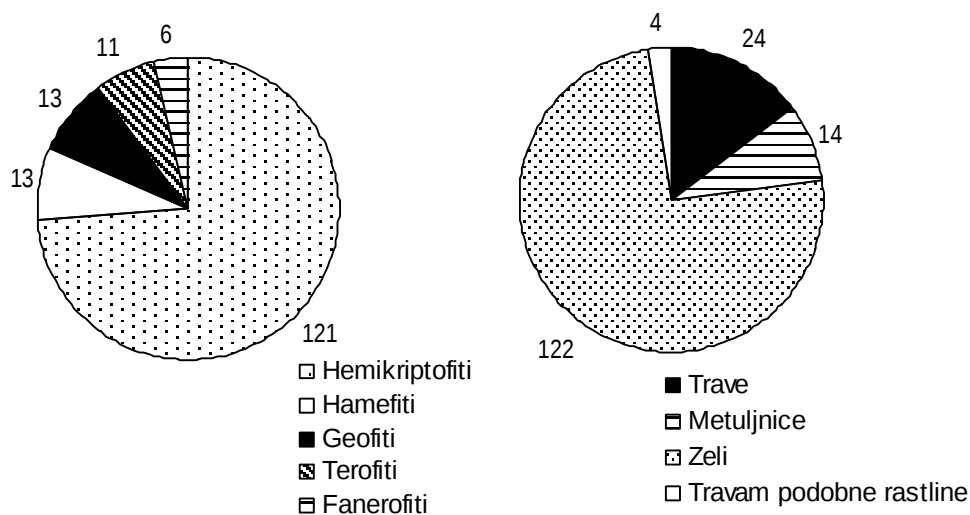
V celotnem obdobju raziskave smo na vseh popisnih ploskvah in vseh terminih popisovanja skupno določili 164 vrst. Najpogostejše pojavljajoče vrste (iz frekvenčnih razredov V in IV) so bile: *Achillea millefolium* agg., *Brachypodium rupestre* (Host) Roem. & Schult., *Bromus erectus* Huds., *Lathyrus pratensis* L., *Leontodon hispidus* L., *Phleum pratense* L., *Taraxacum officinale* F. Weber in Wiggers, *Thymus praecox* Opiz, *Trifolium pratense* L., *Veronica chamaedrys* L., *Cruciata glabra* (L.) Ehrend., *Festuca rubra* agg., *Galium corrudifolium* Vill., *Galium verum* L., *Lotus corniculatus* L., *Medicago prostrata* Jacq., *Poa pratensis* L., *Prunella vulgaris* L., *Ranunculus bulbosus* L., *Salvia pratensis* L. in *Scabiosa triandra* L.



Slika 29: Porazdelitev vrst, določenih v vseh popisih, v frekvenčne razrede

Figure 29: Distribution of total number of species into frequency classes

V prvi frekvenčni razred je bilo uvrščenih 99 vrst in le-te so predstavljale 60 % vseh vrst (Slika 29). V drugi razred je bilo uvrščenih 25 vrst oziroma 15 % od vseh popisanih vrst. Tretji razred je vseboval 19 vrst, četrti in peti razred pa skupaj 21 vrst. V vseh popisih se je pojavila samo *Veronica chamaedrys* L.



Slika 30: Razvrstitev vseh določenih rastlin (število) v popisih (Preglednica 9) po njihovi življenjski obliki in kmetijski botanični skupini

Figure 30: Arrangement of total number of species according to their life form and agricultural botanical group

Z vidika življenjskih oblik rastlin v ruši so prevladovali hemikriptofiti (72 %), sledili so hamefiti, geofiti in terofiti, vsak z deležem 8 %. Fanerofitov je bilo najmanj, in sicer samo 4 %. Delež travnih vrst je bil 15 %, vrst metuljnic je bilo 9 %, zeli so predstavljale največji delež (74 %) in vrst, ki spadajo v skupino travam podobne rastline je bilo 2 % (Slika 30).

Ob spomladanskem popisu ruše (1. junij) in izračunu Sorensenove mere podobnosti sta imeli največjo podobnost v sestavi ruše ponovitvi na postopku pašeno in gnojeno z NPK (80 %) in najbolj različni ruši sta bili med postopkoma pašeno in gnojeno s P ter nepašeno. Če smo izločili ponovitve popisov je bila podobnost med rušama največja (75 %) med postopkoma pašeno in gnojeno s P ter pašeno in gnojeno z NPK (Preglednica 10).

Preglednica 10: Sorensenova mera podobnosti (v deležu) med postopki ob spomladanskem popisu ruše (1-pašeno/NP, 2-pašeno/P, 3-pašeno/NPK, 4-pašeno, 5-nepašeno). Najmanjša in največja vrednost sta označeni krepko in vrednosti za ponovitev istega postopka so podčrtane

Table 10: Sorensen similarity index (in share) between treatments at spring aspect (1-grazed/NP, 2-grazed/P, 3-grazed/NPK, 4-grazed, 5-ungrazed). The lowest and highest values are bolded and underlined are values for replication of same treatment

	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5
1	<u>1.00</u>																			
1	<u>0.68</u>	<u>1.00</u>																		
1	<u>0.66</u>	<u>0.54</u>	<u>1.00</u>																	
1	<u>0.74</u>	<u>0.70</u>	<u>0.65</u>	<u>1.00</u>																
2	0.68	0.69	0.57	0.62	<u>1.00</u>															
2	0.61	0.69	0.55	0.59	<u>0.73</u>	<u>1.00</u>														
2	0.68	0.72	0.62	0.68	<u>0.76</u>	<u>0.78</u>	<u>1.00</u>													
2	0.63	0.74	0.53	0.62	<u>0.73</u>	<u>0.75</u>	<u>0.78</u>	<u>1.00</u>												
3	0.63	0.63	0.57	0.58	0.67	0.67	0.72	0.72	<u>1.00</u>											
3	0.64	0.62	0.55	0.62	0.63	0.67	0.73	0.75	<u>0.76</u>	<u>1.00</u>										
3	0.70	0.66	0.58	0.67	0.67	0.69	0.75	0.75	<u>0.77</u>	0.80	<u>1.00</u>									
3	0.64	0.60	0.63	0.62	0.65	0.72	0.72	0.65	<u>0.73</u>	<u>0.70</u>	<u>0.72</u>	<u>1.00</u>								
4	0.60	0.64	0.57	0.58	0.52	0.55	0.58	0.63	0.56	0.63	0.57	0.65	<u>1.00</u>							
4	0.47	0.62	0.48	0.45	0.47	0.61	0.56	0.59	0.60	0.61	0.52	0.57	<u>0.62</u>	<u>1.00</u>						
4	0.53	0.58	0.50	0.53	0.45	0.48	0.52	0.54	0.50	0.55	0.43	0.57	<u>0.65</u>	<u>0.64</u>	<u>1.00</u>					
4	0.48	0.62	0.43	0.44	0.44	0.48	0.47	0.47	0.44	0.48	0.44	0.53	<u>0.65</u>	<u>0.65</u>	<u>0.69</u>	<u>1.00</u>				
5	0.52	0.50	0.47	0.49	0.42	0.41	0.42	0.40	0.40	0.47	0.42	0.49	0.60	0.43	0.57	0.52	<u>1.00</u>			
5	0.53	0.65	0.50	0.54	0.49	0.52	0.53	0.58	0.53	0.56	0.52	0.62	0.72	0.70	0.64	0.64	<u>0.60</u>	<u>1.00</u>		
5	0.47	0.50	0.42	0.51	0.39	0.47	0.44	0.40	0.44	0.43	0.44	0.52	0.56	0.47	0.54	0.56	<u>0.62</u>	<u>0.64</u>	<u>1.00</u>	
5	0.44	0.53	0.39	0.40	0.40	0.48	0.43	0.45	0.43	0.46	0.43	0.49	0.66	0.51	0.51	0.57	<u>0.63</u>	<u>0.61</u>	<u>0.61</u>	<u>1.00</u>

Skoraj dva meseca kasneje (28. julij) smo v poletnem popisu največjo podobnost (84 %) v sestavi ruše izračunali med ponovitvama postopka pašeno in gnojeno z NP in najmanjšo podobnost (36 %) sta pokazali ruši na postopkih pašeno in gnojeno s P ter nepašeno. V primeru izločitve ponovitev na postopkih je bila največja podobnost v popisih med postopkoma pašeno in gnojeno z NP ter pašeno in gnojeno s P (Preglednica 11).

Preglednica 11: Sorensenova mera podobnosti (v deležu) med postopki ob poletnem popisu ruše (1-pašeno/NP, 2-pašeno/P, 3-pašeno/NPK, 4-pašeno, 5-nepašeno). Najmanjša in največja vrednost sta označeni krepko in vrednosti za ponovitve istega postopka so podčrtane

Table 11: Sorensen similarity index (in share) between treatments at summer aspect (1-grazed/NP, 2-grazed/P, 3-grazed/NPK, 4-grazed, 5-ungrazed). The lowest and highest values are bolded and underlined are values for replication of same treatment

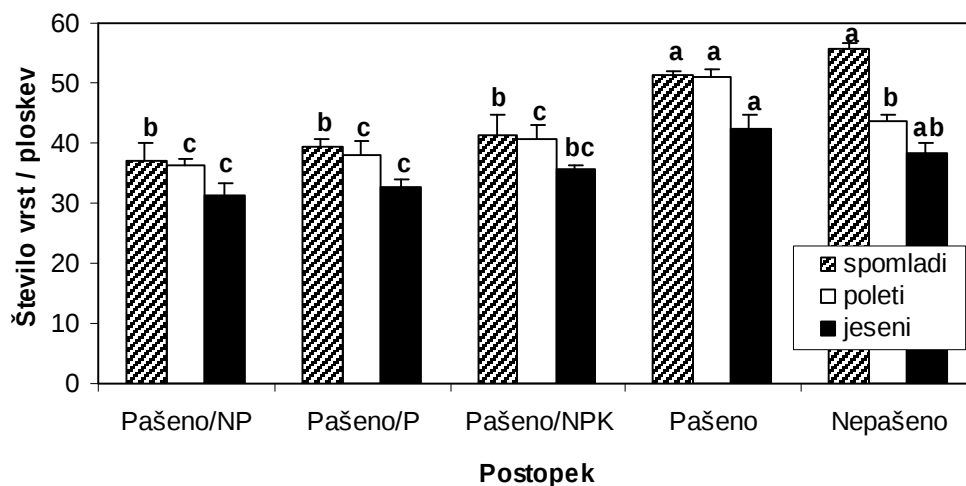
	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5
1	<u>1,00</u>																			
1	<u>0,84</u>	<u>1,00</u>																		
1	<u>0,80</u>	<u>0,80</u>	<u>1,00</u>																	
1	<u>0,69</u>	<u>0,73</u>	<u>0,68</u>	<u>1,00</u>																
2	0,69	0,68	0,65	0,56	<u>1,00</u>															
2	0,72	0,70	0,68	0,60	<u>0,73</u>	<u>1,00</u>														
2	0,62	0,61	0,60	0,56	<u>0,67</u>	<u>0,72</u>	<u>1,00</u>													
2	0,71	0,78	0,73	0,62	<u>0,65</u>	<u>0,68</u>	<u>0,63</u>	<u>1,00</u>												
3	0,70	0,66	0,63	0,54	0,67	0,74	0,65	0,58	<u>1,00</u>											
3	0,68	0,69	0,72	0,62	0,70	0,70	0,76	0,72	<u>0,71</u>	<u>1,00</u>										
3	0,58	0,62	0,59	0,49	0,65	0,63	0,63	0,61	<u>0,68</u>	<u>0,77</u>	<u>1,00</u>									
3	0,66	0,69	0,64	0,59	0,63	0,70	0,69	0,67	<u>0,76</u>	<u>0,77</u>	<u>0,74</u>	<u>1,00</u>								
4	0,50	0,53	0,51	0,47	0,51	0,52	0,50	0,55	0,60	0,64	0,69	0,64	<u>1,00</u>							
4	0,45	0,54	0,53	0,42	0,44	0,45	0,48	0,53	0,54	0,54	0,58	0,58	<u>0,69</u>	<u>1,00</u>						
4	0,42	0,50	0,52	0,41	0,45	0,42	0,44	0,54	0,51	0,59	0,61	0,61	<u>0,75</u>	<u>0,82</u>	<u>1,00</u>					
4	0,49	0,50	0,54	0,43	0,47	0,42	0,38	0,51	0,49	0,50	0,55	0,54	<u>0,65</u>	<u>0,60</u>	<u>0,68</u>	<u>1,00</u>				
5	0,48	0,54	0,51	0,47	0,51	0,43	0,36	0,53	0,48	0,49	0,55	0,51	0,56	0,50	0,53	0,61	<u>1,00</u>			
5	0,46	0,52	0,54	0,52	0,47	0,43	0,43	0,53	0,48	0,54	0,57	0,56	0,65	0,61	0,63	0,67	<u>0,66</u>	<u>1,00</u>		
5	0,54	0,55	0,50	0,48	0,55	0,54	0,52	0,60	0,53	0,58	0,56	0,60	0,65	0,53	0,56	0,56	<u>0,56</u>	<u>0,61</u>	<u>1,00</u>	
5	0,38	0,46	0,43	0,41	0,41	0,42	0,40	0,47	0,40	0,49	0,45	0,51	0,53	0,53	0,60	0,63	<u>0,52</u>	<u>0,59</u>	<u>0,55</u>	<u>1,00</u>

V jesenskem popisu ruše (17. september) so bile vrednosti za mero podobnosti najmanjše. Tako je bila največja podobnost (76 %) dosežena v primerjavi ponovitev na postopku samo pašeno in najbolj različni (30 %) sta si bili ploskvi med postopkoma pašeno in gnojeno s P ter samo pašeno. Če smo pri primerjavi izločili ponovitve popisov na istih postopkih, smo največjo podobnost (76 %) dobili med postopkoma pašeno in gnojeno s P ter pašeno in gnojeno z NPK (Preglednica 12). Najmanjše vrednosti za različnost med ploskvami se tudi v primeru izločitve ponovitev popisov na istih postopkih niso spremenile.

Preglednica 12: Sorensenova mera podobnosti (v deležu) med postopki ob jesenskem popisu ruše (1-pašeno/NP, 2-pašeno/P, 3-pašeno/NPK, 4-pašeno, 5-nepašeno). Najmanjša in največja vrednost sta označeni krepko in vrednosti za ponovitve istega postopka so podčrtane

Table 12: Sorensen similarity index (in share) between treatments at autumn aspect (1-grazed/NP, 2-grazed/P, 3-grazed/NPK, 4-grazed, 5-ungrazed). The lowest and highest values are bolded and underlined are values for replication of same treatment

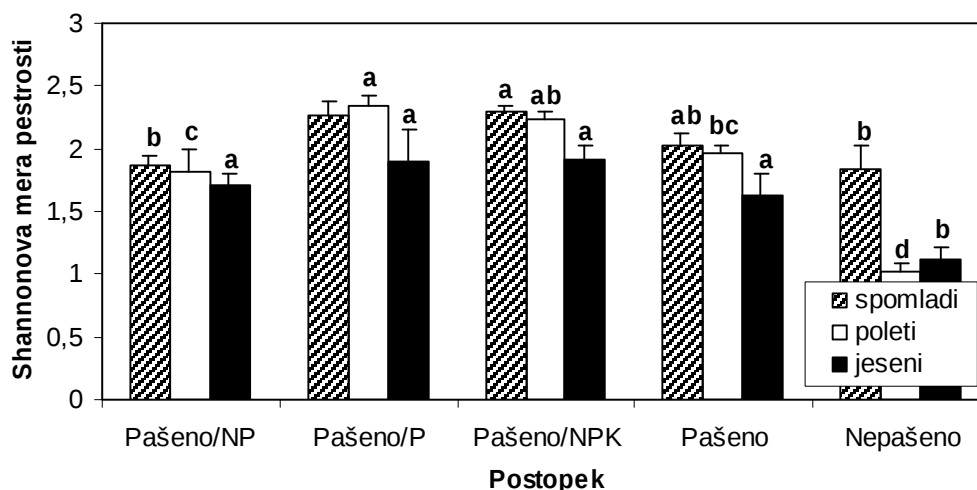
	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5
1	<u>1,00</u>																			
1	<u>0,70</u>	<u>1,00</u>																		
1	<u>0,70</u>	<u>0,70</u>	<u>1,00</u>																	
1	<u>0,73</u>	<u>0,60</u>	<u>0,67</u>	<u>1,00</u>																
2	0,57	0,54	0,63	0,49	<u>1,00</u>															
2	0,71	0,56	0,55	0,65	<u>0,58</u>	<u>1,00</u>														
2	0,67	0,67	0,54	0,63	<u>0,54</u>	<u>0,74</u>	<u>1,00</u>													
2	0,65	0,68	0,64	0,71	<u>0,48</u>	<u>0,63</u>	<u>0,65</u>	<u>1,00</u>												
3	0,65	0,65	0,65	0,58	0,52	0,69	0,62	0,66	<u>1,00</u>											
3	0,74	0,69	0,75	0,66	0,62	0,69	0,63	0,76	<u>0,75</u>	<u>1,00</u>										
3	0,61	0,58	0,58	0,54	0,60	0,65	0,61	0,55	<u>0,68</u>	<u>0,63</u>	<u>1,00</u>									
3	0,62	0,62	0,59	0,58	0,55	0,57	0,62	0,63	<u>0,54</u>	<u>0,61</u>	<u>0,62</u>	<u>1,00</u>								
4	0,58	0,56	0,52	0,46	0,55	0,64	0,50	0,50	0,54	0,58	0,61	0,59	<u>1,00</u>							
4	0,61	0,64	0,55	0,51	0,43	0,51	0,55	0,55	0,59	0,60	0,58	0,59	<u>0,63</u>	<u>1,00</u>						
4	0,56	0,54	0,55	0,49	0,58	0,59	0,53	0,51	0,57	0,55	0,61	0,54	0,76	<u>0,59</u>	<u>1,00</u>					
4	0,41	0,42	0,35	0,33	0,38	0,38	0,41	0,30	0,35	0,39	0,47	0,50	<u>0,66</u>	<u>0,64</u>	<u>0,62</u>	<u>1,00</u>				
5	0,54	0,57	0,51	0,41	0,43	0,47	0,49	0,43	0,42	0,54	0,42	0,50	0,55	0,62	0,58	0,51	<u>1,00</u>			
5	0,55	0,55	0,43	0,48	0,46	0,51	0,55	0,44	0,51	0,49	0,40	0,43	0,48	0,47	0,56	0,47	<u>0,54</u>	<u>1,00</u>		
5	0,50	0,53	0,44	0,36	0,36	0,43	0,47	0,38	0,46	0,45	0,40	0,49	0,49	0,56	0,54	0,55	<u>0,63</u>	<u>0,53</u>	<u>1,00</u>	
5	0,51	0,51	0,41	0,43	0,35	0,46	0,51	0,41	0,41	0,45	0,40	0,52	0,65	0,60	0,55	0,58	<u>0,61</u>	<u>0,54</u>	<u>0,60</u>	<u>1,00</u>



Slika 31: Število vrst na različnih postopkih in v različnih sezonskih aspektih

Figure 31: Species richness at different treatments and seasonal aspects

Največje število vrst (55) je bilo določeno na postopku nepašeno v spomladanskem aspektu (Slika 31). Skupaj s postopkom pašeno (51 vrst) je bilo število vrst spomladi na teh dveh postopkih statistično značilno večje od števila vrst na ostalih treh postopkih. Najmanjše število vrst (31) smo določili na postopku pašeno in gnojeno z NP v jesenskem aspektu. Znotraj sezonskega aspekta se je število vrst na vsakem postopku ob vsakem popisu zmanjševalo, kar je bilo še najbolj očitno na zadnjem postopku (nepašeno).

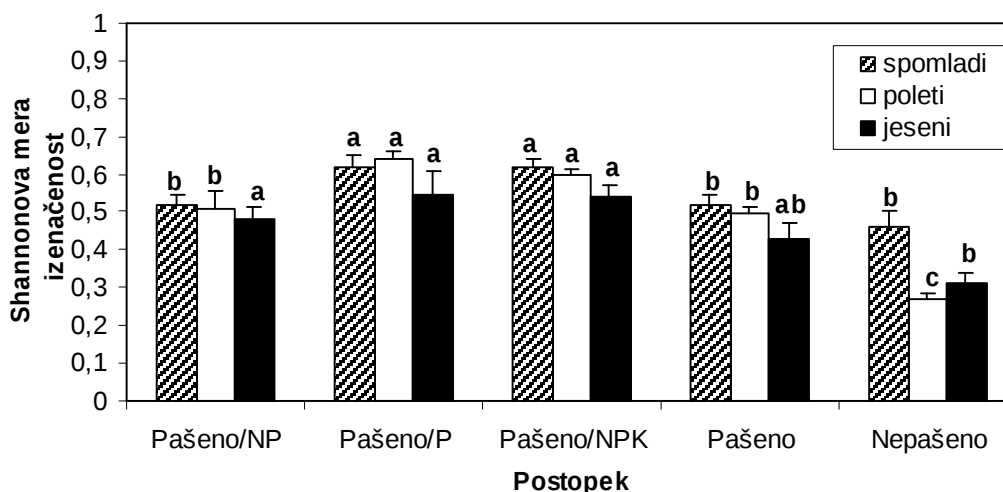


Slika 32: Shannonova mera pestrosti v različnih postopkih in sezonskih aspektih

Figure 32: Shannon diversity index at different treatments and seasonal aspects

Na sliki 32 opazimo, da je bila najmanjša Shannonova mera pestrosti v ruši (1,02) izračunana na postopku nepašeno v poletnem aspektu in največja (2,34) je bila na postopku

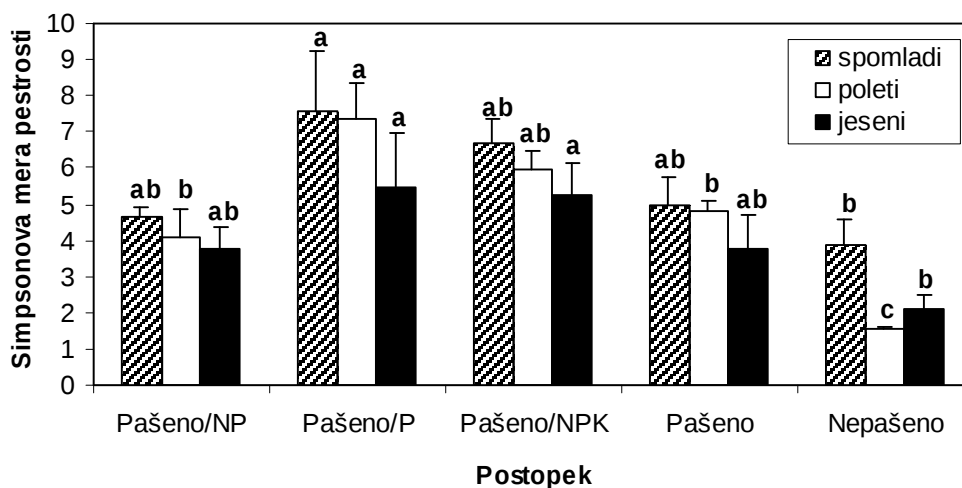
pašeno in gnojeno s fosforjem, prav tako v poletnem aspektu. Slednja je bila tudi statistično značilno največja, če se primerja med seboj postopke znotraj poletnega aspekta. Na postopku nepašeno se je pestrost v poletnem in jesenskem aspektu bistveno bolj zmanjšala kot na ostalih postopkih. Pestrost ruše na drugem in tretjem postopku je v vseh sezonskih aspektih značilno večja od drugih postopkov.



Slika 33: Shannonova mera izenačenosti v različnih postopkih in sezonskih aspektih

Figure 33: Shannon evenness at different treatments and seasonal aspects

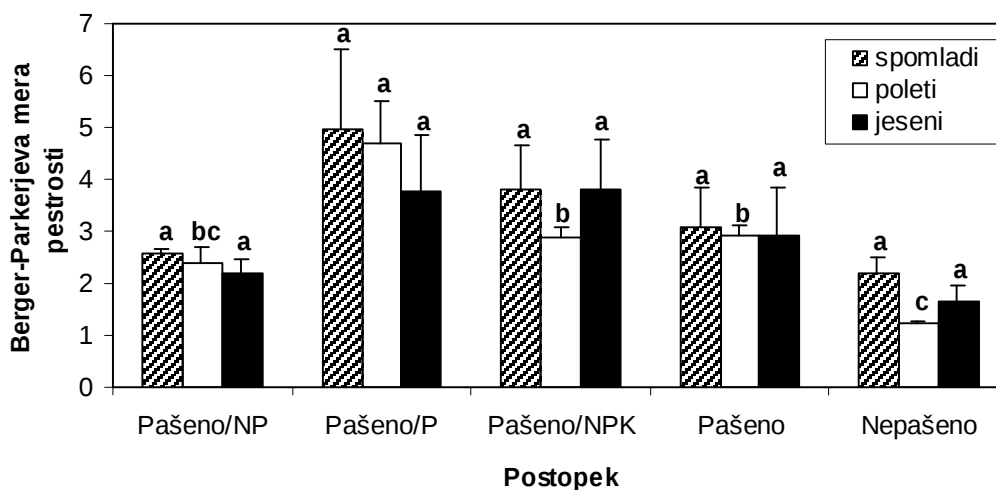
Izračunana Shannonova mera izenačenosti (Slika 33) nam lahko da drugi del informacije o tem, katera ruša je po vrstni sestavi več vredna. Največja izenačenost v ruši (0,64) je bila dosežena na postopku pašeno in gnojeno s fosforjem v poletnem aspektu. Skupaj z rušo na tretjem postopku sta bili statistično značilno največji. Najmanjša izenačenost (0,27) je bila na postopku nepašeno, prav tako v poletnem aspektu in je bila hkrati tudi statistično značilno manjša od vseh ostalih. Variabilnost v izenačenosti ruše med postopki znotraj sezonskih aspektov ni bila velika z izjemo zadnjega postopka.



Slika 34: Simpsonova mera pestrosti v različnih postopkih in sezonskih aspektih

Figure 34: Simpson diversity index at different treatments and seasonal aspects

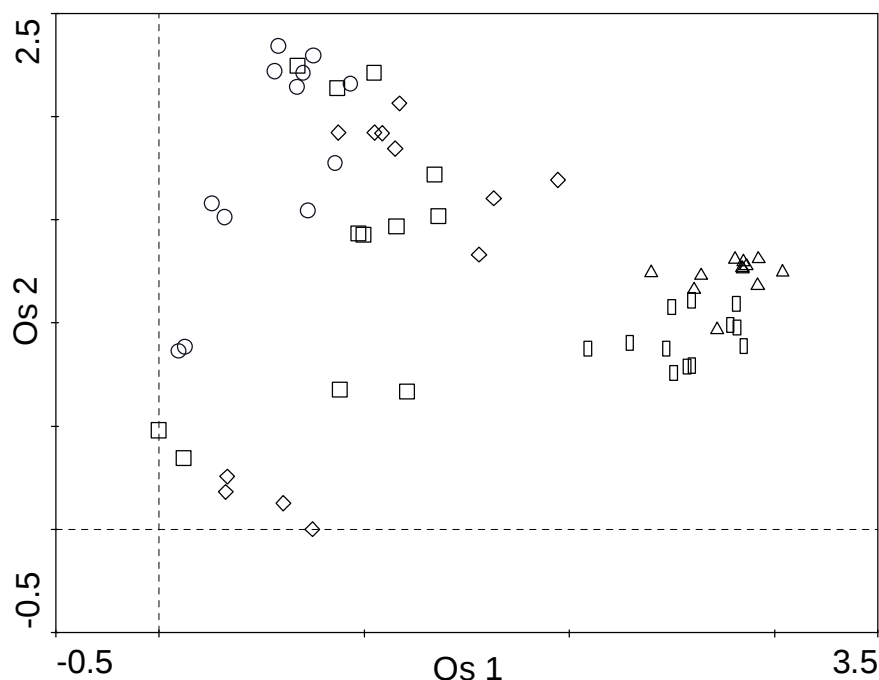
Tudi na sliki 34 je opazen trend padanja mere pestrosti, podobno kot na slikah 32 in 33. Z izjemo zadnjega postopka se pestrost znotraj aspektov na vseh preostalih postopkih zmanjšuje. Največja Simpsonova mera pestrosti (7,56) je bila izračunana na postopku pašeno in gnojeno s fosforjem v spomladanskem aspektu. Najmanjšo mero pestrosti je imela ruša na postopku nepašeno v poletnem aspektu in je bila statistično značilno najmanjša med vsemi postopki tega sezonskega aspekta. Tako v primerjavi postopkov kot sezonskih aspektov je postopek nepašeno vedno imel najmanjše vrednosti za Simpsonovo mero pestrosti.



Slika 35: Berger-Parkerjeva mera pestrosti v različnih postopkih in sezonskih aspektih

Figure 35: Berger-Parker diversity index at different treatments and seasonal aspects

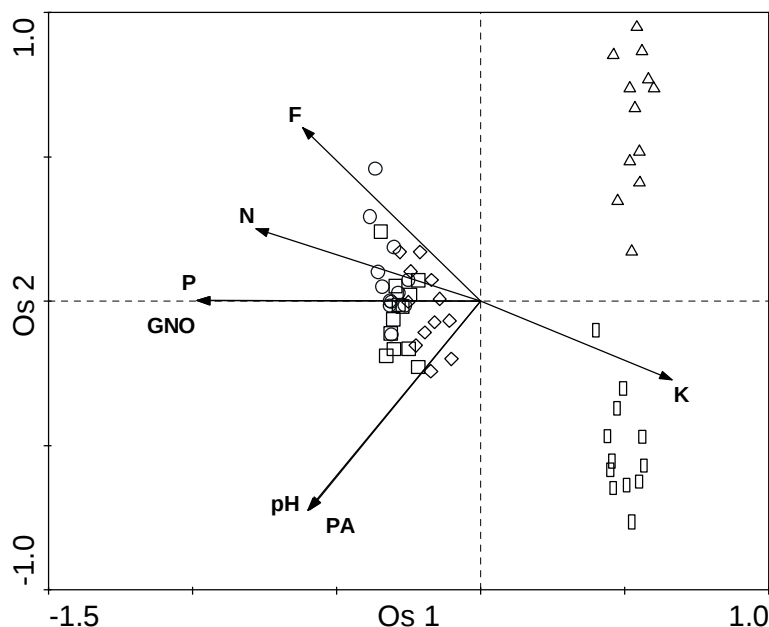
Tudi iz slike 35 lahko vidimo trend zmanjševanja Berger-Parkerjeve mere pestrosti v odvisnosti od rabe in vnosa hranil ter sezonskega aspekta. Berger-Parkerjeva mera pestrosti, ki nam pove, kako velik delež v ruši zaseda najbolj dominantna vrsta v popisu, je bila največja (4,98) na postopku pašeno in gnojeno s fosforjem v spomladanskem aspektu. Najmanjša (1,25) je bila na postopku nepašeno v poletnem aspektu. Slika 35 je podobna sliki 34, samo vrednosti za mero so manjše.



Slika 36: Ordinacijski diagram za prvi dve osi pri korespondenčni analizi popisov na vseh petih postopkih ($\circ$ -pašeno/NP, $\square$ -pašeno/P, $\diamond$ -pašeno/NPK, $\bullet$ -pašeno, $\triangle$ -nepašeno)

Figure 36: Ordination diagram for the first two axes of the correspondence analysis of relevés at all five treatments ($\circ$ -grazed/NP, $\square$ -grazed/P, $\diamond$ -grazed/NPK, $\bullet$ -grazed, $\triangle$ -ungrazed)

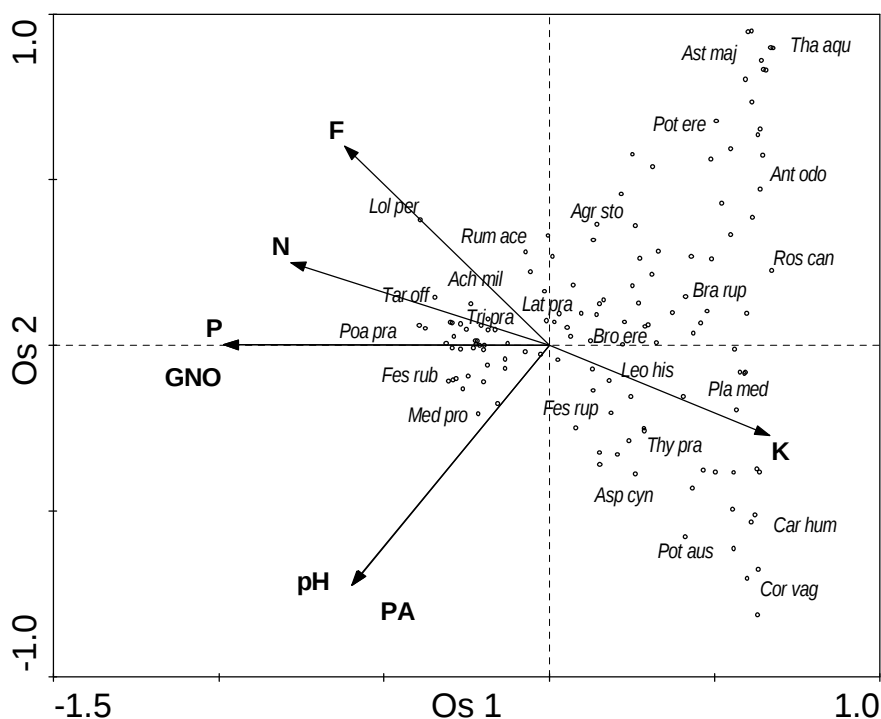
Pri multivariatni obdelavi podatkov iz popisov ploskev na različnih postopkih in v različnih sezonskih aspektih smo najprej uporabili postopek iz skupine indirektnih metod, in sicer korespondenčno analizo. Ta predpostavi unimodalno razporeditev vrst v travni ruši. S to metodo smo želeli ugotoviti, kako podobni so si popisi med seboj glede na vrste, ki se pojavljajo v popisih. Lastne vrednosti prvih štirih korespondenčnih osi so bile 0,59; 0,29; 0,16 in 0,12. Te osi so skupaj pojasnile 18,1; 27,2; 31,9 in 35,6 % variabilnosti vrst. Na sliki 36 prva os dobro loči popise prvih treh postopkov od postopkov samo pašeno in nepašeno. Tudi glede na sezonski aspekt so popisi zadnjih dveh postopkov jasno ločeni od ostalih popisov. Druga os pokaže, da v popisih prvih treh postopkov, kadar jih primerjamo med sezonskimi aspekti, obstajajo razlike, medtem ko za zadnja dva postopka to ne velja.



Slika 37: Ordinacijski diagram za prvi dve osi pri kanonični korespondenčni analizi med popisi na vseh petih postopkih ($\triangle$ -pašeno/NP, $\square$ -pašeno/P, $\circ$ -pašeno/NPK, $\bullet$ -pašeno, $\circ$ -nepašeno) in okoljskimi spremenljivkami (PA-paša, pH-reakcija tal, GNO-gnojenje, P-fosfor, N-zahteve vrste po dušiku v tleh, F-vlagoljubnost, K-kontinentalnost)

Figure 37: Ordination diagram for the first two axes of the canonical correspondence analysis between releves at all five treatments ($\triangle$ -grazed/NP, $\square$ -grazed/P, $\circ$ -grazed/NPK, $\bullet$ -grazed, $\circ$ -ungrazed) and environmental variables (PA-grazing, pH-soil reaction, GNO-fertilisation, P-phosphorus, N-soil nitrogen, F-soil moisture, K-continentality)

Od sedmih okoljskih dejavnikov jih je bilo šest (paša, gnojenje, fosfor, zahteve vrste po dušiku v tleh, vlagoljubnost, kontinentalnost) pomembnih za iskanje povezav med postopki in sestavo travne ruše. Sedmi dejavnik (reakcija tal) je na sliki 37 prikazan kot dopolnilna spremenljivka. Lastne vrednosti prvih štirih kanoničnih osi so bile 0,32; 0,11; 0,07 in 0,06. Te osi so skupaj razložile 15,0; 20,1; 23,3 in 26 % variabilnosti vrst in 51,2; 68,5; 79,6 in 88,9 % variabilnosti odnosa med vrstami in okoljskimi dejavniki. Prva kanonična os je bila negativno korelirana z režimom gnojenja, zalogo fosforja v tleh in zahtevo vrst po dušiku v tleh ter pozitivno povezana s kontinentalnostjo. Za drugo os je bila značilna dobra korelacija s kontinentalnostjo in režimom paše. Popisi (za vsak postopek 20) so združeni v tri grozde, saj zaradi dejavnika gnojenje, ki je imel vrednost prisotno/odsotno, ni večjih razlik v popisih prvih treh postopkov.



Slika 38: Ordinacijski diagram za prvi dve osi pri kanonični korespondenčni analizi med vrstami na vseh petih postopkih (TM-pašeno/NP, £-pašeno/P, ¯-pašeno/NPK, •-pašeno, r -nepašeno) in okoljskimi spremenljivkami (PA-paša, pH-reakcija tal, GNO-gnojenje, P-fosfor, N-zahteve vrste po dušiku v tleh, F-vlagoljubnost, K-kontinentalnost)

Figure 38: Ordination diagram for the first two axes of the canonical correspondence analysis between species at all five treatments (TM-grazed/NP, £-grazed/P, ¯-grazed/NPK, •-grazed, r -ungrazed) and environmental variables (PA-grazing, pH-soil reaction, GNO-fertilisation, P-phosphorus, N-soil nitrogen, F-soil moisture, K-continentality)

Na sliki 38 je prikazana ordinacija med okoljskimi dejavniki in vrstami iz popisov. Pomembnejše vrste iz popisov imajo ob točki v diagramu tudi kratico v obliki prvih treh črk rodovnega in vrstnega latinskega imena. Vrste, ki so nastopale v popisih postopka nepašeno (Slika 38) so značilne za rušo majhne proizvodnosti na proučevanem območju. To so *Carex humilis* (Car hum), *Potentilla australis* (Pot aus), *Coronilla vaginalis* (Cor vag), *Thymus praecox* (Thy pra), *Festuca rupicola* (Fes rup), *Asperula cynanchica* (Asp cyn), *Thalictrum minus*, *Polygala nicaensis* in *Leuchanthemum liburnicum*. Vrste, ki so se pojavljale v popisih postopka nepašeno in so značilne za gozdni rob, grmovnato vegetacijo ali se pojavljajo na opuščenih zemljiščih, so bile: *Thalictrum aquilegiifolium* (Tha aqu), *Astrantia major* (Ast maj), *Potentilla erecta* (Pot ere), *Brachypodium rupestre* (Bra rup), *Rosa canina* (Ros can), *Rubus idaeus*, *Daphne mezerum* in *Hypericum perforatum*.

4.2 SEZONSKO SPREMINJANJE GLOMALINA

V tem poskusu zbrani podatki prikazujejo variabilnost glomalina zaradi različne vrste tal, načina rabe ter časa vzorčenja znotraj rastne sezone. Vpliv vsakega proučevanega dejavnika ni analiziran posebej, ampak so prikazane vsebnosti glomalina v slikah kot rezultat združenega vpliva. Prvo vzorčenje je bilo opravljeno 8. junija, saj je začetek rasti ruše na tej nadmorski višini in zaradi ostalih klimatskih dejavnikov kasnejši. Nato je vzorčenje potekalo vsakih 14 ($\pm 4,4$) dni do konca oktobra. V preglednici 13 so zbrani analitski podatki o tleh na vseh štirih lokacijah. Za vsako lokacijo sta bila analizirana dva vzorca tal in sta tudi navedena v preglednici.

Preglednica 13: Vrednosti talnih parametrov na lokacijah poskusa sezonsko spreminjanje glomalina

Table 13: Chemical and physical properties of soils at four locations in experiment with seasonality of glomalin

Parameter	Lokacija			
	Pašnik 2	Virbašnji dol	Pašnik 3	Pašnik 3 izven
pH (CaCl ₂)	6,6; 6,5	4,4; 6,9	5,6; 5,8	5,3; 5,1
P ₂ O ₅ (mg100 g ⁻¹ tal)	3,3; 1,7	3,8; 7,3	1,4; 1,5	1,9; 2,4
K ₂ O (mg100 g ⁻¹ tal)	17,8; 12,6	13,0; 21,8	12,3; 14,9	15,3; 16,1
Organska snov (%)	29,2; 19,5	9,4; 11,8	22,3; 25,6	28,9; 32,5
C (%)	16,9; 11,3	5,4; 6,8	12,9; 14,8	16,7; 18,8
CN razmerje	14,3; 15,7	12,0; 12,8	16,5; 13,3	13,5; 11,9
N skupni (%)	1,18; 0,72	0,45; 0,53	0,78; 1,11	1,24; 1,58
Pesek (%)	15,9; 2,3	5,3; 2,1	9,9; 14,2	6,2; 21,7
Grobi melj (%)	25,1; 21,1	21,4; 17,4	9,6; 21,7	32,1; 31,8
Fini melj (%)	36,4; 50,9	45,4; 50,5	53,1; 38,2	41,6; 32,8
Skupni melj (%)	61,5; 72,0	66,8; 67,9	62,7; 59,9	73,7; 64,6
Glina (%)	22,6; 25,7	27,9; 30,0	27,4; 25,9	20,1; 13,7
Teksturni razred	MI; MGI-MI	MGI; MGI	MGI; MI-MGI	MI; MI

Najnižji in najvišji pH tal (4,4 in 6,9) sta bila določena v vzorcu tal na lokaciji Virbašnji dol. Založenost tal s fosforjem in kalijem je bila na vseh lokacijah majhna (razred A po AL metodi), še posebej na zadnjih dveh. Velik delež organske snovi v tleh zadnjih dveh lokacij je posledica druge vrste tal, in sicer je bila tam rendzina.

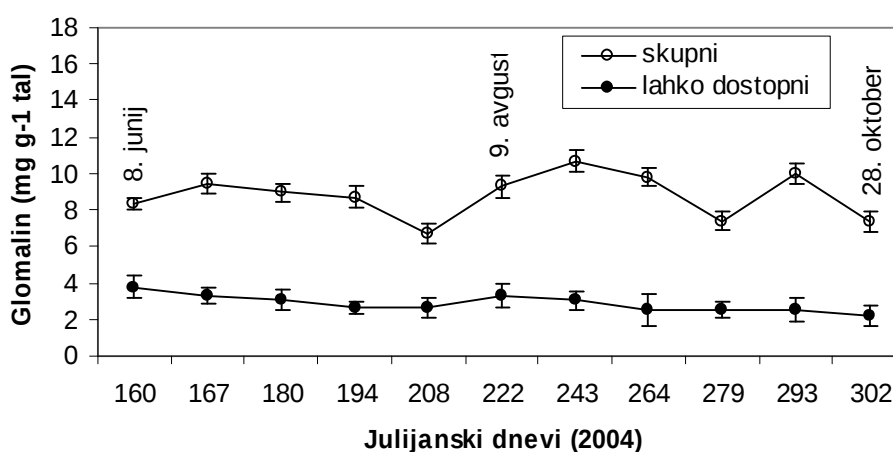
Vrednosti za p (Preglednica 14) v primeru primerjave povprečne vrednosti za skupni glomalin na vseh štirih lokacijah skozi sezono so bile med 0,003 in 0,022, torej manjše od 0,05. Statistično značilnih razlik v vsebnosti lahko dostopnega glomalina v tleh skozi sezono na vseh štirih lokacijah ni bilo.

Preglednica 14: F in p vrednosti ter odstotek spremembe v vsebnosti glomalina. P vrednosti < 0,05 so označene krepko

Table 14: F-, p- and procentage of change values for glomalin content in the soil. P values < 0,05 are bolded

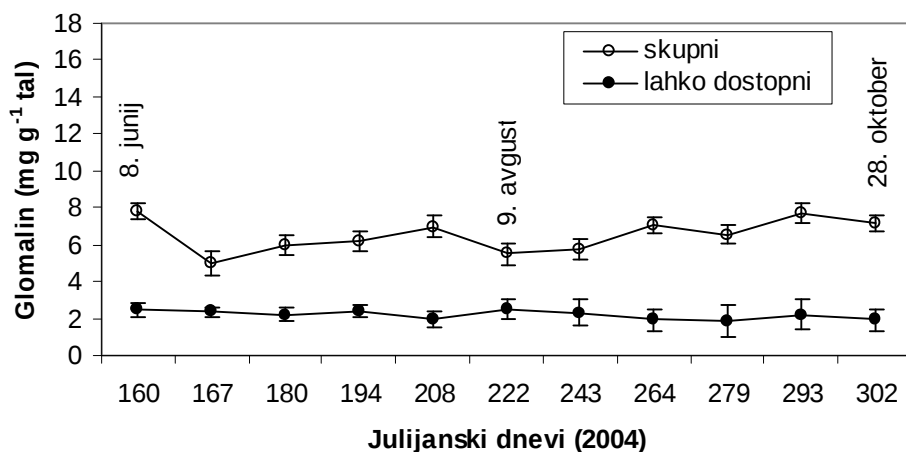
Lokacija	Glomalin	F	p	% spremembe
Pašnik 2	lahko dostopni	1,231	0,101	73
	skupni	5,212	0,016	59
Virbašnji dol	lahko dostopni	1,511	0,08	35
	skupni	7,245	0,022	57
Pašnik 3	lahko dostopni	2,124	0,101	90
	skupni	5,879	0,018	29
Pašnik 3 nepašeno	lahko dostopni	1,321	0,212	73
	skupni	4,579	0,003	42

Na lokaciji Pašnik 2 (Slika 39) je količina lahko dostopnega glomalina skozi sezono padala in razlika med največjo in najmanjšo vrednostjo je bila 73 % (Preglednica 14). Skupni glomalin je bil skozi sezono bolj variabilen, saj je njegova vsebnost najprej padala in potem naraščala. To se je do konca sezone ponovilo še dvakrat. Največja vsebnost lahko dostopnega glomalina v tleh je bila 3,78 mg g⁻¹ tal in vsebnost skupnega glomalina 10,68 mg g⁻¹ tal.



Slika 39: Obliki glomalina v tleh pašnika skozi sezono na lokaciji Pašnik 2. Točke z ročajem predstavljajo standardno napako povprečja (n=5)

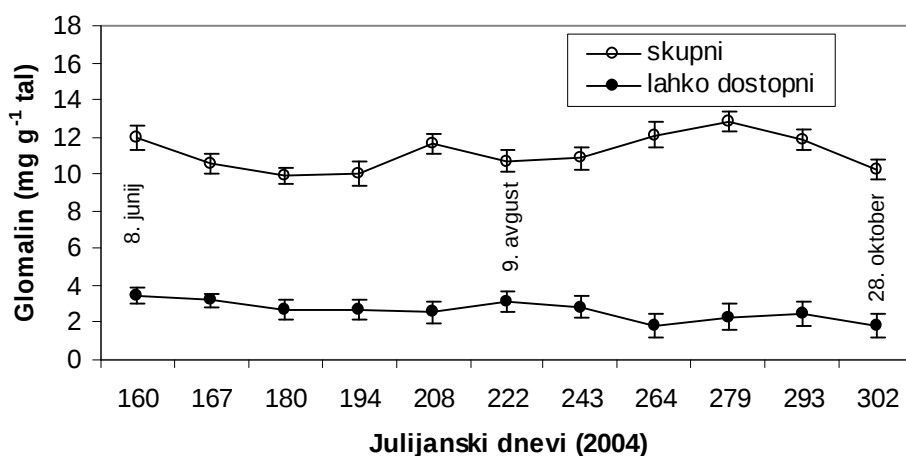
Figure 39: Forms of glomalin in pasture soil through season on Pasture 2 location. Error bars represent standard errors of the mean values (n=5)



Slika 40: Obliki glomalina v tleh pašnika skozi sezono na lokaciji Virbašnji dol. Točke z ročajem predstavljajo standardno napako povprečja (n=5)

Figure 40: Forms of glomalin in pasture soil through season on Virbašnji dol location. Error bars represent standard errors of the mean values (n=5)

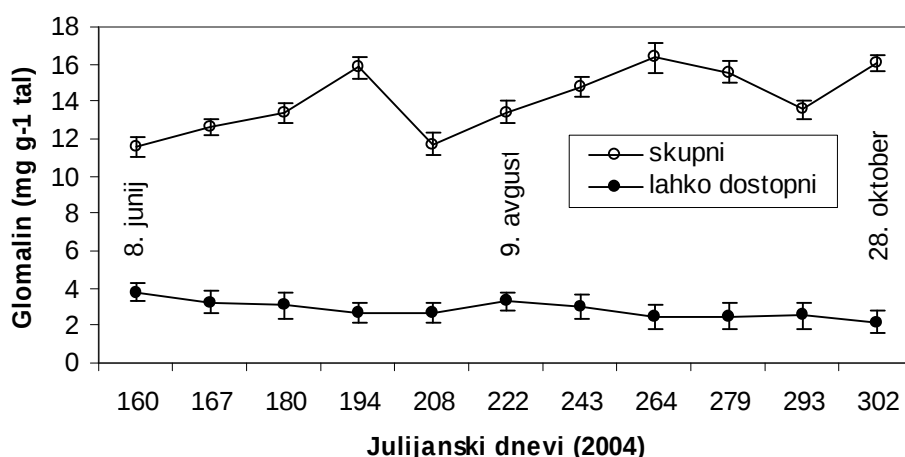
Tudi na lokaciji Virbašnji dol (Slika 40) je značilna majhna vsebnost lahko dostopnega glomalina, vendar je bila njegova variabilnost manjša (35 %) kot na prejšni lokaciji. Največja (7,81 mg g⁻¹ tal) in najmanjša (4,97 mg g⁻¹ tal) vsebnost skupnega glomalina sta bili določeni v prvih dveh datumih vzorčenja. Tudi na tej lokaciji se je vsebnost skupnega glomalina spreminjala skozi sezono.



Slika 41: Obliki glomalina v tleh pašnika skozi sezono na lokaciji Pašnika 3. Točke z ročajem predstavljajo standardno napako povprečja (n=5)

Figure 41: Forms of glomalin in pasture soil through season on Pasure 3 location. Error bars represent standard errors of the mean values (n=5)

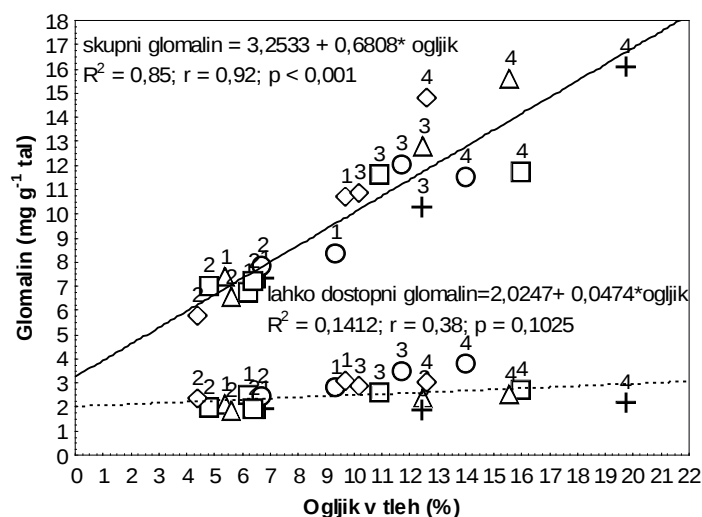
S spremembo vrste tal in intenzivnosti rabe se je tudi vsebnost skupnega, ne pa tudi lahko dostopnega, glomalina spremenila. Sprememba v vsebnosti lahko dostopnega glomalina je bila na tej lokaciji kar 90 % in sicer je proti koncu sezone padala. Najmanjša vrednost za skupni glomalin ($9,89 \text{ mg g}^{-1} \text{ tal}$) je tukaj znašala približno toliko, kot je znašala največja vrednost na prejšnjih dveh lokacijah. Na sliki 41 sta na krivulji skupnega glomalina opazna dva vrhova. Na slikah 39 in 40 so pri krivulji skupnega glomalina opazni trije vrhovi.



Slika 42: Obliki glomalina v tleh pašnika skozi sezono na lokaciji Pašnika 3 izven. Točke z ročajem predstavljajo standardno napako povprečja ($n=5$)

Figure 42: Forms of glomalin in pasture soil through season on Pasture 3 location outside. Error bars represent standard errors of the mean values ($n=5$)

Na zadnji lokaciji, kjer nadzorovana paša drobnice ni potekala, so bile vrednosti za skupni glomalin skozi celo sezono med vsemi lokacijami največje ($16,34 \text{ mg g}^{-1} \text{ tal}$). Tudi na tej lokaciji sta se pojavila na krivulji skupnega glomalina (Slika 42) dva vrhova. Vsebnost lahko dostopnega glomalina je vseskozi padala. Sprememba med največjo in najmanjšo vrednostjo je bila 73 %.



Slika 43: Povezava med ogljikom in obema oblikama glomalina v tleh skozi celotno obdobje rasti na štirih lokacijah (1-Pašnik 2, 2-Virbašnji dol, 3- Pašnik 3, 4-Pašnik 3 izven) in ob petih datumih vzorčenja ($\odot$ -8.6., $\square$ -26.7., $\triangle$ -30.8., $+$ -5.10. +28.10.)

Figure 43: Relationship between carbon and both forms of glomalin in soil through growing season on four locations (1-Pasture 2, 2-Virbašnji dol, 3- Pasture 3, 4-Pasture 3 outside) and at five sampling dates ($\odot$ -8.6., $\square$ -26.7., $\triangle$ -30.8., $+$ -5.10. +28.10.)

Variabilnost ogljika v tleh na vseh štirih lokacijah je pojasnila večji del variabilnosti skupnega (85 %) kot pa lahko dostopnega (14 %) glomalina. Bila je statistično značilna. Na sliki 43 je prikazano kako se lokaciji 3 in 4 glede povezave med ogljikom in glomalinom jasno ločita od lokacij 1 in 2.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Vse organske snovi vsebujejo ogljik in vsak ekosistem (vodni ali kopenski) predstavlja tako vir kot tudi ponor tega elementa. Sproščanje CO₂ kot rezultat dihanja organizmov in razgradnje organske snovi ter njegova poraba v procesu fotosinteze je lahko v ravnotežju pri počasnem spreminjanju razmer za potek teh procesov. Organska snov tal, ki vsebuje kar trikrat več ogljika kot nadzemni deli rastlin, je v preteklosti zaradi velike kompenzacijske sposobnosti omejevala prevlado nezaželenih procesov, kot je v današnjem času prebitok toplogrednih plinov v atmosferi Zemlje (Janzen, 2004). Tudi z antropogenimi posegi v zemljo in uveljavljenimi postopki kmetovanja je bilo v relativno kratki dobi sproščenega veliko ogljikovega dioksida iz zemlje zaradi pospešene mineralizacije humusa (Janssens in sod., 2003; Smith, 2004). Ob istočasno vse večji izčrpanosti zemljišč ter pomanjkanju rudnin za dobro uspevanje rastlin je bila bistveno zmanjšana tudi ponovna vezava ogljika v organsko snov, ki naj bi v tleh nadomestila že potrošeno ob pospešeni mineralizaciji.

S sekvestracijo ogljika, ki dejansko pomeni premeščanje atmosferskega CO₂ s pomočjo rastlin v tla, kjer ostane vezan v trajnejših oblikah organske snovi (humus) in ga tako za določeno dobo ni v sistemu kroženja, bi lahko vplivali na zmanjševanje koncentracije CO₂ v atmosferi (Kimble in sod., 2002; Follet, 2000). To pomeni, da se poveča gostota organskega ogljika v tleh, njegova globinska razporeditev in stabilnost, tako da se veže na mikro agregate. Bistvena lastnost teh agregatov mora biti, da so zaščiteni pred hitro mikrobno razgradnjo (Lal, 2004). To je mogoče doseči v ekosistemu, s katerim lahko dolgoročno vsaj delno upravljamo in iz katerega jemljemo samo manjši del od skupne ustvarjene organske snovi. Večji del namreč mora ostati na razpolago za delovanje talne flore in favne. Tak ekosistem je v razmerah visokega krasa trpežno travinje, ki ga uporabljamo za pašno rejo prežvekovalcev. Zaradi razširjenosti (obsega), raznovrstnosti in sposobnosti prilagajanja spremenjenim razmeram za rast in pogostosti rabe predstavlja travinje velik potencial za sekvestracijo ogljika (Conant in sod., 2001; Reeder in Schuman, 2002).

Že več desetletij na različnih koncih sveta potekajo proučevanja o vplivu povečane koncentracije CO₂ v ozračju na rast posameznih vrst rastlin. Manj je raziskav s področja odzivnosti travnatega sveta kot ekosistema na povečano koncentracijo CO₂, na katerem bo spremljana tudi sprememba razpoložljive toplote in padavin območja (Lal, 2004). Rezultati dosedanjih raziskav nakazujejo, da bo primarna proizvodnja trajnega travinja kot ekosistema v razmerah povečane koncentracije CO₂ v ozračju povečana. Predvsem v

razmerah občasno nezadostne oskrbe rastlin ruše z vodo bodo prišli do učinka procesi, ki zavirajo transpiracijo in so močnejše izraženi pri večji koncentraciji CO₂ v ozračju.

Zaradi boljše oskrbe z energijo bodo aktivnejši tudi simbiotski procesi v tleh in tako je pričakovati izdatnejše delovanje mikoriznih gliv, ki v razmerah slabe založenosti tal z nekaterimi rudninami povečajo dostopnost netopnih rudnin rastlinam ruše (Rillig in Mummey, 2006).

5.1.1 Masa zelinja, korenin in ogljika

V rastnih razmerah visokega krasa, kjer je nezadostna oskrba z vodo zagotovo omejevalni dejavnik za povečanje pridelovalne zmogljivosti izbranih kmetijskih zemljišč (Vidrih M, 2003), se postavlja vprašanje, v kakšnem obsegu je smiselno povečati založenost zemlje z rudninami za boljšo rast rastlin ruše in večji pridelek. Pomembnejša od višine pridelka je kakovost zelinja. Iz podobnih proučevanih razmer je znano, da žival boljše rasti ruše in večjega pridelka, ki je posledica boljše oskrbljenosti rastlin z vodo, ne uspe izkoristiti v enaki meri kot je večji pridelek. Eden od razlogov je v tem, da zaradi razgibanosti (konfiguracije) površja zemljišč ni mogoča strojna košnja in drug razlog je v tem, da je zaradi večjega pridelka slabša prebavljivost zelinja, ki je manj učinkovito izkoriščeno v procesu prebave. Izboljšanja oskrbe rastlin pašene ruše s fosforjem so pomembna predvsem iz stališča povečanja deleža tistih rastlin v ruši, ki lahko bistveno prispevajo k izboljšanju prebavljivosti zaužitega zelinja (Schellberg in sod., 1999).

Poleg pomanjkljive oskrbe ruše z vodo je tudi pomanjkanje rudnin v zemlji omejevalni dejavnik za velikost proizvodnje v razmerah visokega krasa. Seveda oba navedena dejavnika ne učinkujeta istočasno (sočasno), temveč sta časovno ločena. Občasno (periodično) je tudi v rastnih razmerah visokega krasa vode dovolj, toda takrat sta pomanjkanje rudnin v zemlji ali prenizka temperatura razloga za počasno rast ruše. Tako je pomanjkanje vode v tleh dejavnik, ki določa trajanje rasti ruše in razpoložljive rudnine v talni raztopini ter temperature, ki pogojujejo obseg (hitrost) rasti.

V poskusu, kjer smo spremljali dogajanje v ruši kot posledico pretekle pašne rabe in gnojenja s fosforjem, smo ovrednotili spremembe v nastalem zelinju, koreninah in ogljiku. Ogljik smo določili v vseh treh komponentah, in sicer v zelinju, koreninah in tleh. Proučevani postopki so bili: pašeno in gnojeno z NP, pašeno in gnojeno s P, pašeno in gnojeno z NPK, samo pašeno in nepašeno. Pedološka analiza tal proučevanih ploskev, ki so predstavljale različne postopke, je pokazala veliko variabilnost med vzorci. Največja variabilnost med vzorci tal je bila v vsebnosti fosforja in kalija. Povprečni vrednosti za fosfor in kalij pri prvih treh postopkih sta bili 6,6 in 25,6 mg 100 g tal⁻¹ in za druga dva postopka sta bili vrednosti 1,8 in 22,2 mg 100 g tal⁻¹. Meritve omenjenih komponent ruše

je potekalo v treh obdobjih (spomladi, poleti in jeseni), in sicer je spomladanska raba predstavljala trikratno, poletna dvakratno in jesenska enkratno košnjo. Rezultati meritev mase zelinja so pokazali, da je bila največja celoletna masa zelinja ($8,83 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) dosežena na postopku pašeno in gnojeno z NP v spomladanski oziroma trikratni rabi in se je statistično značilno razlikovala od mase zelinja na drugih postopkih ($6,27$; $7,03$; $5,6$ in $5,37 \text{ t s.s. ha}^{-1}$). V celotni sezoni je dal najmanjšo maso zelinja ($2,18 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) postopek samo pašeno, in sicer ob jesenski rabi ali samo eni košnji. Z izjemo jesenske rabe je pri ostalih dveh rabah (spomladanska in poletna) masa zelinja padala od postopka najbolj rabljeno do postopka nepašeno.

Analiza spomladanske rabe ruše, ko smo primerjali vse tri košnje med seboj po postopkih, je pokazala, da je postopek pašeno in gnojeno z NP dosegel statistično značilno največjo maso zelinja ($3,42$; $2,62$ in $2,82 \text{ t s.s. ha}^{-1}$). Najmanjša masa zelinja ($1,66 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) je bila izmerjena na postopku nepašeno ob prvi košnji in je bila statistično značilno drugačno od ostalih. To je veljalo tudi za maso zelinja na tem postopku ob ostalih dveh spomladanskih košnjah. Tudi Vidrih M (2003) je prišel do ugotovitve, da je znašala masa zelinja v spomladanski rasti na delih zemljišč, kjer se je pasla žival in je bilo dodano mineralno hranilo fosfor, od $2,22$ do $3,21 \text{ t s.s. ha}^{-1}$. Tudi v poletni rabi (19. julij in 30. avgust) je bila izmerjena masa zelinja največja ($5,32 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) na postopku pašeno in gnojeno z NP. Ob prvi košnji se je statistično značilno razlikovala od vrednosti na ostalih postopkih, ob drugi košnji pa so bile vrednosti za maso zelinja na prvih treh postopkih med seboj statistično neznačilne ($3,06$; $2,79$ in $2,67 \text{ s.s. ha}^{-1}$). Najmanjša masa zelinja ($1,87 \text{ s.s. ha}^{-1}$) v tem obdobju rasti je bila izmerjena na postopku samo pašeno ob drugi košnji. Masa zelinja na vseh postopkih ob jesenski rabi oziroma enkratni košnji je bila majhna in je v povprečju dosegala polovico spomladanske ali poletne rabe. Največjo maso zelinja ($4,03 \text{ s.s. ha}^{-1}$) smo izmerili na postopku pašeno in gnojeno z NPK. Ta vrednost se je malenkostno razlikovala od mase zelinja ($3,77 \text{ s.s. ha}^{-1}$), dobljene na prvem postopku. Najmanjša masa zelinja je bila dobljena na postopku samo pašeno ($2,18 \text{ s.s. ha}^{-1}$). Tudi Zarovali in sod. (2004) poročajo, da je lahko pridelek zelinja, ki je proizveden na travinju Sredozemlja brez dodatka mineralnih hranil, med $1,8$ in $2,75 \text{ s.s. ha}^{-1}$.

Spreminjanje mase korenin v odvisnosti od pretekle rabe in gnojenja je bilo drugačno kot potek priraščanja mase zelinja. Ob spomladanski rabi se je s številom košenj na prvih treh postopkih masa korenin povečevala. Tako je bila na vsakem od teh postopkov največja masa korenin (840 , 1100 in 988 g m^{-2}) določena ob tretji košnji, ki pa ni bila statistično značilno večja od mase ob drugi košnji. Na postopku samo pašeno in nepašeno je bil vzorec spreminjanja obraten. V primerjavi vseh postopkov je bila največja masa korenin (1100 g m^{-2}) določena na postopku pašeno in gnojeno s P. Ob poletni rabi so bile vrednosti za maso korenin še večje. Največja masa korenin (1100 g m^{-2}) je bila določena v ruši postopka nepašeno ob prvi košnji in je bila statistično značilno večja od mase korenin na ostalih postopkih. Statistično najmanjši vrednosti za maso korenin (701 in 655 g m^{-2}) sta

bili pri obeh košnjah na postopku samo pašeno. Tudi ob jesenski rabi se je ponovil trend, ki je veljal že za prejšnji dve rabi. Najmanjša masa korenin (705 g m^{-2}) je bila zabeležena na postopku samo pašeno, medtem ko je bila največja na postopku nepašeno (1300 g m^{-2}). Leta se ni statistično razlikovala od pašenih postopkov. Tudi Liu in sod. (2005) so v poskusu spremljanja vpliva paše na količino korenin (podzemne biomase) prišli do ugotovitve, da je na nepašenem postopku v tleh večja količina korenin kot tam, kjer se je pasla žival, vendar ta vrednost ni bila značilno večja. Značilno razliko so dobili, ko so med seboj primerjali sezonski prirast.

Intenziteta asimilacije (sprejema) rudnin običajno ni odvisna od prirojenega potenciala korenin za sprejem rudnin, temveč od intenzitete procesa premeščanja in razpoložljivosti rudnin na površini koreninskih laskov (etilenski cikel). Dolžina korenin in njihova razporeditev, založenost zemlje z rudninami in razpoložljiva voda so dejavniki, ki odredajo oskrbo rastlin z rudninami. Za uspešno rast in večjo trpežnost (preživetje) v neugodnih razmerah (suša) potrebujejo rastline ruše veliko fosforja glede na njegovo razpoložljivost v zemlji. Pomembno je tudi razmerje med ogljikom in fosforjem v rastlini. Kadar je v rastlini dosežena zgornja meja tega razmerja, potem povečana asimilacija ogljika ne bo vplivala na boljšo rast rastlin in večji pridelek. Višek ogljika je vrnjen v okolje preko listov ali izločkov korenin. Intenziteta asimilacije ogljika je poleg oskrbe rastlin s fosforjem odvisna tudi od indeksa listne površine, strukture ruše, koncentracije CO_2 v območju listnih rež, intenzitete izparevanja vode in učinkovitosti encimov fotosinteze (Forseth in Norman, 1993).

Iz dobljenih podatkov o masi zelinja v ruši, masi korenin v tleh, deležu organske snovi v tleh ter deležu ogljika v zelinju in koreninah smo izračunali količino ogljika v posamezni komponenti vertikalnega prereza ruše, in sicer v tleh, koreninah in zelinju. Količina ogljika v tleh je bila izračunana do globine 8 cm. Toliko so bila globoka tla na najplitvejšemu delu poskusa. V zelinju je bilo od 0,89 (postopek samo pašeno v jesenski rabi) do $4,01 \text{ t ha}^{-1}$ ogljika (postopek pašeno in gnojeno z NP v spomladanski rabi). Med spomladansko in poletno rabo variabilnost v vsebnosti ogljika v zelinju ni bila tako velika, kot če smo primerjali ti dve rabi z jesensko. Vsebnost ogljika v zelinju tako spomladanske ($4,01 \text{ t ha}^{-1}$) kot poletne ($3,72 \text{ t ha}^{-1}$) rabe je bila statistično značilno večja od vsebnosti ogljika v zelinju na ostalih postopkih. Vsebnost ogljika v koreninah je bila manj variabilna glede na postopke. Največ ogljika v koreninah je bilo določenega ob jesenski rabi, in sicer v vseh petih postopkih (4,21; 4,69; 4,72; 2,74 in $4,68 \text{ t ha}^{-1}$). Na postopku samo pašeno je bila količina ogljika v koreninah v vseh treh obdobjih rasti statistično značilno najmanjša (2,62; 2,59 in $2,74 \text{ t ha}^{-1}$).

V vseh treh obdobjih rasti je delež ogljika v tleh predstavljal več kot štiri petine vsega ogljika. Ob spomladanski rasti so bile te vrednosti 87, 85, 85, 88 in 82 % od prvega do zadnjega postopka. Ob poletni rasti so znašale te vrednosti 85, 84, 85, 84 in 77 % in ob

jesenski rasti 84, 84, 84, 84 in 75 % celotne količine. Značilno več ogljika je bilo v tleh prvih treh postopkov (35,12; 31,28 in 30,91 t ha⁻¹) kot na postopku samo pašeno (25,22 t ha⁻¹) in nepašeno (21,37 t ha⁻¹) ob spomladanski rabi. Tudi ob poletni in jesenski rabi obstaja razlika v vsebnosti ogljika v tleh med prvimi tremi in zadnjima dvema postopkoma. V zelinju je bilo ob spomladanski rabi od 2 do 4 % (0,56 do 1,54 t ha⁻¹) in v koreninah od 9 do 16 % (2,62 do 4,56 t ha⁻¹) celotne količine ogljika. Na postopku pašeno in gnojeno z NP je bila količina ogljika v zelinju med vsemi postopki največja (1,54 t ha⁻¹). Največjo količino ogljika (4,56 t ha⁻¹) v koreninah rastlin smo določili na zadnjem postopku (nepašeno).

Še večja razlika v vsebnosti ogljika v tleh se je pokazala, ko smo analizirali tla, ki so bila vzorčena ob poletni rabi travne ruše. Na vseh treh postopkih, kjer je bilo v preteklosti pašeno in gnojeno z mineralnim gnojilom, so bile vrednosti ogljika v tleh od 5 do 10 t ha⁻¹ večje (40,84; 39,51 in 40,57 t ha⁻¹) od vrednosti v spomladanski rabi. Tudi količina ogljika v zelinju je bila v tem obdobju na prvih treh postopkih večja, tako absolutno (3,72; 3,16 in 2,88 t ha⁻¹) kot tudi v relativnem deležu (8, 7 in 6 %) od skupne količine ogljika. Količina ogljika v koreninah se je relativno zmanjšala (8, 9 in 9 %), prav tako pa tudi absolutno (3,72; 4,22 in 4,06 t ha⁻¹). Vsebnost ogljika v zelinju, koreninah in v tleh na postopkih samo pašeno in nepašeno je bila podobna kot v spomladanski rasti. V jesenskem obdobju rasti je bilo v tleh določenega največ ogljika (33,81 t ha⁻¹) na postopku pašeno in gnojeno z NPK, zatem na postopku pašeno in gnojeno s P (32,28 t ha⁻¹) ter pašeno in gnojeno z NP (31,25 t ha⁻¹). Količina ogljika v zelinju je na vseh treh postopkih relativno predstavljala 4 %, količina ogljika v koreninah pa 12 % od celokupne količine. Na postopku nepašeno je bilo v koreninah absolutno gledano največ ogljika (4,68 t ha⁻¹). Količina ogljika v zelinju je bila na postopkih samo pašeno in nepašeno 0,89 in 1,12 t ha⁻¹. Ko so Ganjegunte in sod. (2005) raziskovali povezavo med količino ogljika v tleh in različnimi obtežbami pašnikov, so prišli do zaključkov, da so tla, kjer je potekala paša z majhno obtežbo, vsebovala 13,8 t ha⁻¹ ogljika. Ta vrednost je bila statistično značilno večja kot za tla, kjer je potekala paša ob veliki obtežbi (10,9 t ha⁻¹) ali paše sploh ni bilo (10,8 t ha⁻¹). Ta pojav so razložili z večjo aktivnostjo v rasti nadzemne biomase (zelinja), boljšo vdelavo in razgradnjo odmrlih rastlinskih ostankov v tla.

Vezava ali sekvestracija ogljika v tleh, ki pomeni razliko med neto primarno proizvodnjo in izgubami, kot so: heterotrofno dihanje, defoliacija (paša, košnja) in požari, znaša za travinje od 0 do 8 t ogljika ha⁻¹ leto⁻¹. Glede na obstoječe načine rabe travinja po svetu naj bi le-ta predstavljala ponor in ne vir ogljika. Conant in sod. (2001) ocenjujejo, da ima travinje Severne Amerike potencial za sekvestracijo ogljika okoli 0,58 t ha⁻¹ leto⁻¹ in travinje Avstralije 0,28 t ha⁻¹ leto⁻¹. V Evropi sta Vleeshouwers in Verhagen (2002) z modeli napovedala ponor ogljika na travinju do 0,52 t ha⁻¹ leto⁻¹. Seveda pa se pojavi vprašanje, kako dolgo lahko tla travinja predstavljajo ponor za ogljik. Ocene za čas do trenutka zasičenja tal z ogljikom se gibljejo od 10 let (Janzen in sod., 1998) do 100 let

(Potter in sod., 1999). Vendar pa mnogi modeli dinamike organske snovi v tleh napovedujejo, da se v teoriji zaloga ogljika povečuje brez zgornje omejitve (Six in sod., 2002).

5.1.2 Vsebnost glomalina v tleh

Letos mineva 10 let od odkritja glomalina, talnega glikoproteida, ki je produkt arbuskularnih mikoriznih gliv, ki živijo v simbiozi z več kot 80 % kopenskih rastlin (Wright in Upadhyaya, 1996). Njegovo odkritje je bilo zanimivo predvsem zaradi dotedanjih dolgotrajnih in zapletenih postopkov določevanja stopnje aktivnosti in proizvodnosti mikoriznih gliv v tleh. Od odkritja dalje so predvsem Wright s sodelavci (1996, 1998, 1998, 2002, 2004) raziskovali njegovo pojavnost in vlogo v tleh. V svojih prvih raziskavah glomalina so mu namenili pomembno ekološko vlogo pri procesih v tleh, predvsem v povezavi z vezavo (sekvestracijo) ogljika. Število raziskav s področja sekvestracije tega elementa v različnih ekosistemih in ne samo tleh se je v tistem času začelo zelo hitro povečevati, podobno kot področje raziskav o globalnih klimatskih spremembah. Po njihovih ugotovitvah naj bi glomalin namreč vseboval kar 35 % ogljika, njegov delež v organski snovi nekaterih tal naj bi bil do 25 % in bi tako predstavljal zalogo za kar tretjino svetovno vezanega ogljika. Imel naj bi tudi pomembno vlogo pri lepljenju strukturnih agregatov, kar ima pomembno vlogo, ko govorimo o rodovitnosti tal. Pol desetletja pozneje, predvsem pa drugi raziskovalci (Rillig, 2004b; Rosier in sod., 2006), so začeli dvomiti, da gre pri tako ekstremni ekstrakciji (obdelava s citratom in avtoklaviranje) in dokazovanjem z imunološkimi markerji za eno samo vrsto beljakovine, ki ima skupno ime glomalin in da se v bistvu izloči več vrst talnih beljakovin. Zato so te snovi poimenovali »z glomalinom povezane talne beljakovine« (glomalin-related soil protein) (Rillig, 2004b), ime glomalin pa predlagali, da je rezervirano za produkt gena. Kljub temu Rillig in Mummey (2006) poudarita novodoben pomen mikorize in njenih produktov, ko dobijo pomembno vlogo pri tvorbi strukturnih agregatov v tleh v smeri izboljševanja rodovitnosti tal. Dodajata še, da sta v bazi znanstvenih člankov na temo mikorize našla kar 20 % takih, ki so imeli v naslovu, izvlečku ali med ključnimi besedami napisano ime fosfor in le 1 % takih člankov o mikorizi, ki so omenili strukturo tal.

V tleh pašnika, kjer je potekal poskus gnojenje s fosforjem, smo določili od 1,51 do 2,84 mg g⁻¹ tal lahko dostopnega glomalina. Razlike med postopki, kjer je potekala paša in je bilo dodano mineralno gnojilo in postopkoma samo pašeno ali nepašeno, so bile zelo majhne in statistično mejne ali neznačilne. Če je bilo za spomladansko (2,36; 2,5 in 2,38 mg g⁻¹) in poletno (2,9; 2,54 in 2,26 mg g⁻¹) obdobje rasti značilno, da je bilo na prvih treh postopkih več lahko dostopnega glomalina kot na zadnjih dveh (2,17; 2,12 in 2,23, 2,18 mg g⁻¹), je bilo v jesenskem obdobju ravno obratno. Z opuščanjem pašne rabe in dodajanja mineralnih gnojil je količina te oblike glomalina rahlo narastla iz 1,76 na 2,16 mg g⁻¹. O

količini lahko dostopnega glomalina med 0,4 do 4,7 mg g⁻¹ poročajo tudi Lovelock in sod. (2004), ko so opravljali raziskave o povezanosti glomalina z nekaterimi talnimi parametri v tropskem gozdu. V našem poskusu se je količina skupnega glomalina spreminjala od 8,17 do 16,22 mg g⁻¹. Največ ga je bilo poleti na postopku pašeno in gnojeno s P in najmanj jeseni na postopku pašeno in gnojeno z NPK. Pričakovana, največja količina skupnega glomalina v tleh spomladi na postopkih paše, ko so tudi v tleh razmere za procese najbolj ugodne (dovolj vlage, ustrezna temperatura tal), se ni pokazala oziroma so bile razlike med spomladansko in poletno rabo majhne. Spremembe v količini skupnega glomalina na vseh postopkih v jesenskem obdobju rasti so bile majhne in statistično neznailne.

5.1.3 Floristična sestava ruše

Raznolikost v floristični sestavi ruše in prostorska razporeditev rastlin je v obravnavanih rastnih razmerah posledica raznolikosti v oskrbljenosti zemlje z rudninami. V razmerah visokega krasa so različni abiotični in biotični dejavniki vplivali na redistribucijo glinene frakcije in rudnin na območju. Glinena frakcija tal ni samo vir rudnin za oskrbo rastlin, ampak je z deležem gline v tleh določen obseg akumuliranja organsko vezanega fosforja v tleh. Tako najdemo na območju, kjer prevladujejo siromašna tla tudi zaplate z rodovitno prstjo (Priloga Č). Tem specifičnostim v kakovosti tal se lahko prilagodi vegetacija območja zaradi velike vrstne pestrosti. To zelo poveča mozaično podobo pokrajine. Pašne živali ene vrste se temu prilagodijo, tako da poiščejo na območju tisto vrsto zelinja, s katero bodo najbolj učinkovito pokrile potrebe po hranljivih snoveh. S pašno rejo več vrst prežvekovalcev na istem območju je mogoče v še večji meri izkoristiti posebnosti visokega krasa (Baumont in sod., 2005; Tallowin in sod., 2005).

Skupno število vrst, določenih v florističnih popisih z obilnostjo vrst na proučevanih ploskvah je bilo 164. To je približno polovica vrst najdenih v popisih raziskav na območju Vremščice, o katerih poroča Vidrih M (2003). Kljub temu gre še vedno za velik delež glede na majhnost in nerazpršenost ploskev tokratnega proučevanega območja. Glede na uvrstitev v frekvenčne razrede je 60 % vrst spadalo v prvi frekvenčni razred (pojavnost v manj kot 20 % vseh popisov). Kot pričakovano smo zaradi prostorskega obsega popisov dobili v čertem in petem frekvenčnem razredu skupaj 21 vrst, medtem ko Vidrih M (2003) v petem frekvenčnem razredu ni imel niti ene vrste. Glede na življenjsko obliko je bilo največ hemikriptofitov (121), zatem hamefitov (13) in geofitov (13), terofitov (11) in fanerofitov (6). Razporeditev najdenih vrst v kmetijske botanične skupine, ki je z vidika proizvodnosti ruše in kakovosti krme za prežvekovalce bolj pomembna, je pokazala, da je bilo 24 vrst trav, 14 vrst metuljnic, 122 vrst zeli in 4 travam podobne vrste. S Sorensenovo mero podobnosti smo želeli na binarnih podatkih predvsem ugotoviti, kako različni sta si po pretekli rabi najbolj različni ruši. Spomladi je bila ta različnost med pašeno in gnojeno s fosforjem in nepašeno 61, poleti 64 in jeseni 62 %. Največjo podobnost (84 %) v ruši med

vsemi popisom smo dobili, ko smo med seboj primerjali ponovitveni ploskvi postopka pašeno in gnojeno z NP jeseni.

Predvidevamo lahko, da imajo rastline, ki rastejo v razmerah visokega krasa, pretežni del rastne sezone dovolj dušika na razpolago, medtem ko je asimilacija ogljika zaradi sušnih razmer ovirana. V tleh so bakterije aktivne celo pri vodnem potencialu 8,5 MPa, pri katerem je izparevanje vode prekinjeno. To pomeni, da poteka razgradnja organske snovi v zemlji (mineralizacija dušika) tudi v razmerah, ko je zemlja presuha in je oskrba rastlin s fosforjem nezadostna, da bi v rastlinah potekala asimilacija ogljika. Poleg tega je mineralizacija dušika intenzivnejša takoj, ko postanejo tla zopet vlažna. Za obnovo intenzitete asimilacije ogljika je potrebnega več časa, saj je potrebna obnova asimilacijskega tkiva, ki se je postaralo ali je odmrlo zaradi suše.

Največje število vrst (55) je bilo na postopku nepašeno spomladi in je padalo glede na intenzivnost rabe do 31 vrst. Podoben trend smo ugotovili tudi poleti in jeseni. Izbrane mere pestrosti, kot so Shannonova, Simpsonova in Berger-Parkerjeva, so pokazale, da je pestrost travne ruše tam, kjer poteka raba ruše in so dodana hranila v obliki mineralnih gnojil, večja, vendar se tudi v odvisnosti od vrste dodanega hranila lahko spreminja. Shannonova mera izenačenosti je pokazala, da je na nepašenem delu zemljišča le-ta manjša zaradi odsotnosti mehanizma defoliacije, ki lahko zmanjša tekmovalnost vrst. Multivariatna statistika ter korespondenčna analiza je pri analizi vseh 60 popisov (pet postopkov, trije sezonski apsekti in štiri ponovitve) pokazala, da prva os v ordinacijskem diagramu dobro loči med skupino popisov na prvih treh postopkih (pašeno in gnojeno z rudninskimi gnojili) in skupino popisov na zadnjih dveh postopkih (samo pašeno ali nepašeno). Druga os je med seboj ločevala popise iz zadnjih dveh postopkov, ne pa tudi popisov iz prvih treh postopkov. To pomeni, da prva os bolje loči med seboj postopke glede vnosa hranil v tla, druga os pa loči samo pašno rabo od nepašeno. S kanonično korespondenčno analizo popisov, v katero smo vključili tudi analizo okoljskih dejavnikov, smo ugotovili, da je bila prva os negativno korelirana z režimom gnojenja, zalogo fosforja v tleh in zahtevo vrst po dušiku v tleh ter pozitivno povezana s kontinentalnostjo. Ordinacija vrst iz popisov in okoljskih dejavnikov je pokazala, da je večina vrst značilna za rušo majhne proizvodnosti, manj pa je bilo takih, ki so potrebne za pašo, ki dobro oskrbi prežvekovalca s potrebnimi hranili.

5.1.4 Sezonsko spreminjanje glomalina

Spremembe v vsebnosti obeh oblik glomalina v tleh skozi rastno sezono so bile pričakovane zaradi vključenih dejavnikov, kot so različne vrste tal, sestava in pretekla raba ruše ter termini vzorčenja. Na lokaciji Pašnika 2, ki je bila v bližini poskusa gnojenja s fosforjem (Priloga Č) smo skozi rastno sezono ugotovili podobne količine (2,18 do 3,78

mg g⁻¹) lahko dostopnega glomalina. Skupnega glomalina je bilo v tem poskusu na isti lokaciji v primerljivem obdobju več kot na prejšnem poskusu. Tudi za ostale lokacije, katerih posebnost je bila v zmanjševanju intenzivnosti rabe, je bilo značilno, da je količina lahko dostopnega glomalina počasi padala, medtem ko je skupni glomalin v tleh padal in naraščal. Ob zadnjem vzorčenju (28. oktober) smo, razen na zadnji lokaciji, kjer je količina narasla, opazili zmanjševanje skupnega glomalina v tleh. Za vse lokacije je bilo značilno, da je bila vsebnost skupnega glomalina, kadar smo primerjali vrednosti za to obliko po času vzorčenja med seboj, statistično značilna. Za lahko dostopni glomalin to ni veljalo. Obseg in spreminjanje skupnega glomalina je bilo največje na zadnji lokaciji, izven Pašnika 3. Tla na tej lokaciji so bila rendzina in tudi ruša ni bila pašena. Podoben potek spreminjanja obeh oblik glomalina v tleh pašnikov skozi rastno sezono (od 13.5. do 30. 11. 2001) so dobili tudi Lutgen in sod. (2003). V njihovi raziskavi, v kateri so iskali povezave tudi med ostalimi parametri mikoriznih gliv, se je spreminjala (padala in naraščala) tako količina lahko dostopnega kot tudi skupnega glomalina. Obseg skupnega glomalina je bil manjši (od 6 do 9 mg g⁻¹) kot v naši raziskavi.

5.2 SKLEPI

Iz dobljenih meritev mase zelinja, korenin, ogljika in glomalina, analitskih podatkov o karakteristikah tal v poskus nadzorovane paše in gnojenja s fosforjem ter poskus sezonskega spreminjanja glomalina vključenih ploskev ter popisovanja rastlinskih vrst v ruši pašnika visokega krasa lahko podamo naslednje ugotovitve:

- masa zelinja ima značilno hitro rast v spomladanskem obdobju rasti, sledi ji počasnejša v poletnem obdobju in zatem še jesenskem obdobju. Tudi vpliv pretekle rabe ruše v obliki paše in dodatka mineralnih gnojil se je pokazal kot ugoden z vidika proizvodnosti ruše.
- v jesenskem obdobju rasti so bile razlike med postopki manjše in statistično manj različne kot v obeh predhodnih. Največjo maso zelinja (8,83 t s.s. ha⁻¹) je dosegla ruša ob spomladanski rabi, in sicer na postopku pašeno in gnojeno z NP. Na postopku nepašeno je masa zelinja predstavljala 60 % največjega pridelka v poskusu.
- tudi v masi korenin in ogljika, ki ga je vsebovalo zelinje in korenine, so vidne jasne razlike med prvimi tremi (pašeno/NP, pašeno/P, pašeno/NPK) in zadnjima dvema (pašeno, nepašeno) postopkoma. Ta razlika je bila najbolj opazna ob spomladanski in ob poletni rabi.
- s florističnimi popisi ploskve na obravnavanih postopkih smo zajeli 164 vrst rastlin, od katerih jih je bilo glede na življenjsko obliko 60 % hemikriptofitov oziroma glede na botanično skupino 74 % zeli. Največje število vrst (55) je bilo ugotovljenih na postopku

nepašeno v spomladanskem aspektu, najmanjše (31) pa na postopku pašeno in gnojeno z NP v jesenskem aspektu.

- vrednosti za vse tri mere pestrosti in eno mero izenačenosti so bile na postopkih, kjer je potekala pašna raba in je bilo dodano še mineralno gnojilo, mejno ali značilno drugačne od vrednosti na postopkih samo pašeno ali nepašeno.

- korespondenčna analiza je med obravnavanimi postopki in rastlinskimi vrstami, ki so bile določene v popisih, pokazala, da prva os dobro loči rušo, ki je rezultat večletne paše z dodatkom rudninskega gnojila, predvsem fosforja, od ruše, kjer že vrsto let poteka samo paša ali sploh ni pašeno. Med slednjima dvema postopkoma zelo dobro ločuje druga os omenjene analize, medtem ko ostanejo popisi prvih treh postopkov predstavljeni v ordinacijskem diagramu bolj skupaj.

- s priključitvijo okoljskih dejavnikov k vsem popisom obravnavanih postopkov v kanonični korespondenčni analizi potrdimo tezo, da je večina vrst značilnih za majhno proizvodno in prehransko slabo kakovostno rušo negativno korelirana s pašo, z vnosom hranil v tla in potrebami rastlin po dušiku.

- vsebnost glomalina v tleh se je na različnih lokacijah z različno preteklo pašno rabo skozi rastno sezono spreminjala, in sicer je količina lahko dostopnega glomalina proti koncu sezone počasi padala. Količina skupnega glomalina je bila skozi sezono bolj variabilna.

- največja ($16,34 \text{ mg g}^{-1}$) količina skupnega glomalina v tej raziskavi je bila določena na rendzini in tam, kjer ni potekala paša in najmanjša ($4,97 \text{ mg g}^{-1}$) na rjavih pokarbonatnih tleh in kjer sta v preteklosti potekali tako košnja kot paša. Največja vrednost je bila določena na koncu (302. julijanski dan) in najmanjša na začetku (167. julijanski dan) rastne sezone.

- količina glomalina je bila povezana s količino organskega ogljika v tleh. Ta povezava je bila bolje pojasnjena in tesnejša ($R^2=0,85$; $r=0,92$) in bolj značilna ($p<0,001$) za skupni glomalin kot pa za lahko dostopni glomalin ($R^2=0,14$; $r=0,38$; $p=0,1$).

- tla pašnikov visokega krasa, ki so globlja in imajo večji delež organske snovi ter ogljika, imajo tudi več glomalina.

Rezultati, dobljeni v poskusu gnojenje s fosforjem in v poskusu sezonskega spreminjanja glomalina, potrjujejo večino naših hipotez. Z dodanim odmerkom fosforja in preteklo pašo drobnice nismo vplivali na zmanjšanje količine glomalina v tleh in s tem posledično na mikorizno aktivnost v tleh, čeprav je nismo merili direktno. Prav tako nismo vplivali na zmanjšanje pestrosti travne ruše, čeprav je to le eden od kazalcev botanične kakovosti ruše.

Največje število vrst, vendar niso vse primerne za pašo, vsaj ne ovac, smo namreč našli na ploskvah, ki so predstavljale postopek nepašeno.

Pridobljeni rezultati in izkušnje pri merjenju in večplastnem ocenjevanju potenciala tal pašnikov visokega krasa za vezavo ogljika bodo predstavljali možno nadaljnjo aplikacijo tudi na ostale vrste kmetijskih zemljišč in s tem tudi izpolnitve nalog kmetijskega sektorja glede nacionalnih zahtev po zmanjševanju negativnega vpliva toplogrednih plinov v okolju.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

Pojavljanje globalnih klimatskih sprememb, ki imajo predvsem negativne učinke na človekovo okolje in skrb glede zagotavljanja ponovne rodovitnosti tal, so vodile k širokemu interesu raziskovalcev za procese, ki omogočajo vezavo (sekvestracijo) ogljika v tleh. Za boljše razumevanje, v kakšnih oblikah in kje v ekosistemu se nahaja ogljik je potrebno znati natančno izmeriti vnose in izgube ogljika iz tal. Te dejavnike je potrebno tudi ponazoriti z modeli. Vezavo ogljika se lahko meri kot delež v organski snovi tal ali pa se meri pretok CO_2 v sistemu tla-atmosfera. Rezultati raziskav, narejenih pred več kot desetletjem so govorili predvsem o tem, koliko zgodovinskega ogljika je bilo izgubljenega iz zemlje zaradi konvencionalne rabe kmetijskih zemljišč, povečane uporabo fosilnih goriv in kako se je začela povečevati plinasta oblika ogljika (CO_2) v atmosferi. Danes se je tok raziskav usmeril v proučevanje vezave ogljika nazaj v tla. Tako kot pri izgubljanju ogljika v atmosfero z dolgoletnimi (več kot pol stoletja) konvencionalnimi postopki gojenja rastlin (uporaba strojev za obdelavo tal, sredstev za varstvo rastlin, mineralnih gnojil) imajo tudi sedaj rastline ključno vlogo. Če je bil prej zaradi rastlinske proizvodnje tok ogljika usmerjen iz tal v atmosfero, naj bi bil v prihodnosti ta tok obrnjen. Če je bila prej dokazano njiva nabolj kriva za historične izgube ogljika, naj bi sedaj s pomočjo rastlin, ki uspevajo tudi na drugih kmetijskih zemljiščih in v gozdu, poskušali vezati ogljik nazaj v zemljo. Če je bila prej v središču raziskav in nadaljnje uporabe v gospodarstvu predvsem proizvodna komponenta različnih sistemov gojenja rastlin, stopa sedaj v ospredje ekološka oziroma večdimenzionalna komponenta.

Mnogi raziskovalci ugotavljajo, da bo zaradi preteklega polstoletnega pretiranega (intenzivnega, konvencionalnega) izkoriščanja samo nekaterih (boljših) kmetijskih zemljišč sedaj potrebno zaradi vezave ogljika v tla vključiti čim več razpoložljivih zemljišč. Na tak način bi dosegli tudi izboljšanje rodovitnosti tal, ki je v tesni povezavi z deležem organske snovi v tleh in je bila na njivskih površinah v preteklem pol stoletnem obdobju preveč zapostavljena. Mnenja o tem, katera vrsta zemljišča ali travinje ali gozd ima boljšo sposobnost vezave ogljika v tla, so deljena. Gozdu se očita predvsem prevelika zaloga biomase nad zemljo, ki v primeru gozdnega požara večji del vezanega ogljikovega dioksida vrne v atmosfero. Poleg tega pa nekatere raziskave poročajo tudi že o zmanjšanem kroženju vode v ekosistemu, kadar je gozdnatost nekega območja prevelika in padavinska voda ne pride do tal. Tudi ocene o potencialu travinja, ki naj bi ga imelo za vezavo ogljika v tla, se vsaj v Evropi spreminjajo. Pa ne zato, ker bi bile meritve in analize pred desetletjem v tem ekosistemu premalo natančne, ampak iz enostavnega razloga, ker se raba te kategorije zemljišča še vedno opušča. Ne glede na koristi enega ali drugega

ekosistema (habitat) je potrebno pozornost usmeriti k tlem, saj je prišlo njihovo obdobje v smislu ohranjanja rodovitnosti.

V Sloveniji, kjer se proces opuščanja rabe in zaraščanja kmetijskih zemljišč predvsem na območjih s težjimi razmerami za kmetijsko proizvodnjo še vedno nadaljuje, predstavlja vezava ogljika v tla za strokovnjake, ki opravljajo raziskave in prenos znanja v prakso na takih zemljiščih, dodatno vzpodbudo k vračanju ponovne življenjske moči tem zemljiščem. Eden in prevladujoči način kako to narediti, je uvajanje in širjenje nadzorovane paše domačih živali na zemljišča, ki so bila v preteklosti zaradi enostranske rabe izčrpana predvsem nekaterih rudnin. Z ustreznim načinom paše tako prežvekovalcev kot neprežvekovalcev namreč dosežemo, da se ogljik veže v tla in dušik, ki zna biti problematičen s prehranskega vidika pri visokoproizvodnih živalih, v meso.

Na pašnikih pod vrhom planine Vremščica, ki so v lasti ali najemu Centra za sonaravno rekultivacijo Veterinarske fakultete Univerze v Ljubljani smo v letu 2004 opravili raziskave, s katerimi smo želeli ovrednotiti vpliv preteklega obdobja paše in dodatnega vnosa rudnin na maso razpoložljivega zelinja, korenin in ogljika v obeh komponentah ruše in v tleh. Za ta namen smo v poskus vključili pet postopkov pretekle rabe in dodanega mineralnega gnojila s poudarkom na fosforju (1-pašeno in gnojeno z NP, 2-pašeno in gnojeno s P, 3-pašeno in gnojeno z NPK, 4-pašeno in 5-nepašeno). Sezonske rabe travne ruše so bile tri, in sicer spomladanska (3-kratna), poletna (2-kratna) in jesenska (1-kratna). Vzorčenje na poskusu je vključevalo tehtanje mase zelinja in korenin ter jemanje vzorcev tal za določevanje nekaterih standardnih pedoloških parametrov in glomalina. Glomalin je talni glikoproteid, ki je produkt delovanja arbuskularnih mikoriznih gliv. Od njegovega odkritja v letu 1996 mu pripisujejo pomembno vlogo pri hranjenju ogljika v tleh in vzdrževanju ugodne strukture tal, tako da med seboj lepi talne skupke. V drugem poskusu smo želeli ugotoviti, kakšne so zaloge glomalina na širšem območju proučevanih pašnikov in če obstaja značilna povezava z deležem ogljika v tleh skozi vegetacijsko dobo.

Kot smo pričakovali smo dobili največjo maso zelinja ($8,83 \text{ t s.s. ha}^{-1}$) na prvem postopku ob spomladanski rabi, ko so živali s svojo dejavnostjo v preteklem obdobju in z dodatkom rudnin vplivale na rušo pozitivno. Z zmanjševanjem intenzivnosti rabe se je zmanjševala tudi masa zelinja. Del zemljišča, ki ni bil pašen in posledično ni dobil nobenih rudnin, ne od živali ne s pomočjo človeka, je dal le $2,18 \text{ t s.s. ha}^{-1}$. Masa korenin se med obravnavanimi postopki ni toliko spreminjala in je bila značilno drugačna kot masa zelinja. Kljub temu smo ugotovili, da je bilo več korenin v tleh tam, kjer paša ni potekala. V zelinju je bilo v povprečju spomladi od 2 do 4 %, v koreninah od 9 do 6 % in v tleh nad 80 % vsega ogljika. Koncentracija lahko dostopnega glomalina je bila v povprečju $2,18 \text{ mg g}^{-1}$ tal in skupnega glomalina $13,11 \text{ mg g}^{-1}$ tal. Odziv ruše kraškega pašnika se je pokazal tudi skozi floristično sestavo. Največ vrst (55) smo določili na zadnjem postopku spomladi in najmanj (31) na četrtem postopku jeseni. Mere pestrosti, ki pokažejo povezavo med

številčnostjo vrst in njihovo posamezno obilnostjo, so bile največje na postopkih, kjer je v preteklosti potekala paša in so bile dodane tudi rudnine. Sklepamo, da so z dodanimi rudninami, predvsem s fosforjem, nismo negativno vplivali na razširjenost večine vrst v taki ruši. Ordinacijska diagrama korespondenčne in kanonične korespondenčne analize sta pokazala, da popisi iz prvih treh postopkov tvorijo eno in popisi iz zadnjih dveh postopkov drugo skupino. Koncentraciji glomalina skozi vegetacijsko dobo sta bili različni in njegovo spreminjanje je bilo značilno predvsem za obliko skupnega, manj pa za obliko lahko dostopnega glomalina.

6.2 SUMMARY

The global climate changes and concerns about the soil quality have led to a widespread interests in the opportunities that are available to sequester carbon in soils. To achieve a better understanding of the changes in carbon storage, we need to be able to accurately measure and model inputs and losses of carbon from soils. This in turn requires a thorough understanding of the biological processes involved and the way in which they are influenced by the soil's physical and chemical environment. Carbon sequestration, which is the process of removing CO₂ from the atmosphere and storing it in carbon pools of varying lifetime, can be measured as a proportion of soil organic matter or as fluxes of CO₂ in the soil-atmosphere system. Results of researches conducted more than a decade ago about how much historical carbon has been lost from the soil due to the conventional use of agricultural land, increased use of fossil fuels and how the concentration of CO₂ in atmosphere started to rise, oriented the focus of investigations towards the sequestering of carbon back to the soils. As with the losses of carbon from soil with long standing (more than half of century) conventional processes in a mass plant production (heavy machinery use for soil tillage, use of pesticides and exceeding use of fertilizers), also now plants play essential role. If before the flux of carbon was upwards because of plant production, the flux of this element should be in the future turned downwards again by the help of the plants. If from the agricultural point of view the guilt of the carbon loss in the past bears above all the arable land, help of the plant communities not only from the herbal but also woody origin will be appreciated in carbon sequestration. Instead of focusing on production component of different systems of plant production, which was a typical subject of many researches and further transfers into economy in the past, a multidimensional or ecological component steps are in forefront in this century.

Many researchers believe that because of the past half of the century exaggerated (intensive, conventional) exploitation of only some (best) of the agricultural land, now much more land area which is available must be included in helping the carbon sequestration. In this way a goal of increasing the soil fertility would be achieved which is in a tight connection with the soil organic matter. A lot of scientific papers are now

dedicated to soil organic matter and fertility as it was discriminated with the development of the past modern plant production techniques. Opinion among researchers about which ecosystem, grassland or forest, has better capacity for sequester the carbon into soil, is divided. It is reproach to forest with too big stock in biomass, partly which in case of fires is returned in a form of CO₂ back to the atmosphere. Another reason is a limited water cycle when the ground cover of a particular area is too high in forest vegetation. Also estimations about grassland potential for carbon sequestration are not constant. But not because the past measurements and models were inaccurate but because of the sample reason being in abandoning the use of this land category.

In Slovenia, where the process of abandoning and overgrowing of agricultural land specially on less favourable areas is still taking place, carbon sequestration to soil can present promising guidance to people who are involved in research and knowledge transfer when dealing with the recultivation of above mentioned land areas. One and prevailing way of sequestering the carbon to soil, which were because of partial utilization in the past exploited in the way of nutrient deficiency, is with the mean of introducing and extending over bigger areas the control grazing of domestic animals. The term control incorporates among others type and group of animals and the starting and duration time of grazing. With this activity we can achieve two very important goals which are the sequestration of carbon into the soil and storage of nitrogen, which is a known problem in nutrition of high productive animals (dairy cows) into the meat.

In 2004 we conducted two experiments on the slopes of mountain Vremščica with the aim of assessing the influence of past land use and the addition of nutrient on the herbage and roots mass, their carbon content, carbon and glomalin content in the soil and floristic characteristics of the observed sward. Pastures where the research took place belong or are rented by the Centre for sustainable recultivation Vremščica which is owned by the Veterinary faculty and represent the calcareous grassland of the high karst. For this purpose we included five treatments which were 1) grazed and fertilized with nitrogen and phosphorus (NP), 2) grazed and fertilized with phosphorus (P), 3) grazed and fertilized with nitrogen, phosphorus and potassium (NPK), 4) grazed and 4) not grazed. Sward response was measured in spring (3 cuts), summer (2 cuts) and autumn (1 cut) growth period. Additional analysis of soil for selected parameters and glomalin were sampled. Glomalin is a soil glycoprotein and a product of arbuscular mychoriza and since its discovery in 1996, an important role in holding aggregates together and storing a big amount of carbon is assigned to it. In the second experiment monitoring the stocks of easy extractable and total glomalin on broader pasture area with time and soil difference was aimed and if there is a correlation between soil organic carbon and glomalin in the soil through the vegetation season.

As expected we determined the highest herbage mass ($8,83 \text{ t DM ha}^{-1}$) on treatment 1 in the spring growth period, which is a result of favourable past conditions in grazing and in addition of mineral nutrients. The lowest herbage mass ($2,18 \text{ t DM ha}^{-1}$) was obtained on the fifth treatment where no grazing was present and consecutively also no mineral nutrients. Root mass did not vary between treatments so much as the herbage mass and the highest mass was obtained on the ungrazed treatment. Carbon content varied from 2 to 4 % in herbage, 6 to 9 % in roots and above 80 % in soil from the total amount when a vertical profile was calculated. An average concentration of easy extractable and total glomalin was $2,18$ and $13,11 \text{ mg g}^{-1}$ of soil, respectively. The sward response of karst pasture to management has showed also through floristic composition. Sward contained the highest (55) and the lowest (31) number of plants in the fifth and in the fourth treatment, within the spring and the autumn growth period, respectively. Values for diversity measures, which connect species richness with its abundance, were the highest in treatments with intensive past use of sward and nutrient addition. We conclude that the supplemented nutritions, especially phosphorus did not negatively influence on the appearance of species, characteristic for this type of sward. Ordination diagrams of correspondence and canonical correspondence analysis showed a distinct distribution of all 60 relevés into two groups and with a connection to selected environmental variables also several negative correlations with the first axis. Monitoring the concentration of both forms of glomalin on broader area of pastures, it varied through the season and time. A constant decrease in easy extractable glomalin and fluctuation of total glomalin were observed from the beginning to the end of the vegetation season.

7 VIRI

- Al-Mufti M.M., Sydes C.L., Furness S.B., Grime J.P., Band S.R. 1977. A quantitative analysis of shoot phenology and dominance in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology*, 65: 759-791
- Baker S.K. 1999. Biology of rumen methanogens and stimulation of animal immunity. V: *Meeting the Kyoto Target. Implications for the Australian livestock industries*. Reyanga P.J., Howden S.M. (eds.). Sydney, Bureau of Rural Sciences: 31-40
- Batič F., Kotar M., Vidrih T. 1999. Impact of different land utilisation on biodiversity of karst grass/shrubland. V: *Grasslands and Woody Plants in Europe. Proceedings of the International Occasional Symposium of the European Grassland Federation*, Thessaloniki, Grčija, 27-29 maj 1999. Papanastasis V.P., Frame J., Nastis A.S. (eds.). Thessaloniki, Art of Text: 255-260
- Batjes N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47: 151-163
- Baumont R., Ginane C., Garcia F., Carrere P. 2005. How herbivores optimise diet quality and intake in heterogeneous pastures, and the consequences for vegetation dynamics. *Pastoral systems in marginal environments*. Milne J.A. (ed.). Wageningen, Wageningen Academic Publishers: 39-50
- Bioportal, kartni sloj. (15.5. 2006)
<http://www.bioportal.si> (19.7. 2006)
- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254
- Braun-Blanquet J. 1964. *Planzensoziologie. Grundzuege der Vegetationskunde*. Wien-New York, 3. Auflage. Springer: 865 str.
- Bremner J.M., Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen total. V: *Methods of soil analysis. Part 2: chemical and microbiological properties*. Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (eds.). Madison, Agronomy Monographs, 9: 595-624
- Brown D. 1954. *Methods of surveying and measuring vegetation*. Reading, Bradley & Son: 223 str.
- Buyanovsky G.A., Wagner G.H. 1987. Carbon transfer in a winter wheat (*Triticum aestivum*) ecosystem. *Biological Fertility of Soils*, 5: 76-82
- Carter M.R. 2001. Organic matter and sustainability. V: *Sustainable management of soil organic matter*. Rees R.M., Ball B.C., Campbell C.D., Watson C.A. (eds.). Wallingford, CABI Publishing: 9-22
- Chapman R. 2001. Competition and succession in re-created botanically diverse grassland communities. V: *Competition and succession in pastures*. Tow P.G., Lazenby A. (eds.). Wallingford, CABI Publishing: 261-282

- Christman, R.F., Gjessing, E.T. 1993. Aquatic and Terrestrial Humic Acids. Michigan, Ann. Arbor Sciences : 313 str.
- Clark H., Pinarec-Patino C., deKlein C. 2005. Methane and nitrous oxide emissions from grazed grasslands. V: Grassland: a global resource. McGilloway D.A. (ed.). Wageningen, Wageningen Academic Publisher: 279-293
- Clewer A.G., Scarisbrick D.H. 2001. Practical statistics and experimental design for plant and crop science. New York, John Wiley & Sons: 332 str.
- Collomb M., Butikofer U., Sieber R., Bosset O., Jeangros B. 2001. Conjugated linoleic acid and trans fatty acid composition of cows' milk fat produced in lowlands and highlands. Journal of Dairy Research, 68, 3: 519-523
- Conant R.T., Paustian K., Elliott E.T. 2001. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. Ecological Applications, 11, 2: 343-355
- Critchley C.N.R., Chamber B.J., Fowbert J.A., Bogha A., Rose S.C., Sanderson R.A. 2002. Plant species richness, functional type and soil properties of grasslands and allied vegetation in English Environmentally Sensitive Areas. Grass and Forage Science, 57: 82-92
- Čušin B. 2004. NATURA 2000 v Sloveniji. Rastline. Ljubljana, ZRC SAZU: 172 str.
- Danoff-Burg J., Xu C. 2003. Biodiversity calculator. Columbia University (30.1. 2006). http://www.columbia.edu/itc/cerc/danoff-burg/MBD_Links.html (20.7.2006)
- Davies A., Baker R.D., Grant S.A., Laidlaw A.S. 1993. Sward measurement handbook. Reading, University of Reading: 319 str.
- de Klein C.A.M., Ledgard S.F. 2005. Nitrous oxide emissions from New Zealand agriculture - key sources and mitigation strategies. Nutrient Cycling in AgroEcosystems, 72, 3: 231-227
- DeRamus H.A. 2004. Grazing management of ruminant animals in sustainable agriculture. Outlook on Agriculture, 33, 2: 93-100
- Dierschke H. 1994. Pflanzensoziologie. Stuttgart, Ulmer: 683 str.
- Digby P.G.N., Kempton R.A. 1987. Multivariate analysis of ecological communities. London, Chapman and Hall: 206 str.
- Dolek M., Geyer A. 2002. Conservation biodiversity on calcareous grasslands in the Franconian Jura by grazing: a comprehensive approach. Biological Conservation, 104: 351-360
- Doran, J.W., Sarrantonio, M., Liebig, M.A. 1996. Soil health and sustainability. Advanced Agronomy 56; 1-54
- Douds Jr. D.D., Millner P.D. 1999. Biodiversity of arbuscularmycorrhizal fungi in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 74: 77-93
- Drinkwater L.E., Wagner P., Sarrantonio M. 1998. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. Nature, 396: 262-265

- Duru M., Tallowin J.R.B., Cruz P. 2005. Functional diversity in low-input grassland farming systems: characterization, effect and management. V: *Grassland Science in Europe*. Lillak R., Viiralt R., Linke A., Geherman V. (eds.). Tartu, Greif printhouse, 10: 199-210
- Egner H., Riem H., Domingo W.R. 1960. Untersuchungen ueber die chemische Bodenanalyse als Grundlage fuer Beurteilung des Naehrstoffzustandes der Boeden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor - und Kaliumbestimmung. *Kungl. Lantbrukshoegsk Annales*, 26: 199-215
- Ellenberg H., Weber H.E., Dueller R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, 18: 1-258
- Ellis J.R. 1995. Mycorrhiza - An essential part of most plant root systems. *Better Crops*, 79,1: 10-11
- Eswaran H.E., Van Den Berg E., Reich P. 1993. Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America Journal*, 57: 192-194
- Fisher M., Wipf S. 2002. Effect of low-intensity grazing on the species-rich vegetation of traditionally mown subalpine meadows. *Biological Conservation*, 104: 1-11
- Follett R.F. 2000. Organic carbon pools in grazing land soils. V: *The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. Follett R.F., Kimble J.M., Lal R. (eds.). Boca Raton, CRC Press: 65-86
- Follett R.F., Schuman G.E. 2005. Grazing land contribution to carbon sequestration. V: *Grassland: a global resource*. McGilloway D.A. (ed.). Wageningen, Wageningen Academic Publisher: 265-277
- Forseth I.N., Norman J.M. 1993. Modelling of solar irradiance, leaf energy budget and canopy photosynthesis. V: *Photosynthesis and production in a changing environment*. Hall D.O., Scurlock J.M.O., Bolhar-Nordenkamp H.R., Leegood R.C., Long S.P. (eds.). London, Chapman & Hall: 415 str.
- Franko U. 1997. Modellierung von Umsatzprozessen der organischen Bodensubstanz. *Arch. Acker-Pfl. Boden*, 41: 527-547
- Franzluebbers A.J., Wright S.F., Stuedemann J.A. 2000. Soil aggregation and glomalin under pastures in the Southern Piedmont USA. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 1018-1026
- Ganjugunte G.K., Vance G.F., Preston C.M., Schuman G.E., Ingram L.J., Stahl P.D., Welker J.M. 2005. Influence of different grazing management practices on soil organic carbon constituents in a northern mixed-grass prairie. *Soil Science Society of America Journal*, 69: 1746-1756
- Garbulsky M., Jobbágy E., Paruelo J., Sarli V., Jackson R. 2002. The impact of afforestation on ecosystem functioning on grassland areas of temperate South America. V: *29th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Buenos Aires, 8-12 april 2002: 400-403
- Geodetski zavod Slovenije. 1995. *Atlas Slovenije*. Ljubljana, Mladinska knjiga: 174-175

- Grime J.P. 2001. Plant strategies: vegetation processes and ecosystems properties. Chichester, John Wiley & Sons: 410 str.
- Gutman M., Perevolotsky A., Ungar E.D., Sternberg M., Kigel J. 1999. Mediterranean herbaceous vegetation response to high animal density and grazing deferment: Implications for management and conservation. V: Dynamics and sustainability of Mediterranean pastoral systems. 9th Meeting of the Mediterranean Sub-Network of the FAO-CIHEAM, Saragoza, Španija, 25-29 junij 1999. Etienne M. (ed.). Saragoza CIHEAM-IAMZ: 161-164
- Harley J.L., Harley E.L. 1987. A check list of mycorrhiza in the British flora. New Phytologist, Supplement 2, 105: 1-47
- Harrier A.L., Watson A.C. 2003. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping systems. Advances in Agronomy, 79: 185-225
- Haynes R.J., Williams P.H. 1992. Accumulations of soil organic matter and the forms, mineralisation potential and plant-availability of accumulated organic sulphur: effects of pasture improvement and intensive cultivation. Soil Biology and Biochemistry, 24: 209-217
- Hočevar M., Kušar G., Cinder T. 2004. Monitoring in analiza zaraščanja kraške krajine v GIS okolju. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 75: 21-52
- Intergovernmental panel on climate change. IPCC Third assesment report: climate change. The scientific basis. 2001a. Cambridge, Cambridge University Press: 873 str.
- Intergovernmental panel on climate change. IPCC Third assesment report: climate change. Synthesis report. 2001b. Watson R.T. (ed.). Ženeva, IPCC: 34 str.
- Isselstein J. 2005. Enhancing grassland biodiversity and its consequences for grassland management and utilisation. V: Grassland: a global resource. McGiloway D.A. (ed.). Wageningen, Wageningen Academic Publisher: 305-320
- Isselstein J., Jeangros B., Pavlu V. 2005. Agronomic aspects of extensive grassland farming and biodiversity management. V: Grassland Science in Europe. Lillak R., Viiralt R., Linke A., Geherman V. (eds.). Tartu, Greif printhouse, 10: 211-220
- Jackson R.B., Jobbagy E.G., Avissar R., Roy S.B., Barrett J., Cook C.W., Farley K.A., le Maitre D.C., McCarl B.A., Murray B.C. 2005. Trading water for carbon with biological carbon sequestration. Science, 310, 23: 1944-1947
- Janitzky P. 1986. Particle-size analysis. V: Field and laboratory procedures in a soil chronosequence study. Singer M.J., Janitzky P. (eds.). Reston, U.S. Geological Survey Bulletin: 11-16
- Janssens F., Peeters A., Tallowin J.R.B., Bakker J.P., Bekker R.M., Fillat F., Oomes M.J.M. 1998. Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. Plant and Soil, 202: 69-78
- Janssens L.A., Freibauer A., Ciais P., Smith P., Nabuurs G.J., Folberth G., Schlamadinger B., Hutjes R.W.A., Ceulemans R., Schulze E.D., Valentini R., Dolman H. 2003.

- Europe's terrestrial biosphere absorbs 7-12 % of European anthropogenic CO₂ emissions. *Science*, 300: 1538-1542
- Janzen H., Campbell C.A., Gregorich E.G., Ellert B.H. 1998. Soil carbon dynamics in Canadian agroecosystems. V: *Soil processes and the carbon cycle*. Lal R. (eds.). Boca Raton, CRC Press: 57-80
- Janzen H.H. 2004. Carbon cycling in earth systems - a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104: 399-417
- Jogan N., Kaligarič M., Leskovar I., Seliškar A., Dobravec J. 2004. Habitatni tipi Slovenije HTS 2004. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 64 str.
- Jones R.M., Jones R.J., McDonald C.K. 1995. Some advantages of long-term grazing trials with particular reference to changes in botanical composition. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 35: 1029-1038
- Kahmen S., Poschlod P., Schreiber K.F. 2002. Conservation management of calcareous grasslands. Changes in plant species composition and response of functional traits during 25 years. *Biological Conservation*, 104: 319-328
- Kenkel N.C. 2002. Multivariate analysis in weed science research. *Weed Science*, 50,3: 281-292
- Kent M., Coker P. 1998. *Vegetation description and analysis. A practical approach*. Chichester, John Wiley & Sons: 363 str.
- Kimble J.M., Lal R., Follett R.F. 2002. *Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil*. Boca Raton, CRC Press: 536 str.
- Koerschens M. 1997. Abhängigkeit der organischen Bodensubstanz von Standort und Bewirtschaftung sowie ihr Einfluss auf Ertrag und Bodeneigenschaften. *Arch. Acker-Pfl. Boden*, 41: 435-463
- Lal R. 2002. Why carbon sequestration in agricultural soil. V: *Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil*. Kimble J.M., Lal R., Follett R.F. (eds.). Boca Raton, CRC Press: 35-49
- Lal R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123: 1-22
- Laurenroth W.K., Whitman W.C. 1971. A rapid method for washing roots. *Journal of Range Management*, 24: 308-309
- Legendre P., Legendre L. 1998. *Numerical Ecology*. Amsterdam, Elsevier Science: 845 str.
- Lemaire G., Wilkins R., Hodgson J. 2005. Challenges for grassland science: managing research priorities. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108: 99-108
- Lepš J., Šmilauer P. 2003. *Multivariate analysis of ecological data using Canoco*. Cambridge, University Press: 269 str.
- Liu J., Urano T., Mariko S., Oikawa T. 2005. Influence of grazing pressures on belowground productivity and biomass in Mongolia steppe. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 25, 1: 88-93

- Lobnik F., Šporar M., Hodnik A., Vrščaj B. 2002. Pedološke raziskave območja Vremščice. CRP projekt: Zaraščanje kmetijskih površin v Sloveniji. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 8 str.
- Lovelock C.E., Wright S.F., Clark D.A., Ruess R.W. 2004. Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. *Journal of Ecology*, 92: 278-287
- Lutgen E.R., Muir-Clairmont D., Graham J., Rillig M.C. 2003. Seasonality of arbuscular mycorrhizal hyphae and glomalin in a western Montana grassland. *Plant and Soil*, 257: 71-83
- Maček I. 2004. Odziv korenin izbranih kmetijsko pomembnih vrst na naravno povečano koncentracijo CO₂. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 105 str.
- Maček I., Vodnik D. 2005. Glomalin, lepilo strukturnih agregatov in pomembna sestavina organske snovi tal. *Proteus*, 67, 6: 244-251
- Magurran A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford, Blackwell Publishing: 256 str.
- Mannetje L.t', Jones R.M. 2000. *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. Wallingford, CABI Publishing: 447 str.
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Ravnik V., Podobnik A., Turk B., Vreš B. 1999. Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk. 3. izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 845 str.
- Mielnick P.C., Dugas W.A. 2000. Soil CO₂ flux in a tallgrass prairie. *Soil Biology & Biochemistry*, 32: 221-228
- Miller R.M., Jastrow J.D. 2000. Mycorrhizal fungi influence soil structure. V: *Arbuscular Mycorrhizas: physiology, molecular biology and ecology*. Kapulnik Y., Douds D. (eds.). Dordrecht, Kluwer Academic Publisher: 4-18
- Muller S. 2002. Appropriate agricultural management practices required to ensure conservation and biodiversity of environmentally sensitive grassland sites designated under Natura 2000. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 89: 261-266
- Nichols K.A. 2003. Characterization of glomalin, a glycoprotein produced by arbuscular mycorrhizal fungi. Doktorska disertacija. Michigan, University of Maryland: 281 str.
- Nichols K.A., Wright S.F. 2004. Contributions of fungi to soil organic matter in agroecosystems. V: *Soil organic matter in sustainable agriculture*. Magdoff F., Weil R.R. (eds.). Boca Raton, CRC Press: 179-198
- Niu X., Duiker S.W. 2006. Carbon sequestration potential by afforestation of marginal agricultural land in the Midwestern U.S. *Forest Ecology and Management*, 223: 415-427
- Norman J.M., Garcia R., Verma S.B. 1992. Soil surface CO₂ fluxes and the carbon budget of a grassland. *Journal of Geophysical Research*, 97: 18845-18853

- O'Hara P., Freney J., Ulyatt M. 2003. Abatement of agricultural non-carbon dioxide greenhouse gas emissions. Wellington, New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry: 171 str.
- Osterc J., Štuhec I., Petrič N., Holcman A. 2004. Perspectives of Slovenian animal production are in sustainable agriculture. *Acta agriculturae Slovenica*, Supplement 1: 5-14
- Paul A. E., Paustian H.K., Elliot T.E., Cole V.C. 1996. Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. Long Term Experiments in North America. Boca Raton, CRC Press: 432 str.
- Paustian K., Andren O., Janzen H.H., Lal R., Smith P., Tian G., Tiessen H., Noordwijk M., Woomer P.L. 1997a. Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. *Soil Use and Management*, 13: 230-244
- Paustian K., Collins H.P., Paul E.A. 1997b. Management controls on soil carbon. V: Soil organic matter in temperate agroecosystems. Long-term experiments in North America. Paul E.A., Elliott E.T., Paustian K., Cole C.V. (eds.). Boca Raton, CRC Press: 15-49
- Philipp A., Huguenin-Elie O., Flisch R., Gago R., Stutz C., Kessler W. 2004. Einfluss der Phosphorduengung auf enine Fromentalwiese. *Agrarforschung*, 11,3: 86-91
- Pielou E.C. 1984. The Interpretation of Ecological data: A Primer on Classification and Ordination. New York, John Wiley & Sons: 288 str.
- Plantureux S., Peeters S., McCracken D. 2005. Biodiversity in intensive grassland: effect of management, improvement and challenges. *Agronomy Research*, 3,2: 153-164
- Popis kmetijskih gospodarstev, Slovenija 2000. 2002. 777, Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije: 256 str.
- Post W.M., Kwon K.C. 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6: 317-327
- Potter K.N., Torbett H.A., Johnson H.B., Tischler C.R. 1999. Carbon storage after long-term grass establishment on degraded soils. *Soil Science*, 164: 718-725
- Raich J.W., Potter C.S. 1995. Global patterns of carbon dioxide emission from soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 9: 23-36
- Raich J.W., Schlesinger W.H. 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*, 44B: 81-99
- Reeder J.D., Schuman G.E. 2002. Influence of livestock grazing on C sequestration in semi-arid mixed-grass and short-grass rangelands. *Environmental Pollution*, 116: 457-463
- Rees R.M., Bingham I.J., Baddeley J.A., Watson C.A. 2005. The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. *Geoderma*, 128: 130-154

- Ridley A.M., Slattery W.J., Helyar K.R., Cowling A. 1990. The importance of the carbon cycle to acidification of a grazed annual pasture. *Australian Journal of the Experimental Agricultural Research*, 30: 529-537
- Riecken U., Finck P., Schroeder E. 2002. Significance of pasture landscape for nature conservation and extensive agriculture. V: *Pasture landscapes and nature conservation*. Redecker B., Finck P., Haerdle W., Riecken U. (eds.). Dordrecht, Springer: 423-433
- Rillig M.C. 2004a. Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystems processes. *Ecology Letters*, 7: 740-754
- Rillig M.C. 2004b. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal of Soil Science*, 84: 355-363
- Rillig M.C., Mummey D.L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171: 41-53
- Rillig M.C., Ramsey P.W., Morris S., Paul E.A. 2003. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. *Plant and Soil*, 253: 293-299
- Rook A.J., Tallowin J.R.B. 2003. Grazing and pasture management for biodiversity benefit. *Animal Research*, 52: 181-189
- Rosier C.L., Hoyer A.T., Rillig M.C. 2006. Glomalin-related soil protein: Assessment of current detection and quantification tools. *Soil Biology & Biochemistry* (v tisku)
- Rounsevell M.D.A., Ewert F., Reginster I., Leemans R., Carter T.R. 2005. Future scenarios of European agricultural land use. II. Projecting changes in cropland and grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107: 117-135
- Ryan M.H., Graham J.H. 2002. Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture? *Plant and Soil*, 244: 263-271
- Schellber J., Moessler A., Kuehbauch J., Rademacher K. 1999. Long-term effects of fertilizer on soil nutrient concentration, yield, forage quality and floristic composition of a hay meadow in the Eifel mountains, Germany. *Grass and Forage Science*, 54: 195-205
- Schenck R. 2001. Climate change: What it's all about, and how grassfed beef could help stop global warming. *The Stockman GrassFarmer*, 58: 19-22
- Scherer-Lorenzen M., Palmberg C., Prinz A., Schulze E.D. 2003. The role of plant diversity and composition for nitrate leaching in grasslands. *Ecology*, 86: 1539-1552
- Schlesinger W.H. 1986. Changes in soil carbon storage and associated properties with disturbance and recovery. V: *The Changing Carbon Cycle: a Global Analysis*. Trabalka J.R., Reichle D.E. (eds.). New York, Springer: 194-220
- Schnabel R.R., Franzluebbers W.L., Stout W.L., Sanderson M.A., Stuedeman J.A. 2001. Effects of pasture management practices. V: *The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. Follett R.F., Kimble J.M., Lal R. (eds.). Boca Raton, CRC Press: 291-322

- Schnitzer M. 1991. Soil organic matter the next 75 years. *Soil Science*, 151: 41-58
- Schulze E. D. 2002. Understanding global change: Lessons learnt from the European landscape. *Journal of Vegetation Science*, 13: 403-412
- Schuman G.E., Janzen H.H., Herrick J.E. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. *Environmental Pollution*, 116: 391-396
- Schuman G.E., Reeder J.D., Manley J.T., Hart R.H., Manley W.A. 1999. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological Applications*, 9, 1: 65-71
- Shannon C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell Systematic Techonology Journal*, 27: 379-423
- Shaw P.J.A. 2003. *Multivariate Statistics for the Environmental Sciences*. London, Hodder Headline Group: 233 str.
- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688
- SIST ISO 10390. Kakovost tal - Ugotavljanje pH. 1996: 5 str.
- SIST ISO 13878. Soil quality - Determination of total nitrogen content by dry combustion ("elemental analysis"). 1998: 5 str.
- SIST ISO 14235. Določanje organskega ogljika z oksidacijo v kromžveplovni kislini. 1999: 5 str.
- Six J., Conant R.T., Paul E.A., Paustian K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implication for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, 241: 155-176
- Slovenija znižuje CO₂ (24.4. 2006)
<http://www.slovenija-co2.si/> (19.7. 2006)
- Smith P. 2004. Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context. *European Journal of Agronomy*, 20: 229-236
- Smith P., Andrean O., Karlsson T., Perala P., Regina K., Rounsevell M. 2005. Carbon sequestration potential in European croplands has been overestimated. *Global Change Biology*, 11, 12: 2153-2163
- Sorensen T.A. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in a plant based on similarity of species content and its applications to analysis of vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter*, 5: 1-34
- Spellerberg I.F. 2005. *Monitoring Ecological Change*. Cambridge, Cambridge University Press: 391 str.
- Tallowin J.R.B., Rook A.J., Rutter S.M. 2005. Impact of grazing management on biodiversity of grasslands. *Animal Science*, 81: 193-198
- Tan Z., Lal R. 2005. Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 111: 140-152

- ter Braak C. J. F., Šmilauer P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide : software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Wageningen, České Budějovice, Biometris: 500 str.
- ter Braak C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179
- Trpin D., Vreš B. 1995. Register flore Slovenije (Praprotnice in cvetnice). Ljubljana, ZRC SAZU: 143 str.
- Vidrih M. 2003. Botanična sestava in proizvodnost ruše kraških pašnikov ob različnih načinih nadzorovane paše. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 99 str.
- Vidrih T. 2003. Sulphur in balanced karst pasture nutrition. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. *Kmetijstvo*, 81, 1: 161-170
- Vidrih T., Lobnik F. 2003. The use and improvement of karst grassland. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. *Kmetijstvo*, 81, 1: 179-190
- Vleeshouwers L.M., Verhagen A. 2002. Carbon emission and sequestration by agricultural land use: a model study for Europe. *Global Change Biology*, 8: 519-530
- Waghorn G.C., Tavendale M.H., Woodfield D.R. 2002. Methanogenesis from forages fed to sheep. V: *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, Palmerston North, Nova Zelandija, 5-7 november 2002. Northover S. (ed.). Mosgiel, Taieri Print, 64: 167-171
- Wright S.F. 2002. Glomalin: hiding place for a third of the world's stored soil carbon. *Agricultural Research*, 2: 4-7
- Wright S.F., Franke-Snyder M., Morton J.B., Upadhyaya J. 1996. Time-course study and partial characterization of a protein on hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi during active colonization of roots. *Plant and Soil*, 181: 193-203
- Wright S.F., Upadhyaya A. 1996. Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science*, 161, 9: 575-586
- Wright S.F., Upadhyaya A. 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 198: 97-107
- Wright S.F., Upadhyaya A., Buyer J.S. 1998. Comparison of N-linked oligosaccharides of glomalin from arbuscular mycorrhizal fungi and soils by capillary electrophoresis. *Soil Biology and Biochemistry*, 30: 1853-1857
- Zarovali M.P., Tsougrakis Y., Papanastasis V.P. 2004. Herbage production in relation to land use changes in Mediterranean rangelands. V: *Grassland Science in Europe*. Luetscher A., Jeangros B., Kessler W., Huguenin O., Lobsiger M., Millar N., Suter D. (eds.). Zuerich, Hochschulverlag, 9: 201-203

ZAHVALA

Najlepša hvala mentorju prof. dr. Francu Batiču, ki me je že od magistrskega študija naprej strokovno spremljal in znal pravilno usmerjati k cilju, ki je zagovor doktorske disertacije.

Za pomoč pri določevanju rastlinskih vrst na planini Vremščica, vnosu popisov ruše v bazo podatkov ter multivariatni analizi florističnih podatkov se najlepše zahvaljujem Klemenu Elerju. Nič v življenju ni univariatnega, še najmanj rastlinstvo v pašeni ruši visokega krasa.

Za vpeljavo v laboratorijski postopek analize talnih vzorcev na vsebnost glomalina se iskreno zahvaljujem dr. Ireni Maček, pa tudi ostalim članom Katedre za aplikativno botaniko, ekologijo in fiziologijo rastlin, kjer sem določeval omenjeno snov.

Lepa hvala izr. prof. dr. Zlati Luthar iz Katedre za genetiko, biotehnologijo in žlahtnjenje rastlin, ki mi je omogočila avtoklaviranje vzorcev tal.

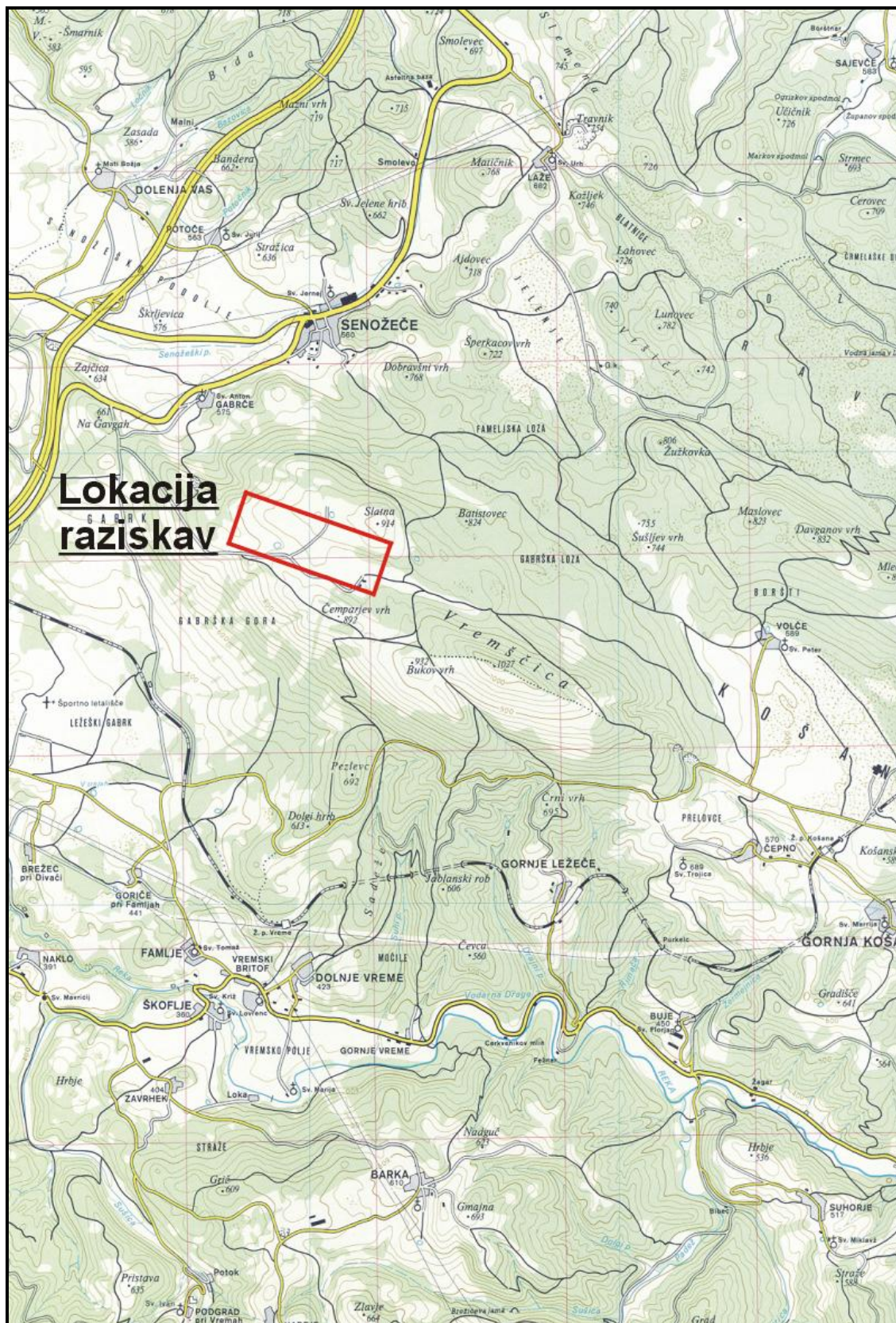
Seveda eksperimentalni del naloge ne bi uspel brez zanesljivih pomočnikov, ki so mi najprej pomagali vzorčiti na terenu ter kasneje vzorce pripraviti še za nadaljnjo analizo. Največja zahvala gre Boštjanu Medvedu, pomagali pa so še Kristina Karničar, Gregor Grk in Darko Novak. Hvala vsem skupaj še enkrat.

Iskreno se zahvaljujem tudi staršema, ki sta me predvsem v zadnjem obdobju mojega pisanja naloge znala ustrezno spodbujati pri tem umetelnem delu.

Ženi Ani se prisrčno zahvaljujem za čas, ki ga je namenila moji nalogi, saj jo je potrpežljivo in pozorno prebrala od prve do zadnje strani. Poleg tega mi je znala v času mojega pisanja naloge pozorno prisluhniti in me nadomestiti pri družinskih opravilih.

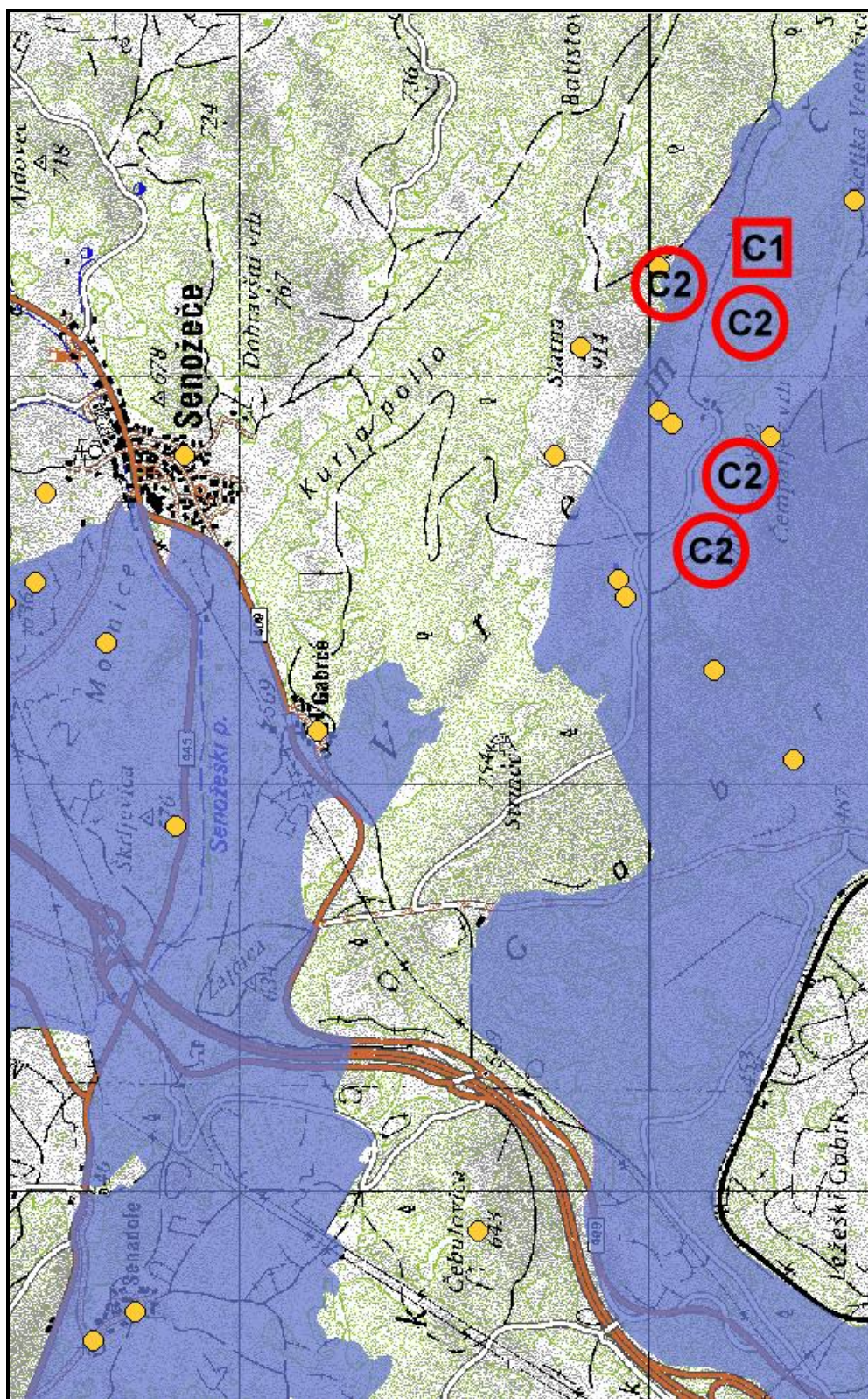
In na koncu bom zapisal še tole. Nalogo posvečam svojima otrokoma, triletnemu sinu Mihatu in osemmesečni hčerki Katarini, saj sta bila včasih zagotovo deležna atijevega intelektualnega nemira. In ne nazadnje, nalogo posvečam tudi sovaščanom Horjulske doline, saj nosijo v sebi še vedno tisti pristni podeželski način razmišljanja. Po zaključenem delovniku se vedno rad vračam v to dolino s hribovjem v ozadju.

Lokacija raziskav na planini Vremščica (Atlas Slovenije, 1995)



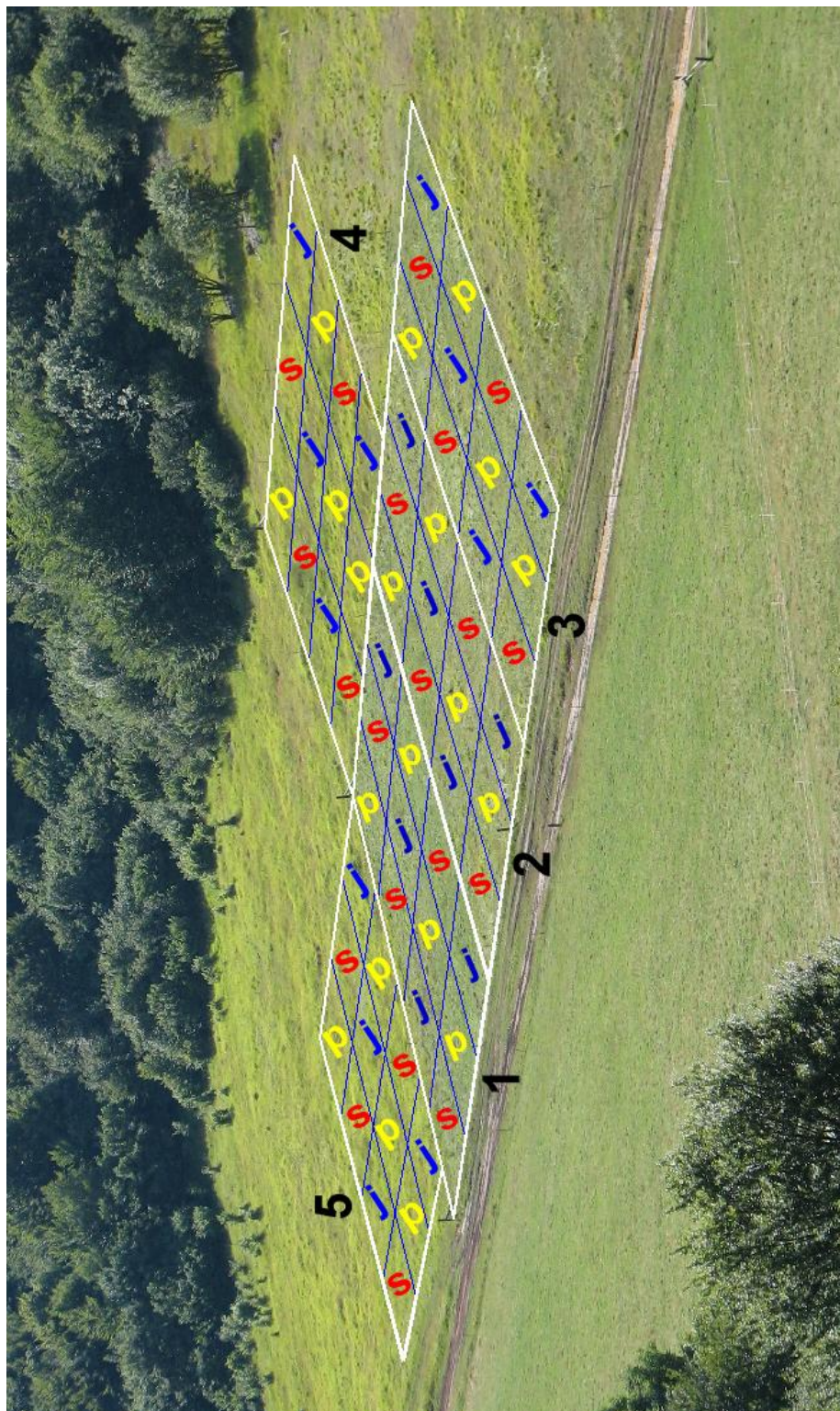
PRILOGA B

Označeno območje Nature 2000 z rumeni krogi, ki ponazarjajo lokaliteto (Bioportal, 2006) in vrisanimi lokacijami poskusa gnojenje s fosforjem (C1) in sezonsko spreminjanje glomalina (C2)



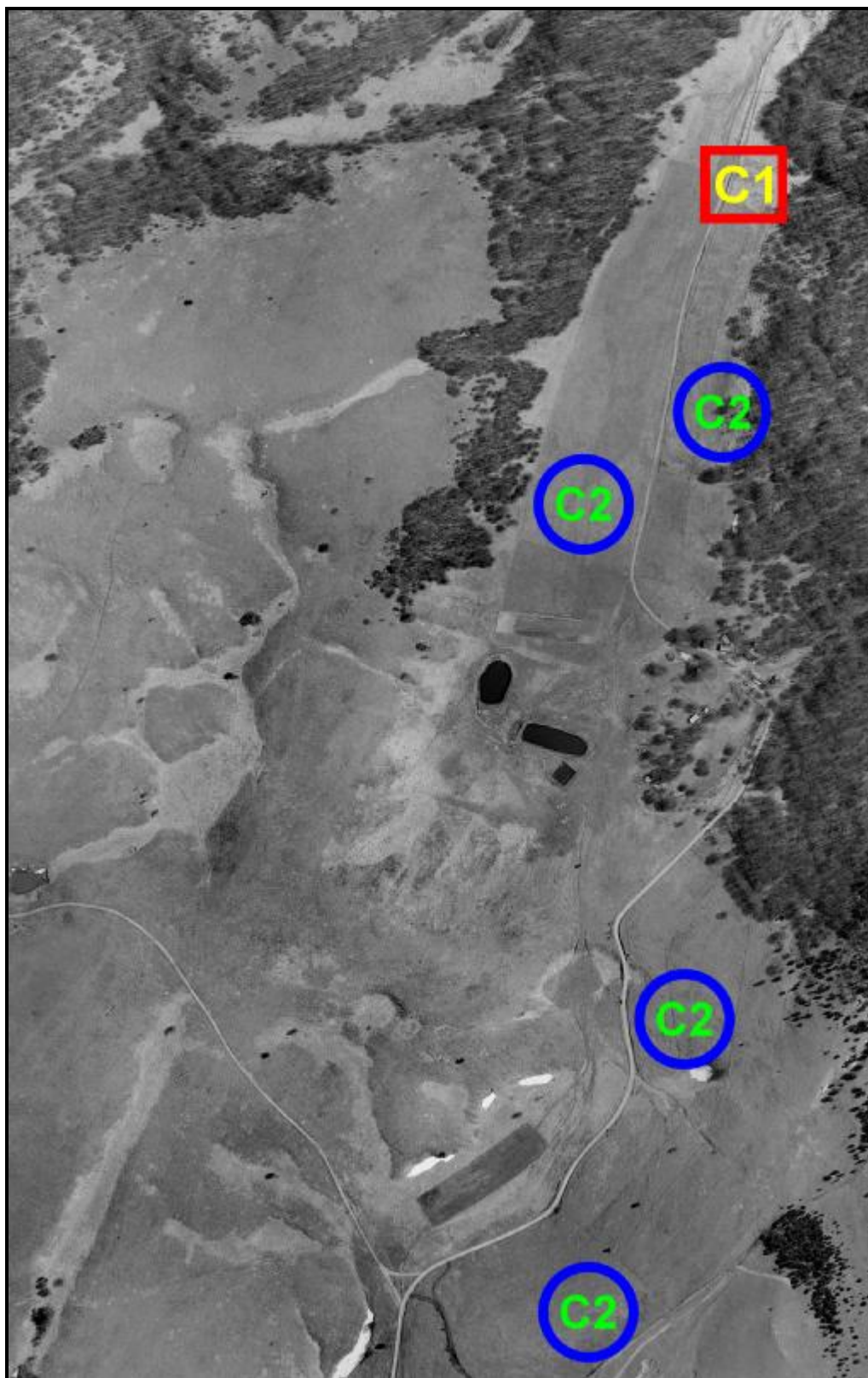
PRILOGA C

Razporeditev postopkov na poskusu gnojenje s fosforjem
(1-pašeno/NP, 2-pašeno/P, 3-pašeno/NPK, 4-pašeno, 5-nepašeno
čas vzorčenja: s-spomladi, p-poleti, j-jeseni)



PRILOGA Č

Zračni posnetek širšega območja pašnikov z označenimi lokacijami poskusa gnojenje s fosforjem (C1) in sezonsko spreminjanje glomalina (C2)



PRILOGA D

Zelinje (nadzemna biomasa) na poskusu gnojenje s fosforjem je bilo vzorčeno na direktni način



PRILOGA E

Vzorčenje tal in korenin je potekalo znotraj iste površine, kjer je bilo predhodno vzeto zelinje



PRILOGA F

Na ponovitvi vsakega postopka je bilo za analizo glomalina in pedoloških parametrov v tleh vzetih pet podvzorcev tal in sredinski za določevanje mase korenin



PRILOGA G

Floristični popis ruše z obilnostjo posamezne vrste je bil opravljen v treh sezonskih aspektih



PRILOGA H

Vzorčenje na poskusu sezonsko spreminjanje glomalina je bilo izvedeno tako v časovnih kot prostorskih razmikih



PRILOGA I

Za analizo glomalina je bilo potrebno zatehtati 1 g suhih tal



Floristični popis z obilnostjo vrste v spomladanskem obdobju na poskusu gnojenja s fosforjem (1.6. 2004)

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)	
Achillea millefolium agg.	
Aegopodium podagraria L.	
Elytorgia intermedia (Host) Nevski	
Elytorgia repens (L.) Desv. ex Nevski	
Agrostis canina L.	
Agrostis capillaris L.	
Agrostis stolonifera L.	
Ajuga genevensis L.	
Ajuga reptans L.	
Alchemilla sp.	
Allium carinatum L.	
Anemone nemorosa L.	
Anthoxanthum odoratum L.	
Anthriscus nitida (Wahlenb.) Garcke	
Anthyllis vulneraria L.	
Arabis hirsuta (L.) Scop.	
Arenaria serpyllifolia L.	
Aristolochia lutea Desf.	
Arrhenatherum elatius (L.) P. Beauv. ex J. & C. Presl	
Artemisia vulgaris L.	
Asperula cynanchica L.	
Astrantia major L.	
Betonica serotina Host	

se nadaljuje

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5
Cerastium brachypetalum Desp. ex Pers.																		+	+	+	+				
Cerastium holosteoides Fries em. Hyl.	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	
Chamaejaspartium sagittale (L.) P. Gibbs											+	+	+	+	+	+				+	+	1	+	+	
Cirsium arvense (L.) Scop.		+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	
Cirsium pannonicum (L. fil.) Link																									
Cirsium vulgare (Savi) Ten.																									
Clinopodium vulgare L.																									
Colchicum autumnale L.						+																		+	
Convallaria majalis L.																									
Convolvulus arvensis L.																									
Coronilla vaginalis Lam.																		+					+		
Corylus avellana L.																									
Crocus vernus (L.) Hill	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+				
Cruciata glabra (L.) Ehrend.	1	+	1	+	+		1	1	1	1	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	
Cyclamen purpurascens Mill.																									
Dactylis glomerata L.	+	+																+	+	+	+	+	+	+	
Daphne mezereum L.																								+	
Daucus carota L.				+																					
Deschampsia caespitosa (L.) PB.																									
Dianthus sanguineus Vis.																									
Erigeron acris L.																									
Euphorbia amygdaloides L.																									
Euphorbia dulcis L.																									
Euphorbia verrucosa L.																							+		

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
<i>Festuca pratensis</i> Huds.		+	+				+	+																			+	+								1
<i>Festuca rubra</i> agg.																											+	+	+							
<i>Festuca rupicola</i> Heuff.	+	+	+	3	2	1	+	+	+																		+	+								+
<i>Filipendula vulgaris</i> Moench																																				+
<i>Fragaria vesca</i> L.																	+										+									
<i>Galium boreale</i> L.																																				+
<i>Galium corrudifolium</i> Vill.		+																									+									+
<i>Galium mollugo</i> L.	+	+	+	+												1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	1	
<i>Galium verum</i> L.	+	+	+	+		+																					+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Gentiana lutea</i> L.																											+									
<i>Gentiana utriculosa</i> L.																																				+
<i>Gentianella ciliata</i> (L.) Borkh.																																				
<i>Geum urbanum</i> L.	+																																			
<i>Helianthemum ovatum</i> (Viv.) Dunal																											+									+
<i>Helictotrichon pubescens</i> (Huds.) Pilger	1	+	+	+	1	+	+	+								+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										+	
<i>Hieracium hoppeanum</i> Schult.																																				
<i>Hippocrepis comosa</i> L.																											+	+	2	+	+	+	+	+	+	
<i>Hypericum perforatum</i> L.																																				+
<i>Inula ensifolia</i> L.	+						+																													1
<i>Iris graminea</i> L.																																				
<i>Juniperus communis</i> L.																																				+
<i>Knautia drymeia</i> Heuff.																													+							
<i>Knautia illyrica</i> G. Beck																																				+
<i>Koeleria lobata</i> (MB.) Roem. & Schult.																																				+

se nadaljuje

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

[illegible]

se nadaljuje

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

Floristični popis z obilnostjo vrste v poletnem obdobju na poskusu gnojenja s fosforjem (28.7. 2004)

[illegible]

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)						
Biscutella laevigata L.						
Brachypodium rupestre (Host) Roem. & Schult.	+	+		+ 1	2 +	
Briza media L.				+		
Bromus erectus Huds.	1	1	+	1	1	+
Bromus hordeaceus L.	+	+	+	+		
Bupthalmum salicifolium L.						
Calluna vulgaris (L.) Hull						
Campanula glomerata L.		+		+	+	+
Campanula patula L.						
Campanula persicifolia L.					+	+
Campanula rapunculoides L.						
Campanula rapunculus L.						
Capsella bursa-pastoris (L.) Med.						
Carduus nutans L.			+	+	+	+
Carex caryophyllea Latourr.						
Carex flacca Schreber				+	+	
Carex humilis Leyss.				+	+	+
Carex pallescens L.						
Carlina acaulis L.		+			+	+
Carlina vulgaris L.					+	
Centaurea jacea L.		+	+	+	+	+
Centaurea pannonica (Heuff.) Simk.			+		+	1
Centaurea scabiosa L.						
Centaurea triumfettii All.						+

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5
<i>Cerastium brachypetalum</i> Desp. ex Pers.																						
<i>Cerastium holosteoides</i> Fries em. Hyl.	+	+	+				1				+	1	+			+		+				
<i>Chamaespartium sagittale</i> (L.) P. Gibbs																+		+			+	
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.																+	+	+		+	+	
<i>Cirsium pannonicum</i> (L. fl.) Link																+						
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.													+									
<i>Clinopodium vulgare</i> L.									+													
<i>Colchicum autumnale</i> L.									+													
<i>Convallaria majalis</i> L.																						
<i>Convolvulus arvensis</i> L.																						
<i>Coronilla vaginalis</i> Lam.															+						+	
<i>Corylus avellana</i> L.																+						
<i>Crocus vernus</i> (L.) Hill																						
<i>Cruciata glabra</i> (L.) Ehrend.	+	+	+	1	+			+			+	1	1		+		+	+		+		
<i>Cyclamen purpurascens</i> Mill.																						
<i>Dactylis glomerata</i> L.								+	+			+								+	+	
<i>Daphne mezereum</i> L.																				+		
<i>Daucus carota</i> L.																						
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) PB.																			+			
<i>Dianthus sanguineus</i> Vis.							+															
<i>Erigeron acris</i> L.															+							
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.																						
<i>Euphorbia dulcis</i> L.																			+			
<i>Euphorbia verrucosa</i> L.																			+	+		

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5
Lathyrus pratensis L.	+	1		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	1	
Leontodon autumnalis L.	+	+	+	+	1	1	1	1	1	1	+												
Leontodon hispidus L.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	+
Leucanthemum ircutianum (Turez.) DC.	+	+					+	+	+	+	+					+	+				+		
Leucanthemum liburnicum (Horvatić) Horvatić											1	+	+			+	+	1					
Lilium carnolicum Bernh. ex Koch																							
Linum catharticum L.																+	+			+	+		
Lolium perenne L.	+			+																			
Lotus corniculatus L.	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	1	1	+	+	+	
Luzula campestris (L.) DC.							+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+
Medicago lupulina L.	+						+	+	+	+	1	+	+	+	+		+	+					
Medicago prostrata Jacq.	+	1	1	+	+	+		+	2	+	+	1	1	1	1	+	1	+	+	+	+	+	+
Molinia arundinacea Schrank																				+			
Muscari botryoides (L.) Mill. em. Lam. & DC.																							
Narcissus radiiflorus Salisb.																							
Peucedanum oreoselinum (L.) Moench																			+	+			
Phleum pratense L.	1	1	+	1	1	+	+	+	1	+	1	+	1	1	1	+	+		+	+	+		
Phyteuma orbiculare L.																							
Phyteuma spicatum L.																					+	+	
Pimpinella saxifraga L.	+	+	+	+								+				+	+	+	+	+	+	+	+
Plantago argentea Chaix in Vill.				+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+
Plantago lanceolata L.	+	+	+			+	+				+												
Plantago major L.										+						+							
Plantago media L.												+	+	+	+		+	+	+				+

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	
Poa badensis Haenke ex Willd.																								+								
Poa pratensis L.	+	+	+	+	+	1	+	+	1	+	1	+	+	+	+	1											+			+	+	
Poa trivialis L.																																
Polygala nicaeensis Risso ex Koch																							+	+	+				+	+	+	
Potentilla australis Krašan																							+	+								
Potentilla erecta (L.) Räuschel																								+	+	+	1	+	+	1	+	
Prunella vulgaris L.	+	1	+	+	+	1	1	+	1	+	1	1	1	1	1	1										+			+	+	+	
Ranunculus acris L.	+																															
Ranunculus bulbosus L.																								+	+			+	+	+	+	
Ranunculus oreophilus Bieb.										+													+									
Rhinanthus minor L.	+	+								+																					+	
Rosa canina agg.																									+						+	
Rubus idaeus L.																															+	
Rumex acetosa L.																																
Salvia pratensis L.	1	+	+	+																				1	1		+	+	+	+	+	+
Sanguisorba muricata (Spach) Gremli	+																									+						
Scabiosa triandra L.		+				1	+																			+			+		+	+
Scorzonera austriaca Willd.																												+				
Sedum sexangulare L.										+																						
Silene nutans L.																														+		
Silene vulgaris (Moench) Garcke																									+							
Sorbus aucuparia L.																																
Stellaria graminea L.																																
Stellaria media (L.) Vill.										+	+																				+	

se nadaljuje

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

[illegible][illegible]

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

Floristični popis z obilnostjo vrste v jesenskem obdobju na poskusu gnojenja s fosforjem (17.9. 2004)

[illegible]

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5
<i>Cerastium brachypetalum</i> Desp. ex Pers.																									
<i>Cerastium holosteoides</i> Fries em. Hyl.	+	+	+					+				+					+								
<i>Chamaespartium sagittale</i> (L.) P. Gibbs																	+					+			+
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.								+									+						+		+
<i>Cirsium pannonicum</i> (L. fl.) Link																									
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.																									
<i>Clinopodium vulgare</i> L.							+																		
<i>Colchicum autumnale</i> L.																									+
<i>Convallaria majalis</i> L.																						+			
<i>Convolvulus arvensis</i> L.														+											
<i>Coronilla vaginalis</i> Lam.																	1					+		+	
<i>Corylus avellana</i> L.																	+						+		
<i>Crocus vernus</i> (L.) Hill																									
<i>Cruciata glabra</i> (L.) Ehrend.	1	+						+				+					+				+		+		+
<i>Cyclamen purpurascens</i> Mill.																				+					
<i>Dactylis glomerata</i> L.	+	+						+				+					+							+	
<i>Daphne mezereum</i> L.																									
<i>Daucus carota</i> L.																									
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) PB.																									
<i>Dianthus sanguineus</i> Vis.																									
<i>Erigeron acris</i> L.																									
<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.																							+		
<i>Euphorbia dulcis</i> L.																									
<i>Euphorbia verrucosa</i> L.																						+			

se nadaljuje

nadaljevanje																												
Latinsko ime vrste / postopek (1-5)																												
Festuca pratensis Huds.						+			+			+																
Festuca rubra agg.	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	2	1	1												
Festuca rupicola Heuff.												+																
Filipendula vulgaris Moench	+																										+	+
Fragaria vesca L.																						+						
Galium boreale L.																												1
Galium corrudifolium Vill.	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Galium mollugo L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
Galium verum L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gentiana lutea L.																					+							
Gentiana utriculosa L.																												
Gentianella ciliata (L.) Borkh.												+	+															
Geum urbanum L.																												
Helianthemum ovatum (Viv.) Dunal																								+	+		+	+
Helictotrichon pubescens (Huds.) Pilger			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+														
Hieracium hoppeanum Schult.																				+								
Hippocrepis comosa L.																				+	+							
Hypericum perforatum L.																												
Hypericum perforatum L.																												
Inula ensifolia L.																												
Iris graminea L.																												
Juniperus communis L.																												
Knautia drymeia Heuff.																												
Knautia illyrica G. Beck																												
Koeleria lobata (MB.) Roem. & Schult.																												
																								</				

se nadaljuje

nadaljevanje

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5
Poa badensis Haenke ex Willd.							+																		
Poa pratensis L.	1	1	+	1	1	1	1	1	+			+						+				+			
Poa trivialis L.																									
Polygala nicaeensis Risso ex Koch																				+				+	
Potentilla australis Krašan							+											+		+					
Potentilla erecta (L.) Räuschel	+						+		+										+			+	+		+
Prunella vulgaris L.	+	+	+				+		+			+	+						+		+		+		+
Ranunculus acris L.	+			+				+	+			+	+												
Ranunculus bulbosus L.		+										+						+	+		+	+	+		+
Ranunculus oreophilus Bieb.																									
Rhinanthus minor L.		+	+									+						+					+		+
Rosa canina agg.																								+	
Rubus idaeus L.																								+	
Rumex acetosa L.							+																	+	
Salvia pratensis L.	+	+	+					+										1	+	+	+	+	+		+
Sanguisorba muricata (Spach) Gremli							+	1	+					+				+	+		+				
Scabiosa triandra L.	+	+					+	+	+				+	+				+	+		+	+		+	+
Scorzonera austriaca Willd.																									
Sedum sexangulare L.												+													
Silene nutans L.																									
Silene vulgaris (Moench) Garcke													+								+		+		+
Sorbus aucuparia L.																									
Stellaria graminea L.																									
Stellaria media (L.) Vill.																									

se nadaljuje

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

Dokt. disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo, 2006

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)								
Symphytum tuberosum L.								
Taraxacum officinale F. Weber in Wiggers	1	1	1	2	1	1	1	
Teucrium chamaedrys L.								
Teucrium montanum L.								
Thalictrum aquilegifolium L.								
Thalictrum minus L.								
Thesium divaricatum Jan. ex Mert. & Koch								
Thymus praecox Opiz	+	+	+		+		1	1
Tragopogon orientalis L.								
Trifolium campestre Schreber					1	1		+
Trifolium montanum L.								
Trifolium pratense L.	+	+	+	+	+	1	+	+
Trifolium repens L.	+	+	+		+		+	+
Veronica arvensis L.		+	+		+		+	
Veronica chamaedrys L.	1	1	+	1	1	1	1	1
Veronica jacquinii Baumg.								
Veronica officinalis L.		+						+
Vicia cracca L.					+			
Vicia sepium L.								
Viola canina L.								
Viola hirta L.		+			+			
Viola reichenbachiana Jordan ex Boreau								

Latinsko ime vrste / postopek (1-5)					
Symphytum tuberosum L.					
Taraxacum officinale F. Weber in Wiggers	1	1	1	1	1
Teucrium chamaedrys L.					
Teucrium montanum L.					
Thalictrum aquilegifolium L.					
Thalictrum minus L.					
Thesium divaricatum Jan. ex Mert. & Koch					
Thymus praecox Opiz	+	+	+	+	+
Tragopogon orientalis L.					
Trifolium campestre Schreber			1	1	
Trifolium montanum L.					
Trifolium pratense L.	+	+	+	1	+
Trifolium repens L.	+	+	+		
Veronica arvensis L.		+	+	+	
Veronica chamaedrys L.	1	1	1	1	1
Veronica jacinthii Baumg.					
Veronica officinalis L.		+			
Vicia cracca L.			+		
Vicia sepium L.					
Viola canina L.					
Viola hirta L.		+	+	+	+
Viola reichenbachiana Jordan ex Boreau					

PRILOGA M

Analitski podatki o tleh na poskusu gnojenje s fosforjem

Postopek	pH (CaCl ₂)	P ₂ O ₅ AL (mg/100 g tal)	K ₂ O AL (mg/100 g tal)	Organska snov (%)	C (%)	CN razmerje	N skupni (%)
Pašeno/NP	6,8	6,6	39,1	11,3	6,5	12,7	0,51
Pašeno/NP	6,8	7,3	18,7	13,4	7,8	16,6	0,47
Pašeno/NP	6,8	5,8	21,0	11,5	6,7	14,0	0,48
Pašeno/NP	6,7	8,4	27,4	15,4	8,9	18,9	0,47
Pašeno/P	6,7	2,8	15,6	12,3	7,1	14,2	0,50
Pašeno/P	6,9	3,7	17,1	11,7	6,8	12,6	0,54
Pašeno/P	6,8	10,9	28,8	10,9	6,3	14,3	0,44
Pašeno/P	6,6	7,7	23,1	16,5	9,6	16,8	0,57
Pašeno/NPK	6,7	5,4	31,0	23,8	13,8	24,6	0,56
Pašeno/NPK	6,8	7,5	20,4	7,5	4,3	9,0	0,48
Pašeno/NPK	6,8	6,3	36,0	17,0	9,8	22,3	0,44
Pašeno/NPK	6,9	6,2	29,3	14,4	8,3	17,3	0,48
Pašeno	6,5	1,3	16,5	15,7	9,1	19,0	0,48
Pašeno	6,9	1,5	19,9	9,6	5,6	13,7	0,41
Pašeno	6,8	1,1	31,7	13,6	7,9	19,3	0,41
Pašeno	6,9	1,3	25,9	13,6	7,9	18,8	0,42
Nepašeno	4,9	3,3	31,7	17,0	9,8	16,9	0,58
Nepašeno	6,4	2,7	19,2	15,7	9,1	20,2	0,45
Nepašeno	4,8	1,8	14,8	8,4	4,9	14,8	0,33
Nepašeno	6,7	1,1	17,6	10,1	5,8	14,9	0,39

Postopek	Pesek (%)	Melj grobi (%)	Melj fini (%)	Melj skupni (%)	Glina (%)	Teksturni razred
Pašeno/NP	8,0	19,8	51,3	71,1	20,9	MI
Pašeno/NP	6,9	16,2	38,9	55,1	38,0	MGI
Pašeno/P	5,6	19,0	44,0	63,0	31,4	MGI
Pašeno/P	9,1	19,2	40,0	59,2	31,7	MGI
Pašeno/NPK	7,0	19,3	43,4	62,7	30,3	MGI
Pašeno/NPK	12,8	14,7	34,2	48,9	38,3	MGI
Pašeno	11,6	23,7	43,7	67,4	21,0	MI
Pašeno	17,9	9,9	38,2	48,1	34,0	MGI
Nepašeno	26,0	21,4	35,5	56,9	17,1	MI
Nepašeno	8,1	17,3	44,1	61,4	30,5	MGI