

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE  
VIRE

Anže KRESE

**BIOMASA KORENIN V BUKOVIH SESTOJIH NA  
DOLOMITNI MATIČNI PODLAGI**

Diplomsko delo  
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Anže KRESE

**BIOMASA KORENIN V BUKOVIH SESTOJIH NA DOLOMITNI  
MATIČNI PODLAGI**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**ROOT BIOMASS IN EUROPEAN BEECH STANDS ON DOLOMITED  
BEDROCK**

B. SC. THESIS  
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2011

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija gozdarstva. Delo je bilo opravljeno na Katedri za urejanje gozdov in biometrijo Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je na seji dne 20. 12. 2010 za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Aleša Kadunca.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Datum zagovora:

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

Anže Krese

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dv1
- DK GDK 164.3(043.2=163.6
- KG biomasa korenin/dolžina korenin/bukov sestoj/produktivnost rastišča/dolomitna podlaga
- KK
- AV KRESE, Anže
- SA KADUNC, Aleš (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
- LI 2011
- IN BIOMASA KORENIN V BUKOVIH SESTOJIH NA DOLOMITNI MATIČNI PODLAGI
- TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
- OP VII, 26 str., 12 pregl., 2 sl., 1 pril., 10 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Namen raziskave je bil ugotoviti, kako na biomaso korenin vpliva starost sestojev, produktivnost rastišča in ali so razlike med deleži posameznih debelinskih frakcij v bukovih sestojih na dolomitni matični podlagi. Poiskani sta bili dve različno produktivni bukovi rastišči, kjer so bile zakoličene po 3 ploskve v različnih razvojnih fazah. Sestoji na posameznih ploskvah so bili premerjeni ter ugotovljena je bila lesna zaloga, temeljnica in število dreves na hektar. Na vsaki ploskvi je bilo izvrtanih po 30 izvrtkov. Korenine so bile razvrščene po globinskih in debelinskih razredih korenin, ugotovljena je bila tudi njihova dolžina in masa. Rezultati analiziranih korenin so pokazali, da so bila tla na produktivnejšem rastišču globlja in da so vrednosti dolžin korenin na manj produktivnem rastišču večje. Razlike med ploskvami v dolžini korenin je opaziti predvsem v zgornjih delih tal pri najtanjših debelinskih razredih korenin. Ugotovljena je bila pozitivna povezava med dolžino korenin in temeljnico ter negativna povezavo med dolžino korenin in gostoto sestoja oziroma razdaljo do drevesa. Pri masi korenin ni bilo ugotovljeno niti razlik med ploskvami, niti povezave z nadzemnimi sestojnimi znaki. Iz rezultatov je razvidno, da je količina korenin glede na starost različna in da se deleži posameznih debelinskih frakcij razlikujejo med sestoji različne produktivnosti.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

ND	Dv1
DC	FDC 164.3(043.2=163.6
CX	root biomass/root length/European beech stand/site productivity/dolomited bedrock
CC	
AU	KRESE, Anže
AA	KADUNC, Aleš (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
PY	2011
TI	ROOT BIOMASS IN EUROPEAN BEECH STANDS ON DOLOMITED BEDROCK
DT	B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO	VII, 26 p., 12 tab., 2 fig., 1 ann., 10 ref.
LA	sl
Al	sl/en
AB	The aim of this research was to determine how the biomass of roots is influenced by age of stands, site productivity and whether there are any differences between proportions of individual thickness fractions in beech stands on the dolomited bedrock. Therefore, two beech sites with different productivity were selected and 3 plots in various developmental stages were mapped out. On these plots the stands were measured and subsequently the growing stock, basal area and stand density were found out. In each plot 30 soil cores were obtained. Roots were classified according to its depth and thickness classes and their length and weight were determined. Roots analysis results showed that the soil was deeper in the more productive growing area and that the roots of the less productive site are longer. Differences between plots by means of roots length were observed mainly in the upper soil layers with the thinnest root thickness class. It was found out that relationship between root length and stand basal area is positive while relationship between root length and stand density or distance to the tree is negative. By means of roots weight no differences were found between plots nor any relation to the aboveground stand parameters. From the results it can be concluded that the amount of roots is in relation to age of stands and that the proportion of individual thickness fractions depend on stand productivity.

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VI
KAZALO SLIK.....	VII
KAZALO PRILOG .....	VII
1 UVOD IN NAMEN NALOGE .....	1
2 PREGLED OBJAV .....	2
3 MATERIAL IN METODE .....	5
3.1 IZBIRA IN ZNAČILNOSTI RAZISKOVALNIH OBJEKTOV.....	5
3.2 MERITVE IN OCENA PARAMETROV NA VZORČNIH PLOSKVAH.....	6
3.3 VZORČENJE NA PLOSKVAH .....	9
3.4 LOČEVANJE KORENIN IN SORTIRANJE.....	10
3.5 SUŠENJE IN TEHTANJE KORENIN .....	11
3.6 ANALIZIRANJE KORENIN .....	11
4 REZULTATI.....	12
4.1 PRIKAZ OSNOVNIH PODATKOV.....	12
4.2 RAZLIKE MED PLOSKVAMI.....	13
4.3 POVEZAVA MED NADZEMNO IN PODZEMNO PRODUKCIJO .....	17
5 RAZPRAVA .....	21
6 SKLEPI .....	24
7 VIRI.....	25
ZAHVALA.....	27
PRILOGE .....	28

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Pregled splošnih znakov na ploskvah v območju Mož .....	8
Preglednica 2: Pregled splošnih znakov na ploskvah v območju Pekel.....	8
Preglednica 3: Splošni podatki o sestojih.....	9
Preglednica 4: Podatki o globinah izvrtkov in ovirah v tleh .....	12
Preglednica 5: Dolžina in masa korenin prikazana na m <sup>3</sup> in m <sup>2</sup> tal. ....	13
Preglednica 6: Dolžina korenin premera od 0 do 1 mm.....	13
Preglednica 7: Razlike med ploskvami v dolžini korenin z značilnimi pari .....	14
Preglednica 8: Razlike med ploskvami v masi korenin .....	15
Preglednica 9: Deleži dolžin koreninic v posameznem debelinskem razredu glede na globinski razred in ploskev .....	16
Preglednica 10: Deleži mase koreninic v posameznem debelinskem razredu glede na globinski razred in ploskev .....	17
Preglednica 11: Povezava med dolžino korenin in nadzemnimi sestojnimi znaki .....	19
Preglednica 12: Povezava med maso korenin in nadzemnimi sestojnimi znaki .....	20

## KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz lokacij raziskovalnih ploskev .....	5
Slika 2: Primer izvrtka pred analizo .....	10

## KAZALO PRILOG

Priloga A: Prikaz dolžine in mase korenin v posameznem globinskem in debelinskem razredu na ploskvah.....	28
---	----



## 1 UVOD IN NAMEN NALOGE

V Sloveniji imamo nadzemno produkcijo gozdnih sestojev že zelo dobro raziskano (Kotar, 2005, Kadunc, 2010), zato se kažejo večje potrebe pri nadaljnih raziskavah v proučevanju biomase in produkcije rizosfere. Gre za temo, ki je pri nas in tudi v svetu še relativno slabo obdelana, vendar zelo zanimiva in pomembna. Splošno znano je, da so korenine, kjub temu da predstavljajo le manjši delež biomase pomembne za opravljanje osnovnih žilvljenjskih funkcij. Mnogo strokovnjakov se zanaša pri sklepanju o podzemni produkciji na podlagi nadzemne biomase drevnine, kar pa se lahko izkaže za zmotno. Dosedanje raziskave kažejo, da je raziskovanje korenin izredno težavno, zamudno in drago delo. Sami rezultati pa mnogokrat niso v pričakovanjih z domnevami, saj kažejo neznčilne povezave, ki so posledica heterogenega in hitro spreminjajočega okolja. Zato kaže v prihodnje tej temi nameniti še več pozornosti. Po mnenju strokovnjakov so prav pomanjkanje informacij, premalo obsežne raziskave in zelo heterogene razmere vzrok za številne nejasnosti. Predmet naše raziskave so bukovi sestoji. Bukev (*Fagus sylvatica* L.) je drevesna vrsta, ki prevladuje v naših gozdovih, njen vpliv pa se bo v prihodnosti še močno povečal.

Z diplomskim delom želimo ugotoviti, kako starost sestojev vpliva na količino in strukturo korenin, kakšne so razlike v produkciji biomase korenin med produktivnim in manj produktivnim rastiščem ter ali se deleži posameznih debelinskih frakcij korenin razlikujejo med sestoji različnih produktivnosti.

## 2 PREGLED OBJAV

V tem poglavju so opisane raziskave, ki imajo podobno tematiko, kot jo proučujemo v diplomskem delu. Vse raziskave so sicer bolj obsežne in preverjajo več dejavnikov. Tukaj naj omenimo, da je neprimerno netehtno primerjati rezultate, saj so razmere na različnih koncih sveta različne. Neposredne primerjave bi bile možne v povsem podobnih razmerah z isto drevesno vrsto.

V Ameriki sta se Keyes in Grier (1981) ukvarjala s primarno produkcijo duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) na produktivnem rastišču in na manj produktivnem rastišču. Zanimala ju je do takrat še izredno slabo raziskana biomasa najtanjših korenin in vpliv klimatskih dejavnikov. Izračunala sta razmerje med nadzemno in podzemno biomaso. Izbrala sta območji, kjer so zgodovina gospodarjenja, obseg požarov in klima sorazmeroma enaki. Ugotovila sta višine dominantnih dreves, prsni premer in rastiščni indeks pri referenčni starosti 50 let ( $SI_{50}$ ). Talne vzorce sta jemala večkrat letno, in sicer v sredini junija, septembra, decembra in konec marca. Vzorce sta pobirala na postavljeni mreži gostote 1 x 1 m. Nadalje sta ločevala tudi žive korenine od tistih odmrlih. Vse korenine sta uvrstila v koreninska razreda: fine korenine (pod 2 mm premera) in majhne korenine (2 do 5 mm premera). Ugotovila sta maso korenin. V raziskavi sta zajela rast korenin, ki sta jo opazovala s pomočjo pleksi stekla. Rast korenin sta spremljala vsaka dva tedna. Rezultati raziskave so pokazali, da se biomasa korenin na manj produktivnem rastišču poveča v juniju, zmanjša nato do decembra in v marcu zopet poveča. Razlike med različnimi obdobji so bile očitne, medtem ko so na bolj produktivnem rastišču spremembe produkcije korenin manj opazne. Tistih najbolj finih korenin je bilo na bolj produktivnem rastišču za polovico manj kot na manj produktivnem rastišču. Ni bilo pa opaziti statistične razlike med odmrli in živimi koreninami. Zapisala sta, da je biomasa finih korenin večja kot tista majhnih korenin. S samo spremljavo rasti finih korenin pa so bile ugotovljene le manjše razlike.

Gower in sod. (1992) so raziskovali do tedaj neraziskani vpliv dušika in vode na dinamiko rasti gozda. Tudi oni so preučevali tako nadzemno in podzemno produkcijo biomase duglazije (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*). Upoštevali so vpliv: gnojenja, sečnje,

kontrole, namakanja ter sečnjo in namakanje ob enem. Korenine so razdelili v dva razreda: grobe (> 5 mm) in fine – drobne, ki so jih dodatno razdelili še v tri razrede. V raziskavi niso ugotovili značilnih razlik med grobimi in drobnimi koreninami. Najmanjša mortaliteta drobnih korenin je bila pod vplivom gnojenja, namakanja in kombinacije sečnje in namakanja. Sicer gnojenje, namakanje ter kombinacija sečnje in namakanja pozitivno vplivajo na rast nadzemnih delov in slabše na podzemne.

V študiji Bolte in sod. (2004) opisujejo razmerje med grobimi koreninami in izmerjenim prsnim premerom (DBH). Raziskave so bile narejene v bukovo-smrekovih gozdovih severozahodne Nemčije. Zapisali so, da so ob pregledu dosedanjih raziskav ugotovili, da so značilne povezave med nadzemnim in podzemnim delom majhne (Drexhage and Colin, 2001, cit. po Bolte in sod., 2004). Vse korenine, ki so bile debelejše od 2 mm so bile tretirane kot grobe korenine. Merili so tudi višino in ocenjevali socialni položaj po Kraftu. Korenine so premerili (dolžino, premer) in jih sušili na 105<sup>0</sup> C najmanj 48 ur. Značilno povezavo med koreninami in prsnim premerom so našli pri posameznih drevesih, niso pa ugotovili povezave med drevesno višino in koreninami. Rezultati raziskave so primerljivi z dosedanjimi študijami o čistih smrekovih gozdovih. Potrdili so tudi, da interspecifična kompeticija zmanjšuje rast korenin. Raziskave so pokazale veliko plastičnost in prilagodljivost bukve na različne vrste podlage. Opozorjajo, da bi v prihodnje morale biti raziskave podprte z več podatki.

Kobal in sod. (2009) so preverjali možnost uporabe geostatističnih metod v raziskavah rizosfere, ki pri nas do sedaj še niso bile uporabljene. Na vzorčni ploskvi na Pokljuki so v letih od 1997 do 1999 vzorčili tla z sondo do globine 18 centimetrov. Vzorčenje je potekalo na zvezdasto razporejenih vzorčnih ploskvah. Korenine so prešteli in jih razvrstili v dve skupini: določljive tipe mikorize in nedoločljive. Za preizkus uporabnosti prostorske interpolacije interakcij v rizosferi so uporabili splošni kriging. Število ponovitev je bilo majhno, saj je čiščenje, opazovanje in determinacija zelo dolgotrajna. Pokazalo se je, da metodo prostorske statistike lahko uporabimo v tovrstnih raziskavah, vendar je uporabnost metode omejena zaradi neznačilnega modela varioograma, ki je verjetno posledica majhnega števila vzorčnih lokacij. Sicer pa je preučevanje interakcij v rizosferi časovno in

prostorsko zahtevno. Ugotovljeno je bilo, da k veliki dinamiki vplivajo vremenske razmere, motnje in zaraščanje.

Železnik in sod. (2009) so v raziskavi želeli spoznati razvoj korenin različnih provenienc glede na rastiščne razmere njihovega življenjskega okolja. Opazovanje je potekalo z minirizotroni. Cevi so vstavili v heterogena tla, kjer so poiskali primerne talne žepe. Število korenin so izrazili v številu na  $\text{dm}^2$  vidnega polja kamere. Najbolj očitno se je število korenin povečalo v poletnih mesecih ter oktobra in novembra. Znano je, da dinamika rasti korenin različnih drevesnih vrst zmernega pasu poteka v rastnih obdobjih, le-tem pa sledijo obdobja mirovanja, ki so posledica klimatskih vplivov. Aktivnost korenin je močno odvisna od talne temperature. Ker tla v zimskem času zmrznejo le nekaj centimetrov, je opazna dinamika korenin tudi pozimi. Večina korenin v raziskavi se je nahajala v globini do 15 cm.

Železnik (2010) je spremljal drobne korenine bukve (*Fagus sylvatica* L.) z minirizotroni. Minirizotroni so akrilne prozorne cevi s katerimi so drobne korenine redno fotografirali in določevali njihov status. Klasificirali so jih med žive, mrtve in izginule. Znano je, da imajo drobne korenine (premer  $< 1$  mm) velik pomen za pridobivanje vode in hranil. Teorije (Hendrick in sod., 1996, cit. po Železnik, 2010) predpostavljajo, da so v manj bogatih ekosistemih korenine dolgožive, medtem ko so v s hranili bogatimi tlemi kratkožive. Snemanja so izvajali na štirinajst dni, kasneje pa so časovni interval povečali, saj se je pokazalo, da so spremembe opazne v daljših periodah. S pomočjo digitalne tehnike so vsako korenino oštevilčili in ji izmerili premer in dolžino. Pri metodi je sicer zelo težko oziroma nemogoče z gotovostjo trditi, da so korenine mrtve, kajti možno je, da so žive in so se premaknile ter postale nevidne. Takšne dileme značilno vplivajo na končno oceno dolgoživosti.

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 IZBIRA IN ZNAČILNOSTI RAZISKOVALNIH OBJEKTOV

Glede na namen diplomske naloge smo izbrali dve bukovi rastišči na dolomitni matični podlagi. Eno, ki je manj produktivno in drugo, ki je bolj produktivno. Lokacije ploskev smo izbrali skupaj v sodelovanju z revirnima gozdarjema iz krajevne enote Kočevska Reka. Območje, ki je manj produktivno in ima višjo nadmorsko višino, se imenuje Mož. Nahaja se v revirju Ravne. To je pas, kjer se meša vpliv iz kanjona Kolpe in vpliv visokih dinarskih gozdov. V območju je na strmejših delih moč opaziti sabljasto rast dreves in na nekaterih delih celo vegetativno razmnoževanje. V drugem območju, ki se imenuje Pekel in se nahaja v revirju Podlesje, najdemo tipične bukove sestoje združbe *Hacquetio-Fagetum*. Tu so razmere za rast mnogo bolj ugodne.



Slika 1: Prikaz lokacij raziskovalnih ploskev

Za oceno produktivnosti rastišč smo na obeh lokacijah v debeljkih naredili debelne analize in tako ocenili site index ( $SI_{100}$ ). V manj produktivnem območju Mož znaša  $SI_{100}$  14 m, povprečni volumenski prirastek v času kulminacije pa je  $3,8 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ . V nižje ležečem in bolj produktivnem območju imenovanem Pekel, je ocenjena produktivnost znatno višja.  $SI_{100}$  znaša 32 m, povprečni volumenski prirastek v času kulminacije pa  $8,7 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{leto}^{-1}$ . V obeh primerih znaša raven proizvodnosti 2.

### 3.2 MERITVE IN OCENA PARAMETROV NA VZORČNIH PLOSKVAH

Na obeh lokacijah smo zakoličili tri ploskve v različnih razvojnih fazah. Skupno smo tako zakoličili šest ploskev. V razvojni fazi debeljak je bila ploskev velika  $30 \times 30 \text{ m}$ , v razvojni fazi močnejši drogovnjak  $20 \times 20 \text{ m}$  in v tanjšem drogovnjaku oz. letvenjaku  $15 \times 15 \text{ m}$ . Ploskve smo označili z številkami od 1 do 6 in sicer: 1 kot debeljak na manj produktivnem rastišču, 2 kot močnejši drogovnjak na manj produktivnem rastišču, 3 kot tanjši drogovnjak oz. letvenjak na manj produktivnem rastišču, 4 kot debeljak na rastišču nadpovprečne produktivnosti, 5 kot močnejši drogovnjak na rastišču nadpovprečne produktivnosti in 6 kot tanjši drogovnjak oz. letvenjak na rastišču nadpovprečne produktivnosti. Izbrane ploskve je bilo potrebno popisati. Popisali smo drevesa in pri tem zabeležili drevesno vrsto, premer (cm), socialni razred, utesnjenost krošenj in velikost krošenj. Meritveni prag dreves v debeljaku je bil 10 cm, v močnejšem drogovnjaku 5 cm in v tanjšem drogovnjaku oz. letvenjaku 1 cm. Za ugotavljanje premera drevesa smo uporabljali gozdarsko premerko.

- Socialni položaj smo ocenjevali po Kraftovi klasifikaciji (Assmann, 1961):
  - 1 – nadvladajoča drevesa;
  - 2 – vladajoča drevesa;
  - 3 – sovladajoča drevesa;
  - 4 – obvladana drevesa;
  - 4a – medstojna z vkleščeno krošnjo, ki se lahko razvija samo navzgor;
  - 4b – deloma podstojna drevesa;
  - 5a – podstojna z vitalnimi krošnjami;
  - 5b – podstojna z odmirajočimi ali odmrlimi krošnjami.

- Utesnjenost krošnje smo ocenjevali po naslednji lestvici (Assmann, 1961):
  - 1 – popolnoma sproščeno drevo;
  - 2 – dotik s sosednjimi na 1/4 površine;
  - 3 – dotik do 2/4;
  - 4 – dotik do 3/4;
  - 5 – dotik nad 3/4.
  
- Velikost krošenj smo ocenjevali po naslednji lestvici (Assmann, 1961):
  - 1 – izredno velika krošnja;
  - 2 – normalno velika in simetrična;
  - 3 – normalno velika in asimetrična;
  - 4 – majhna krošnja;
  - 5 – izredno majhna krošnja.

Na vsaki izmed ploskev smo izmerili ali ocenili nekaj splošnih znakov, ki so prikazani v preglednicah 1 in 2.

Preglednica 1: Pregled splošnih znakov na ploskvah v območju Mož.

Znak	Številka ploskve					
	1		2		3	
Rastišče	<i>Erico-Fagetum</i>					
Tip tal	rendzina					
Koordinate	X	Y	X	Y	X	Y
	44288	481251	44467	480124	44215	480175
Nadmorska višina (m)	1054		1060		1051	
Ekspozicija	J		Z		SZ	
Naklon (°)	9		34		8	
Razvojna faza	debeljak		močnejši drogovnjak		letvenjak in tanjši drogovnjak	
Sestojni sklep	presvetljen		normalen		rahel	
Ocenjena starost (leta)	150		100		40	
Zgornja višina (m)	23		18		12	

Preglednica 2: Pregled splošnih znakov na ploskvah v območju Pekel.

Znak	Številka ploskve					
	4		5		6	
Rastišče	<i>Hacquetio-Fagetum</i>					
Tip tal	rjava pokarbonatna tla					
Koordinate	X	Y	X	Y	X	Y
	45537	498427	45537	498427	45634	498312
Nadmorska višina (m)	584		558		543	
Ekspozicija	JV		SZ		Z	
Naklon (°)	2		4		3	
Razvojna faza	debeljak		močnejši drogovnjak		letvenjak in tanjši drogovnjak	
Sestojni sklep	presvetljen		normalen		normalen	
Ocenjena starost (leta)	100		70		20	
Zgornja višina (m)	34		26		12	

Na podlagi popisa dreves na ploskvah, izmerjenega premera drevesa in ocenjene zgornje višine sestoja na vzorčnih ploskvah smo izračunali temeljnico, delež bukve v temeljnici,



lesno zalogo in število dreves. Vse vrednosti so predstavljene na hektar. Za izračun lesne zaloge so bile uporabljene vmesne tarife za bukev. V primeru druge drevesne vrste smo uporabili iste tarife, saj so se le-te pojavile v majhnem deležu. Na ploskvah 3 in 6 lesne zaloge nismo ugotavljali, saj večina dreves ni dosegla meje 10 cm. Na vzorčni ploskvi številka 3 imamo nadstojno jelko, kar močno spremeni delež bukve v temeljnici.

Preglednica 3: Splošni podatki o sestojih.

Številka ploskve	Temeljnica (m <sup>2</sup> /ha)	Delež bukve v temeljnici (%)	Lesna zaloga (m <sup>3</sup> /ha)	Št. dreves/ ha
1	41,16	98,66	426,25	618
2	45,74	99,23	392,62	1326
3	9,10	68,59	-	3545
4	31,21	96,95	545,33	277
5	27,36	88,99	298,72	927
6	7,03	94,28	-	5963

Zabeleženi drevesni vrsti v območju Mož poleg prevladujoče bukve sta bili jelka (*Abies alba* Mill.) in topokrpi javor (*Acer obtusatum* W. et K. ex. Willd). V območju Pekel pa smo poleg bukve našli še smreko (*Picea abies* (L.) Karsten), navadni gaber (*Carpinus betulus* L.), maklen (*Acer campestre* L.) in poljski brest (*Ulmus carpinifolia* Gled.).

### 3.3 VZORČENJE NA PLOSKVAH

Na vsaki ploskvi je bilo potrebno narediti vzorčno mrežo enakomerno razporejenih tridesetih točk. Razdalje med točkami smo prilagajali velikosti posameznih ploskev. S pomočjo posebne sonde (gre za kovinsko cev, spodaj z zobmi in zgoraj z ročko za vrtenje) z notranjim premerom 52 mm smo pridobili izvrtke. Vzorčili smo do globine 30 cm, oziroma do prve nepremagljive ovire v tleh (kamen, velika korenina). Ko smo naleteli na oviro v tleh, smo med opombe zapisali dejansko globino izvrtka in vzrok za nepopoln izvrtek. Če je točka padla na kamen ali drevo, smo tudi to označili. V takšnem primeru je izvrtek manjkal. Pri samem sondiranju smo zabeležili še najbližje drevo (drevesno vrsto), oddaljenost točke od drevesa in premer drevesa. Vsak izvrtek smo spravili v PVC vrečko in jih označili z identifikacijsko številko. Vsi izvrtki so bili pridobljeni izven vegetacijskega obdobja (med oktobrom in marcem).

### 3.4 LOČEVANJE KORENIN IN SORTIRANJE

Iz izvrtkov smo nato ločili korenine. Izvrtke smo razporedili (razdelili) v štiri globinske razrede tal, in sicer: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm in 20-30 cm. Ob tem smo korenine razporejene po globinskih razredih ločili še glede na premer: 1-2 mm, 2-5 mm, 5-20 mm in nad 20 mm. Posamezne globinske in debelinske razrede smo v nadaljnih obdelavah označili z številkami od 1 do 4, 1 kot najplitvejši globinski razred oz. najtanjše korenine in 4 kot najglobji globinski razred oz. najdebelejše korenine. S številko 5 smo označili vsoto po globinskih razredih tal oz. po debelinskih razredih korenin. Pri obeh ploskvah v debeljaku smo poskušali na devetih naključno izbranih ploskvah izmeriti vse korenine, to pomeni, da smo izmerili tudi koreninice premera 0-1 mm. Pregled vseh je skorajda nemogoč, saj se še vedno najde kakšna koreninica oz. koreninski lasek. Pri samem ločevanju korenin, predvsem tistih finih, smo si pomagali s pinceto. Premere korenin smo merili s kljunastim merilom. Vsem koreninam smo merili dolžino v centimetrih. Tako smo dobili dolžino korenin v posameznem globinskem razredu glede na premer.



Slika 2: Primer izvrtka pred analizo

### 3.5 SUŠENJE IN TEHTANJE KORENIN

Vse korenine smo sproti shranjevali v papirnate vrečke, in sicer smo v isto vrečko shranili vse korenine določenega globinskega razreda tal in določenega debelinskega razreda korenin z iste ploskve. Kasneje smo korenine v vrečkah posušili v ventilacijski peči na 105 °C. Sušenje je trajalo nad 24 ur. Nato smo korenine stehali na elektronski tehtnici. Tehtanje je potekalo takoj po končanem sušenju, saj smo pazali, da se zaradi same vlage v zraku ne bi masa korenin povečala.

### 3.6 ANALIZIRANJE KORENIN

Za obdelavo podatkov smo uporabili računalniška programa Microsoft Office Excel in PASW verzija 18.

V raziskavi smo uporabili naslednje statistične metode: Kruskal-Wallisov test, Willcoxonov test, Pearsonov korelacijski koeficient in Parcialni korelacijski koeficient.

## 4 REZULTATI

### 4.1 PRIKAZ OSNOVNIH PODATKOV

Iz podatkov o globinah izvrtkov (preglednica 4) lahko razberemo, da smo v povprečju na bolj produktivnem območju predrli globlje v tla. Izjema je le močnejši drogovnjak, saj so globine na produktivnejšem rastišču manjše od tistih na manj produktivnem. Vzrok je v tem, da smo med vrtnanjem prav tu največkrat naleteli na kamen (40 %), vse ovire v tleh (kamen, korenina), pa so bile tu tudi precej plitvo v tleh. Največ izvrtkov z polno globino 30 cm je bilo v produktivnem debeljaku (80 %). Vrtanje v manj produktivnem območju smo v približno 40 % izvrtkov prekinili zaradi predebele korenine. Pokazalo se je, da vrtanje onemogočijo korenine s premerom nad 30 mm. Kadar je bil vzrok prekinitve vrtnanja korenina, so bile naše izvrtine na manj produktivnem območju precej globlje, kot na produktivnem. V primeru, ko je bil ovira kamen, so razlike med lokacijama manjše.

Preglednica 4: Podatki o globinah izvrtkov in ovirah v tleh.

Ploskev	Povp. globina (cm)	Delež popolnih (%)	Delež s kamnom (%)	Delež s korenino (%)	Povp. gl.-kamen (cm)	Povp. gl.-korenina (cm)
1	19,9	20,0	36,7	43,3	18,4	16,5
2	24,9	33,3	26,7	40,0	21,9	22,8
3	21,8	30,0	26,7	43,3	17,9	18,6
4	26,7	80,0	13,3	6,7	15,8	9,5
5	22,6	50,0	40,0	10,0	16,8	8,7
6	25,5	70,0	10,0	20,0	12,7	16,0

Dolžino in maso korenin smo prikazali na  $m^3$  in  $m^2$  tal (preglednica 5). Tako po dolžini in masi najbolj izstopa ploskev 1, kjer so te vrednosti največje. Na manj produktivni lokaciji so glede na primerljive razvojne faze dolžine korenin večje. Tudi pri masi korenin v manj produktivnem debeljaku opazimo večje vrednosti, medtem ko je v močnejšem drogovnjaku in tanjšem drogovnjaku oz. letvenjaku masa korenin na produktivni lokaciji večja od tiste na manj produktivni.

Preglednica 5: Dolžina in masa korenin prikazana na  $m^3$  in  $m^2$  tal.

Kategorija			Dolžina ( $m/m^3$ )		Dolžina ( $m/m^2$ )		Masa ( $g/m^2$ )	Masa ( $g/m^3$ )
Ploskev	Glob. raz.	Deb. raz.	Arit. sred.	KV %	Arit. sred.	KV %	Arit.sred.	Arit.sred.
1	5	5	4.167,5	49,3	1.250,2	49,3	3.011,5	10.038,5
2	5	5	2.836,8	42,0	851,0	42,0	1.634,2	5.447,5
3	5	5	2.680,7	48,7	804,2	48,7	1.988,0	6.626,7
4	5	5	2.066,3	44,9	619,9	44,9	2.414,2	8.047,2
5	5	5	2.268,5	40,2	680,6	40,2	2.634,4	8.781,3
6	5	5	1.617,7	46,6	485,3	46,6	2.061,8	6.872,6

Prikazane so (preglednica 6) tudi dolžine korenin debelinskega razreda 0-1 mm na devetih naključno izbranih ploskah v vsakem od obeh debeljakov, kjer smo jih izmerili. Tu so razlike med lokacijama še občutnejše. Največje razlike je opaziti v prvih dveh globinskih razredih, kjer so dolžine na manj produktivnem območju približno štirikrat tolikšne kot na produktivnem.

Preglednica 6: Dolžina korenin premera od 0 do 1 mm.

Korenine 0-1 mm		Dolžina ( $m/m^3$ )		Dolžina ( $m/m^2$ )	
Ploskev	Glob.raz.	Arit. sred.	KV %	Arit. sred.	KV %
1	1	53.239,4	54,6	2.662,0	54,6
	2	42.542,2	50,7	2.127,1	50,7
	3	19.747,5	99,5	1.974,8	99,5
	4	9.277,0	194,3	927,7	194,3
	5	25.626,6	57,7	7.688,0	57,7
4	1	13.926,8	95,7	696,3	95,7
	2	9.952,5	57,9	497,6	57,9
	3	5.145,8	60,0	514,6	60,0
	4	2.378,0	66,1	237,8	66,1
	5	6.490,3	47,5	1.947,1	47,5

#### 4.2 RAZLIKE MED PLOSKVAMI

Za nadaljnjo obdelavo podatkov smo zaradi podobnosti uporabljali zgolj vrednosti predstavljene na  $m^2$ . Preglednica 7 prikazuje značilne razlike med ploskvami pri 5 % tveganju. Značilne razlike je opaziti v prvih treh globinskih razredih prvega debelinskega razreda korenin. Izjema je četrti globinski razred, kjer značilnih razlik ni. V prvem in drugem globinskem razredu najdemo značilne razlike tudi v drugem debelinskem razredu.

Zaznali smo tri najpogostejše značilne pare, ki so: tanjša drogovnjaka oz. letvenjaka (3 in 6), debeljaka (1 in 4) ter debeljak z manj produktivnega območja in tanjši drogovnjak oz. letvenjak z produktivnega območja (1 in 6).

Preglednica 7: Razlike med ploskvami v dolžini korenin z značilnimi pari.

Glob. raz.	Dolžina korenin		Rang 1 je maks. vrednost						Značilni pari
	Deb. raz.	Kr.-W.med ploskvami	Pl. 1	Pl. 2	Pl. 3	Pl. 4	Pl. 5	Pl. 6	
1	1	0,000	1	4	2	5	3	6	6/3,6/1,4/1,2/1
	2	0,012	2	6	1	3	4	5	2/3
	3	0,416	1	4	4	4	4	4	
	4	1,000	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
	5	0,000	1	4	2	5	3	6	6/1,4/1,2/1,6/3
2	1	0,000	1	3	2	5	4	6	4/1,6/1,5/1,6/3
	2	0,043	3	4	1	6	2	5	
	3	0,164	5,5	4	5,5	2	1	3	
	4	1,000	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
	5	0,000	1	3	2	5	4	6	4/1,6/1,6/3,4/3,5/1
3	1	0,000	2	1	4	5	3	6	6/2,6/1,4/2,4/1,3/2
	2	0,079	1	2	4	6	3	5	
	3	0,647	2	5	3	4	1	6	
	4	0,074	1	4	4	4	4	4	
	5	0,000	2	1	4	5	3	6	6/2,6/1,4/2,4/1
4	1	0,169	3	2	6	1	5	4	
	2	0,310	4	1	6	2	5	3	
	3	0,350	4	5	2	1	3	6	
	4	1,000	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
	5	0,215	3	2	6	1	5	4	
5	1	0,000	1	2	3	5	4	6	4/1,6/1,6/2,5/1,6/3
	2	0,179	1	4	2	5	3	6	
	3	0,174	4	5	2	3	1	6	
	4	0,074	1	4	4	4	4	4	
	5	0,000	1	2	3	5	4	6	4/1,6/1,6/2,5/1,6/3

Primerjali smo tudi maso korenin, kjer pa značilnih razlik nismo ugotovili (preglednica 8).

Preglednica 8: Razlike med ploskvami v masi korenin.

Masa korenin			Rang 1 je maksimalna vrednost					
Glob. raz.	Deb. raz.	Kr-W.med ploskvami	Ploskev 1	Ploskev 2	Ploskev 3	Ploskev 4	Ploskev 5	Ploskev 6
5	1	0,257	1	5	6	2	3	4
	2	0,728	3	6	5	4	1	2
	3	0,868	4	6	3	2	1	5
	4	0,066	1	4	4	4	4	4
1	5	0,933	1	6	4,5	3	2	4,5
2		0,862	2	5	6	4	1	3
3		0,741	1	6	5	3	2	4
4		0,885	2	6	4	1	3	5
5	5	0,547	1	6	5	3	2	4

Preverili smo tudi, koliko znašajo deleži dolžin korenin posameznih debelinskih frakcij glede na globino in ploskev (preglednica 9). Primerjali smo iste razvojne faze po lokacijah. V debeljaku in močnejšem drogovnjaku se je pokazalo, da je na manj produktivni lokaciji delež tistih najtanjših koreninic (debelinski razred 1) večji kot na produktivni. V debelinskih razredih 2 in 3 istih razvojnih faz pa se pokaže, da je delež večji na produktivnejši lokaciji. V razvojni fazi tanjši drogovnjak oz. letvenjak je med obema območjema moč opaziti le manjše razlike v deležu dolžin po posameznih debelinskih razredih.

Preglednica 9: Deleži dolžin koreninic v posameznem debelinskem razredu glede na globinski razred in ploskev.

Dolžina korenin		Deleži (%)					
Glob. raz.	Deb. raz.	Ploskev 1	Ploskev 4	Ploskev 2	Ploskev 5	Ploskev 3	Ploskev 6
1	1	95,9	90,9	97,8	93,4	91,0	90,6
	2	3,9	9,1	2,2	6,6	9,0	9,4
	3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1	91,7	89,4	91,8	84,2	88,0	88,3
	2	8,3	9,4	7,9	14,5	12,0	10,7
	3	0,0	1,2	0,3	1,3	0,0	1,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	1	88,3	84,7	89,2	81,9	84,9	81,8
	2	9,9	12,7	9,7	14,9	12,5	16,7
	3	1,4	2,5	1,1	3,2	2,5	1,5
	4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	1	87,3	82,4	85,9	82,0	77,3	84,8
	2	8,4	13,5	13,0	13,0	15,3	14,2
	3	4,3	4,1	1,2	5,0	7,4	1,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	1	90,8	86,7	90,6	85,4	87,0	86,2
	2	7,9	11,3	8,7	12,6	11,6	12,9
	3	1,2	2,0	0,7	2,1	1,4	0,9
	4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Pri masi korenin velja podobno (preglednica 10). Pri debeljaku in močnejšem drogovnjaku je delež mase v prvem debelinskem razredu večji na manj produktivni lokaciji, v debelinskih razredih 2 in 3 pa se večji delež mase zopet prevesi na bolj produktivno lokacijo. Zanimivo je pri primerjavi najtanjše razvojne faze, kjer je delež mase v debelinskem razredu 1 in 2 večji na produktivnem območju, v debelinskem razredu 3 pa je delež mase večji na manj produktivnem.



Preglednica 10: Deleži mase koreninic v posameznem debelinskem razredu glede na globinski razred in ploskev.

Masa korenin		Deleži (%)					
Glob. raz.	Deb. raz.	Ploskev 1	Ploskev 4	Ploskev 2	Ploskev 5	Ploskev 3	Ploskev 6
1	1	59,3	60,1	67,4	54,9	51,5	61,1
	2	25,8	39,9	32,6	45,1	48,5	38,9
	3	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1	60,6	43,8	45,3	31,9	48,5	40,3
	2	39,4	30,4	36,0	43,8	51,5	31,8
	3	0,0	25,8	18,6	24,3	0,0	27,9
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	1	31,7	32,1	37,8	26,5	31,6	26,3
	2	19,4	30,3	31,4	38,5	32,5	40,7
	3	13,6	37,6	30,9	35,0	36,0	33,0
	4	35,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	1	39,0	22,6	35,5	19,3	21,4	36,9
	2	22,6	27,1	38,4	24,5	18,4	43,6
	3	38,5	50,4	26,1	56,2	60,2	19,5
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	1	43,5	34,6	43,2	30,2	34,2	37,2
	2	24,9	30,4	34,3	37,6	33,7	39,0
	3	16,4	35,0	22,5	32,2	32,1	23,7
	4	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

#### 4.3 POVEZAVA MED NADZEMNO IN PODZEMNO PRODUKCIJO

Preglednica 11 prikazuje povezavo med dolžino korenin s temeljnico, številom dreves na hektar in razdaljo do drevesa. V primeru preizkušanja povezave med dolžinami korenin in razdaljo izvrtka do drevesa smo v prvem primeru izvedli običajno bivariatno (Pearsonovo) korelacijsko analizo, v drugem primeru pa parcialno korelacijo, pri čemer smo kot kovariato uporabili gostoto sestoja (N/ha). V prvem globinskem razredu smo našli značilno povezavo samo v drugem debelinskem razredu, ko lahko trdimo, da večja temeljnica pomeni manj korenin. V preostalih globinskih razredih najdemo značilne povezave zlasti za prvi debelinski razred, iz katerih je razvidno, da večja temeljnica pomeni večjo dolžino

korenin in da je dolžina korenin značilno manjša ob večjem številu dreves na hektar. To se je pokazalo tudi ob seštevku vseh globinskih in debelinskih razredov.

Pri povezavah med dolžino korenin in razdaljo do najbližjega drevesa se je za značilno izkazala le (negativna) povezava pri drugem globinskem razredu za drugi debelinski razred korenin. Povsem mogoče je, da gre za naključen izid, saj so vse preostale povezave značilne. Ob izključitvi vpliva gostote sestoja (N/ha) se pokaže, da so zlasti najtanjše koreninice drugega globinskega razreda negativno povezane z razdaljo do najbližjega drevesa. Torej bolj kot je oddaljeno najbližje drevo, manj je teh koreninic.

Preglednica 11: Povezava med dolžino korenin in nadzemnimi sestojnimi znaki.

Dolžina korenin		G/ha		N/ha		Razdalja do drevesa				
		Pearsonova korelacija		Pearsonova korelacija		Pearsonova korelacija		Parcialna korelacija-odstranjen vpliv gostote sestoja (N/ha)		
Glob. raz.	Deb. raz.	r	Stop. tveg.	r	Stop. tveg.	r	Stop. tveg.	r	Stop. tveg.	
1	1	0,091	0,223	-0,141	0,058	0,026	0,729	-0,053	0,482	
	2	-0,187	0,012	0,064	0,397	-0,018	0,813	0,014	0,854	
	3	0,073	0,333	-0,055	0,462	0,033	0,665	0,006	0,934	
	4	odvisna spremenljivka je konstantna								
	5	0,061	0,417	-0,121	0,106	0,022	0,766	-0,045	0,547	
2	1	0,189	0,011	-0,151	0,043	-0,067	0,375	-0,167	0,026	
	2	-0,026	0,730	-0,037	0,625	-0,167	0,026	-0,214	0,004	
	3	-0,017	0,816	-0,023	0,756	-0,052	0,488	-0,073	0,331	
	4	odvisna spremenljivka je konstantna								
	5	0,174	0,020	-0,149	0,046	-0,091	0,223	-0,195	0,009	
3	1	0,347	0,000	-0,225	0,002	0,002	0,974	-0,130	0,084	
	2	0,133	0,074	-0,091	0,226	0,008	0,910	-0,044	0,561	
	3	0,030	0,685	-0,085	0,255	0,026	0,727	-0,019	0,804	
	4	0,103	0,170	-0,078	0,297	-0,051	0,498	-0,103	0,173	
	5	0,339	0,000	-0,226	0,002	0,004	0,959	-0,129	0,086	
4	1	0,215	0,004	-0,170	0,022	0,077	0,305	-0,009	0,904	
	2	0,094	0,211	-0,083	0,266	-0,008	0,911	-0,058	0,440	
	3	0,049	0,517	-0,111	0,140	-0,002	0,981	-0,065	0,387	
	4	odvisna spremenljivka je konstantna								
	5	0,204	0,006	-0,167	0,025	0,068	0,363	-0,017	0,818	
5	1	0,341	0,000	-0,269	0,000	0,015	0,847	-0,145	0,054	
	2	0,039	0,603	-0,082	0,272	-0,090	0,233	-0,153	0,041	
	3	0,051	0,499	-0,134	0,073	0,003	0,973	-0,074	0,327	
	4	0,103	0,170	-0,078	0,297	-0,051	0,498	-0,103	0,173	
	5	0,323	0,000	-0,265	0,000	0,004	0,957	-0,156	0,039	

Med maso korenin in nadzemnimi sestojnimi znaki značilnih povezav nismo ugotovili (preglednica 12).

Preglednica 12: Povezava med maso korenin in nadzemnimi sestojnimi znak.

Masa korenin		G/ha		N/ha	
Glob. raz.	Deb. raz.	R	Stop. tveg.	R	Stop. tveg.
5	1	0,359	0,085	-0,323	0,124
	2	-0,133	0,535	-0,003	0,990
	3	-0,068	0,752	-0,120	0,577
	4	0,202	0,343	-0,154	0,473
1	5	0,106	0,623	-0,133	0,535
2		0,020	0,926	-0,079	0,714
3		0,174	0,415	-0,180	0,399
4		-0,070	0,744	-0,076	0,725
5	5	0,215	0,683	-0,458	0,361

## 5 RAZPRAVA

V Sloveniji smo se z raziskavami nadzemne biomase in produkcije začeli ukvarjati že ob razcvetu gozdarske stroke po drugi svetovni vojni (e. g. Brinar, 1963), z raziskavami podzemne produkcije pa šele v zadnjem času. Ključno je, da se zavedamo pomembnosti teh raziskav, saj kljub temu da drobne korenine predstavljajo le 2-3 % celotne biomase, obrat biomase drobnih korenin v krogotoku ogljika gozda predstavlja približno 50 % (Meier in Leuscher, 2008, cit. po Železnik in sod., 2009).

Pri raziskavi biomase korenin v bukovih sestojih na območjih različnih produktivnosti smo ugotovili, da so bila tla na produktivnejšem območju v povprečju globlja. Rezultati kažejo sicer tudi na to, da v primeru, ko se je pojavila ovira (kamen, korenina) v tleh, je bila le-ta na produktivnejši lokaciji precej bolj pod površjem, vendar so bile te redkejše. Pri pregledu dolžin in mase korenin na posameznih ploskvah smo ugotovili, da so vrednosti večje na manj produktivnem rastišču. Izjema je masa korenin v močnejšem drogovnjaku in v najtanjši razvojni fazi, kjer je masa korenin na produktivnejšem rastišču večja. Posebno se pozna razlika v dolžini korenin v preučevanem globinskem razredu od 0 do 1 mm. Tu so razlike v korist manj produktivnega rastišča nekajkratne.

Pri ugotavljanju razlik med ploskvami smo za dolžino korenin ugotovili, da so razlike značilne predvsem v tistih najtanjših debelinskih razredih korenin prvih treh globinskih razredov tal. Značilnih razlik med ploskvami v masi korenin nismo ugotovili.

Primerjali smo tudi deleže dolžin v posameznem debelinskem razredu glede na globino in ploskev iste razvojne faze. Tu smo ugotovili, da je delež dolžin korenin debeljaka in drogovnjaka na manj produktivnem območju večji v prvem debelinskem razredu od tistega v produktivnem in da je v debelinskem razredu 2 in 3 ravno obratno. Pri tanjšem drogovnjaku oz. letvenjaku v deležu korenin po debelinskih razredih glede na globino in ploskev nismo ugotovili posebnih razlik.

Ugotovili smo, da na dolžino korenin pozitivno vpliva večja temeljnica, medtem ko pomeni večje število dreves na hektar manjše vrednosti dolžin korenin. Značilno negativno

povezanost smo ugotovili tudi med dolžino korenin in oddaljenostjo od drevesa, ob tem, da smo morali odstraniti vpliv gostote sestoja. Tako kot nismo ugotovili razlike med ploskvami v masi korenin, nismo ugotovili tudi povezanosti mase korenin z nadzemnimi sestojnimi znaki.

Z opazovanjem dolžin korenin smo ugotovili, da se od 10 cm globine dolžine korenin zmanjšujejo. Tudi pri samem ločevanju smo opazili, da bi se v globini pod 30 cm nahajale pretežno debelejšše korenine in še to posamezno. Podobno so ugotovili Železnik in sod. (2009) v raziskavi korenin z minirizotroni.

V raziskavi sta Keyes in Grier (1981) v primerljivem vegetacijskem času na manj produktivnem rastišču debeljaka duglazije (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) dobila več kot nekajkrat nižjo maso korenin (2,1 t/ha) najtanjšega premera (0-2 mm). Masa naših korenin v debeljaku prvega debelinskega razreda na manj produktivnem območju je bila 13,1 t/ha.

Pri iskanju povezave dolžine in mase korenin z razdaljo do drevesa nismo vključili premera najbližjega drevesa. Tesno povezanost s prsnim premerom drevesa in biomaso korenin so našli Bolte in sod. (2004) v smrekovo-bukovih gozdovih severozahodne Nemčije.

Za zanesljivejše ocene korenin debelejših premerov bi morali število izvrtkov povečati, saj je variabilnost teh podatkov zelo velika. Za ocenjevanje pojavljanja zelo debelih korenin tudi sonda takšnega premera, kot smo jo uporabili mi, ni primerna.

Pri iskanju povezav med količino korenin in razdaljo do drevesa priporočamo, da bi zajeli ne le najbližje drevo, ampak štiri najbližja drevesa izvrtku. Verjetno bi jih bilo smiselno poiskati tako, da se šteje le eno najbližje drevo za azimut  $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$ , eno za  $90^{\circ}$ - $180^{\circ}$ , eno za  $180^{\circ}$ - $270^{\circ}$  in eno za azimut  $270^{\circ}$ - $0^{\circ}$  ( $360^{\circ}$ ).

S preučevanjem korenin na območjih različnih produktivnosti v bukovih sestojih smo ugotovili, da je biomasa korenin na manj produktivnem rastišču večja. Za samo

gospodarjenje bi lahko to pomenilo, da moramo pri gospodarjenju na rastiščih nižje produktivnosti še večjo pozornost nameniti tlem. Iz tega lahko sklepamo, da se še posebno izogibamo sečnje in spravila v mokrem. Zmotno je mišljenje, da v neproduktivnih rastiščnih razmerah ne moremo kaj dosti uničiti. S takšnim dejanjem se že tako neugodne razmere za rast še poslabšajo, hkrati pa so obnovitveni cikli zaradi slabo produktivnega rastišča daljši.

## 6 SKLEPI

Z analizo biomase korenin na rastiščih različne produktivnosti v bukovih sestojih na dolomitni matični podlagi smo prišli do naslednjih zaključkov:

1. V sestojih različnih razvojnih faz so količine korenin različne. Količina korenin na manj produktivnem rastišču narašča od najmlajše razvojne faze do najstarejše. Na produktivnejšem rastišču pa je dolžina korenin v močnejšem drogovnjaku večja od tiste v debeljaku, najmanjša je tudi tu v tanjšem drogovnjaku oz. letvenjaku. Struktura korenin se na manj produktivnem rastišču v debeljaku in močnejšem drogovnjaku ne spreminja močno, razen v debeljaku je zaznati večji delež debelih korenin. V tanjšem drogovnjaku oz. letvenjaku je struktura korenin nekoliko drugačna. Struktura korenin glede na starost se na produktivnejšem rastišču manj spreminja.
2. V primerljivih razvojnih fazah so vrednosti dolžin korenin večje na manj produktivnem rastišču. Pri masi korenin je večje vrednosti na manj produktivnem rastišču opaziti zgolj v debeljaku. Masa močnejšega drogovnjaka in tanjšega drogovnjaka oz. letvenjaka na produktivnejšem rastišču presega maso korenin na manj produktivnem rastišču.
3. Deleži posameznih debelinskih frakcij korenin se, če primerjamo dolžino korenin v debeljaku in močnejšem drogovnjaku različnih produktivnosti, razlikujejo. Pri primerjavi tanjših drogovnjakov oz. letvenjakov so razlike minimalne. Ko primerjamo delež mase posameznih debelinskih frakcij korenin, ugotovimo, da so razlike opazne v prav vseh razvojnih fazah različne produktivnosti.



## 7 VIRI

- Assmann E. 1961. Waldertragskunde. München, Bonn, Wien, BLV Verlagsgesellschaft:492 str.
- Bolte A., Rahmann T., Kuhr M., Pogoda P., Murach D., Gadow K. v. 2004. Relationships between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Plant and Soil, 264: 1-11
- Brinar M. 1963. O razvojnem ritmu različnih bukovih provenienc oziroma ekotipov. Gozdarski vestnik, 3/4: 65-90
- Gower S. T., Vogt K. A., Grier C. C. 1992. Carbon dynamics of Rocky mountain Douglas-fir: influence of water and nutrient availability. Ecological Monographs, 62, 1: 43-65
- Kadunc A. 2010. Ocenjevanje proizvodne sposobnosti bukovih rastišč. Ekspertiza, UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana, 14 str.
- Keyes M. R., Grier C. C. 1981. Above- and below-ground net production in 40-year-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. National Research Council of Canada, 11: 599-605
- Kobal M., Eler K., Simončič P., Kraigher H. 2009. Uporaba geostatističnega modela za predstavitev interakcij v rizoferi. V: Trajnostna raba lesa v kontekstu sonaravnega gospodarjenja z gozdovi (Studia forestalia Slovenica, 135). Humar M., Kraigher H. (ur.).Ljubljana, Silva Slovenica: 41-46
- Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.
- Železnik P. 2010. Vpliv interpretacije statusa drobnih korenin na oceno dolgoživosti drobnih korenin bukve (*Fagus sylvatica* L.) Les, 62, 5: 160-163

Železnik P., Božič G., Sinjur I., Kraigher H. 2009. Dinamika razvoja drobnih korenin treh provenienc navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.) v letih 2007 in 2008. V: Trajnostna raba lesa v kontekstu sonaranvega gospodarjenja z gozdovi (Studia forestalia Slovenica, 135). Humar M., Kraigher H. (ur.). Ljubljana, Silva Slovenica: 31-40

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Alešu Kaduncu za odlično vodenje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge. Hvala Vam, da ste bili vedno pripravljeni pomagati in da sem se lahko zanesel, da bodo odgovori na moja vprašanja hitro rešeni.

Zahvalil bi se rad še revirnima gozdarjema Cvetu Štimcu in še posebej Janezu Šubicu, ki mi je pomagal pri pridobivanju splošnih podatkov na ploskvah.

Posebna zahvala gre očetu za pomoč pri opravljanju terenskega dela, ki je bilo že samo po sebi zahtevno, hkrati po sva mnogokrat delo opravljala v slabih vremenskih razmerah.

Hvala vsem, ki ste tako hitro pregledali diplomsko nalogo.

Končna zahvala gre vsem domačim, ki so me vedno podpirali skozi celoten študij.

Hvala.

## PRILOGE

**Priloga A: Prikaz dolžine in mase korenin v posameznem globinskem in debelinskem razredu na ploskvah**

Kategorija			Dolžina (m/m <sup>3</sup> )		Dolžina (m/m <sup>2</sup> )		Masa (g/m <sup>2</sup> )	Masa (g/m <sup>3</sup> )
Ploskev	Glob. raz.	Deb. raz.	Arit. sred.	KV %	Arit. sred.	KV %	Arit.sred.	Arit. sred.
1	1	1	5.276,4	67,8	263,8	67,8	321,6	6.432,1
		2	214,4	140,6	10,7	140,6	140,2	2.803,3
		3	10,7	547,7	0,5	547,7	80,5	1.610,4
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	5.478,4	65,9	273,9	65,9	542,3	10.845,8
	2	1	6.632,8	59,0	331,6	59,0	334,8	6.695,8
		2	601,1	116,4	30,1	116,4	217,4	4.347,7
		3	0,0		0,0		0,0	0,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	7.258,6	56,0	362,9	56,0	552,2	11043,5
	3	1	3.707,9	82,5	370,8	82,5	413,3	4.132,7
		2	417,0	79,6	41,7	79,6	253,2	2.531,7
		3	58,2	215,0	5,8	215,0	177,5	1.775,2
		4	18,2	381,1	1,8	381,1	458,9	4.589,4
		5	4.217,4	78,8	421,7	78,8	1.302,9	13.029,0
	4	1	1.682,6	147,9	168,3	147,9	239,4	2.393,6
		2	162,1	173,8	16,2	173,8	138,6	1.385,9
		3	82,4	304,1	8,2	304,1	236,2	2.362,2
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	1.906,6	146,3	190,7	146,3	614,2	6.141,7
	5	1	3.785,5	50,6	1.135,6	50,6	1.309,0	4.363,4
		2	329,0	68,5	98,7	68,5	749,3	2.497,7
		3	48,7	215,9	14,6	215,9	494,3	1.647,5
		4	6,1	381,1	1,8	381,1	458,9	1.529,8
		5	4.167,5	49,3	1.250,2	49,3	3.011,5	10.038,5

se nadaljuje

nadaljevanje priloge A

Kategorija			Dolžina (m/m <sup>3</sup> )		Dolžina (m/m <sup>2</sup> )		Masa (g/m <sup>2</sup> )	Masa (g/m <sup>3</sup> )
Ploskev	Glob. raz.	Deb. raz.	Arit. sred.	KV %	Arit. sred.	KV %	Arit.sred.	Arit. sred.
2	1	1	2.338,4	68,4	116,9	68,4	154,1	3.082,6
		2	53,1	284,4	2,7	284,4	74,7	1.494,2
		3	0,0		0,0		0,0	0,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	2.391,4	67,8	119,6	67,8	228,8	4.576,9
	2	1	4.378,5	53,0	218,9	53,0	178,5	3.569,2
		2	378,0	122,8	18,9	122,8	141,9	2.837,8
		3	13,5	547,7	0,7	547,7	73,3	1.466,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	4.769,9	48,3	238,5	48,3	393,6	7.873,0
	3	1	3.254,5	65,3	325,5	65,3	242,8	2.428,1
		2	355,5	71,6	35,6	71,6	201,7	2.016,9
		3	38,9	311,1	3,9	311,1	198,4	1.983,9
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	3.648,9	62,1	364,9	62,1	642,9	6.429,0
	4	1	1.099,6	96,6	110,0	96,6	130,9	1.309,0
		2	166,1	121,6	16,6	121,6	141,7	1.417,3
		3	15,1	391,1	1,5	391,1	96,2	962,1
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	1.280,8	93,8	128,1	93,8	368,9	3.688,5
	5	1	2.570,9	42,4	771,3	42,4	706,3	2.354,4
		2	245,7	62,5	73,7	62,5	560,0	1.866,7
		3	20,2	228,4	6,1	228,4	367,9	1.226,4
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	2.836,8	42,0	851,0	42,0	1.634,2	5.447,5

se nadaljuje

nadaljevanje priloge A

Kategorija			Dolžina (m/m <sup>3</sup> )		Dolžina (m/m <sup>2</sup> )		Masa (g/m <sup>2</sup> )	Masa (g/m <sup>3</sup> )
Ploskev	Glob. raz.	Deb. raz.	Arit. sred.	KV %	Arit. sred.	KV %	Arit.sred.	Arit. sred.
3	1	1	3.996,1	75,6	199,8	75,6	143,8	2.875,5
		2	393,0	113,1	19,7	113,1	135,5	2.709,1
		3	0,0		0,0		0,0	0,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	4.389,2	74,6	219,5	74,6	279,2	5.584,5
	2	1	4.961,1	66,4	248,1	66,4	177,8	3.556,7
		2	677,7	96,6	33,9	96,6	189,1	3.782,7
		3	0,0		0,0		0,0	0,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	5.638,9	60,5	281,9	60,5	367,0	7.339,3
	3	1	1.950,4	90,8	195,0	90,8	221,8	2.217,8
		2	287,5	126,3	28,8	126,3	228,1	2.280,6
		3	58,4	219,3	5,8	219,3	252,9	2.528,6
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	2.296,3	86,4	229,6	86,4	702,7	7.027,0
	4	1	565,8	123,0	56,6	123,0	136,9	1.368,7
		2	111,8	188,1	11,2	188,1	117,6	1.175,6
		3	54,2	242,7	5,4	242,7	384,7	3.847,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	731,7	126,0	73,2	126,0	639,1	6.391,3
	5	1	2.331,6	50,6	699,5	50,6	680,3	2.267,5
		2	311,6	62,5	93,5	62,5	670,2	2.234,0
		3	37,5	146,3	11,3	146,3	637,6	2.125,2
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	2.680,7	48,7	804,2	48,7	1.988,0	6.626,7

se nadaljuje

nadaljevanje priloge A

Kategorija			Dolžina (m/m <sup>3</sup> )		Dolžina (m/m <sup>2</sup> )		Masa (g/m <sup>2</sup> )	Masa (g/m <sup>3</sup> )
Ploskev	Glob. raz.	Deb. raz.	Arit. sred.	KV %	Arit. sred.	KV %	Arit.sred.	Arit. sred.
4	1	1	2.410,6	85,4	120,5	85,4	189,6	3.792,1
		2	242,7	165,9	12,1	165,9	126,0	2.520,7
		3	0,0		0,0		0,0	0,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	2.562,5	85,5	128,1	85,5	315,6	6.312,8
	2	1	2.895,2	73,6	144,8	73,6	212,0	4.241,0
		2	303,9	147,9	15,2	147,9	147,1	2.941,4
		3	39,2	381,2	2,0	381,2	125,1	2.501,9
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	3.184,2	71,1	159,2	71,1	484,2	9.684,3
	3	1	1.550,8	70,2	155,1	70,2	234,0	2.340,2
		2	233,1	120,7	23,3	120,7	221,0	2.210,0
		3	46,6	230,4	4,7	230,4	274,4	2.743,6
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	1.862,3	67,0	186,2	67,0	729,4	7.293,8
	4	1	1.243,5	89,0	124,4	89,0	199,8	1.998,1
		2	202,9	125,9	20,3	125,9	239,5	2.395,2
		3	61,8	228,0	6,2	228,0	445,6	4.456,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	1.467,6	86,6	146,8	86,6	884,9	8.849,3
	5	1	1.815,8	45,1	544,7	45,1	835,5	2.784,9
		2	236,4	69,4	70,9	69,4	733,6	2.445,4
		3	42,7	181,5	12,8	181,5	845,1	2.816,9
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	2.066,3	44,9	619,9	44,9	2.414,2	8.047,2

se nadaljuje

nadaljevanje priloge A

Kategorija			Dolžina (m/m <sup>3</sup> )		Dolžina (m/m <sup>2</sup> )		Masa (g/m <sup>2</sup> )	Masa (g/m <sup>3</sup> )
Ploskev	Glob. raz.	Deb. raz.	Arit. sred.	KV %	Arit. sred.	KV %	Arit.sred.	Arit. sred.
5	1	1	2.998,2	72,7	149,9	72,7	196,4	3.927,1
		2	210,3	157,6	10,5	157,6	161,2	3.223,9
		3	0,0		0,0		0,0	0,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	3.208,5	76,1	160,4	76,1	357,5	7.151,0
	2	1	3.520,6	60,5	176,0	60,5	249,4	4.988,1
		2	606,5	101,1	30,3	101,1	343,0	6.859,0
		3	52,7	267,5	2,6	267,5	189,9	3.798,4
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	4.179,8	58,6	209,0	58,6	782,3	15.645,5
	3	1	1.851,5	71,3	185,1	71,3	228,2	2.282,2
		2	335,7	92,9	33,6	92,9	330,9	3.308,7
		3	72,4	182,4	7,2	182,4	301,2	3.012,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	2.259,6	69,9	226,0	69,9	860,3	8.602,8
	4	1	698,8	95,9	69,9	95,9	122,1	1.221,1
		2	110,3	169,7	11,0	169,7	155,7	1.557,0
		3	42,7	233,8	4,3	233,8	356,5	3.564,5
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	851,8	91,1	85,2	91,1	634,3	6.342,7
	5	1	1.936,5	39,0	581,0	39,0	796,1	2.653,6
		2	284,8	68,3	85,4	68,3	990,7	3.302,4
		3	47,1	125,5	14,1	125,5	847,6	2.825,2
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	2.268,5	40,2	680,6	40,2	2.634,4	8.781,3

se nadaljuje



nadaljevanje priloge A

Kategorija			Dolžina (m/m <sup>3</sup> )		Dolžina (m/m <sup>2</sup> )		Masa (g/m <sup>2</sup> )	Masa (g/m <sup>3</sup> )
Ploskev	Glob. raz.	Deb. raz.	Arit. sred.	KV %	Arit. sred.	KV %	Arit.sred.	Arit. sred.
6	1	1	1.908,6	79,0	95,4	79,0	161,5	3.230,2
		2	197,1	171,4	9,9	171,4	103,0	2.059,3
		3	0,0		0,0		0,0	0,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	2.105,7	80,3	105,3	80,3	264,5	5.289,5
	2	1	2.652,6	63,7	132,6	63,7	209,9	4.197,0
		2	322,4	110,3	16,1	110,3	165,6	3.311,8
		3	30,1	391,1	1,5	391,1	145,5	2.910,0
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	3.005,1	59,9	150,3	59,9	520,9	10.418,8
	3	1	1.234,5	65,9	123,4	65,9	185,1	1.850,5
		2	252,5	111,3	25,3	111,3	286,6	2.866,0
		3	22,1	324,8	2,2	324,8	232,5	2.324,5
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	1.509,1	65,8	150,9	65,8	704,1	7.041,1
	4	1	760,9	89,0	76,1	89,0	211,3	2.112,6
		2	127,3	137,5	12,7	137,5	249,6	2.495,6
		3	8,9	547,7	0,9	547,7	111,4	1.114,4
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	897,2	88,0	89,7	88,0	572,3	5.722,7
	5	1	1.425,3	49,8	427,6	49,8	767,7	2.558,9
		2	213,2	72,3	64,0	72,3	804,7	2.682,4
		3	15,4	247,1	4,6	247,1	489,4	1.631,3
		4	0,0		0,0		0,0	0,0
		5	1.617,7	46,6	485,3	46,6	2.061,8	6.872,6