

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

Boštjan DOBERDRUG

**BIOMASA KORENIN NA RASTIŠČIH JELOVO-
BUKOVEGA GOZDA V POGORJU ROGA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2012

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

Boštjan DOBERDRUG

**BIOMASA KORENIN NA RASTIŠČIH JELOVO-BUKOVEGA
GOZDA V POGORJU ROGA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**ROOT BIOMASS ON SILVER FIR-BEECH SITES IN MOUNTAINS
OF ROG**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete na Univerzi v Ljubljani.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 15. 6. 2011 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Aleša Kadunca, za recenzenta pa prof. dr. Roberta Brusa.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem besedilu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Boštjan Doberdrug

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK GDK 537:164.3(043.2)=163.6
- KG biomasa korenin/dolžina korenin/produktivnost rastišča/bukovi sestoji/smrekovi sestoji/jelovi sestoji/*Omphalodo-Fagetum*
- AV DOBERDRUG, Boštjan
- 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 2012
- IN BIOMASA KORENIN NA RASTIŠČIH JELOVO-BUKOVEGA GOZDA V POGORJU ROGA
- TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
- OP VII, 47 str., 14 pregl., 6 sl., 37 vir.
- IJ sl
- Jl sl/eng
- AL V diplomskem delu je bil proučevan vpliv produktivnosti rastišča in drevesne sestave na biomaso korenin. Izbranih je bilo šest raziskovalnih ploskev, od tega tri na produktivnih in tri na manj produktivnih rastiščih. Med seboj so bili primerjani čisti sestoji smreke, jelke in bukve, v razvojni fazi debeljaka na rastišču *Omphalodo-Fagetum*. Na vsaki ploskvi je bila določena temeljnica, lesna zaloga, število dreves na hektar in odvzetih je bilo po 30 izvrtkov tal. Iz izvrtkov so bile nato izločene korenine, izmerjena njihova dolžina, po sušenju pa so bile stehtane. Rezultati so pokazali, da so bila tla najgloblja na jelovih rastiščih, tako na produktivnih kot manj produktivnih tleh. Po dolžini korenin prednjači bukov sestoj na produktivnejšem rastišču, največjo maso pa dosegajo korenine v smrekovem sestoji na manj produktivnem rastišču. Ugotovljeno je bilo, da korenine prodirajo globlje na produktivnejših rastiščih in da drevesna sestava vpliva na razlike pri količini oziroma strukturi koreninske fitomase.

KEY WORDS DOKUMENTATION

- ND Vs
- DC FDC 537:164.3(043.2)=163.6
- CX root biomass/root length/site productivity/European beech stand/Norway spruce stand/Silver fir stand/*Omphalodo-Fagetum*
- AU DOBERDRUG, Boštjan
- 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 2012
- TI ROOT BIOMASS ON SILVER FIR-BEECH SITES IN MOUNTAINS OF ROG
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO VII, 47 p., 14 tab., 6 fig., 37 ref.
- LA sl
- AL sl/eng
- AB In this thesis it has been determined how site productivity and tree species composition affect root biomass. Six research plots have been selected, of which three were on productive and three on less productive sites. Pure Norway spruce, Silver fir and European beech stands have been compared in the mature forest stands on *Omphalodo-Fagetum* site unit. Basal area, growing stock and stand density per hectare have been determined at each plot and 30 soil cores have been obtained. The roots have been eliminated from the samples, they have been measured and weighed after drying. The results have shown that both, productive as well as the less productive soil, have been deepest in the fir sites. Regarding the length of the roots, productive beech stand achieved the highest value, while maximum root biomass has been found in spruce stand on the less productive site. It has been concluded that the roots penetrate deeper into the more productive sites and that tree composition affect the differences in the amount of root fitomass.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOKUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
1 UVOD	1
2 NAMEN NALOGE.....	2
3 PREGLED OBJAV.....	3
4 MATERIAL IN METODE	6
4.1 IZBIRA IN ZNAČILNOSTI RAZISKOVALNIH OBJEKTOV	6
4.1.1 <i>Gospodarski razred 01900 – Dinarski jelovo-bukovi gozdovi.....</i>	<i>7</i>
4.1.2 <i>Opis ploskev</i>	<i>10</i>
4.2 MERITVE IN OCENA PARAMETROV NA VZORČNIH PLOSKVAH.....	16
4.3 VZORČENJE NA PLOSKVAH	18
4.4 LOČEVANJE KORENIN IN SORTIRANJE	19
4.5 SUŠENJE IN TEHTANJE KORENIN	21
4.6 ANALIZIRANJE KORENIN	21
5 REZULTATI.....	22
5.1 PRIKAZ OSNOVNIH PODATKOV	22
5.2 RAZLIKE MED PLOSKVAMI.....	24
5.3 POVEZAVE MED NADZEMNO IN PODZEMNO PRODUKCIJO.....	32
6 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	35
6.1 RAZPRAVA	35
6.2 SKLEPI	39
7 POVZETEK.....	40
8 VIRI	43
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pregled splošnih znakov na ploskvah na produktivnejših rastiščih.....	13
Preglednica 2: Pregled splošnih znakov na ploskvah na manj produktivnih rastiščih	15
Preglednica 3: Gostota dreves (N/ha), temeljnica (m ² /ha), lesna zaloga (m ³ /ha) in delež dominantne drevesne vrste v temeljnici sestoja	18
Preglednica 4: Podatki o globinah izvrtkov in ovirah v tleh	22
Preglednica 5: Dolžina in masa korenin, prikazana glede na volumen (m/m ³ oziroma g/m ³) in površino tal (m/m ² oziroma g/m ²).....	23
Preglednica 6: Dolžina korenin in masa korenin na m ³ bruto debeljadi po ploskvah.....	24
Preglednica 7: Razlike med ploskvami (Kruskal-Wallis test) v dolžini korenin z značilnimi pari (ploskev z najvišjo vrednostjo ima rang 1)	26
Preglednica 8: Razlike med ploskvami (Kruskal-Wallis test) v masi korenin (ploskev z najvišjo vrednostjo ima rang 1).....	27
Preglednica 9: Deleži dolžin koreninic v posameznem debelinskem razredu glede na globinski razred in ploskev (v %)	28
Preglednica 10: Deleži mase koreninic v posameznem debelinskem razredu glede na globinski razred in ploskev (v %)	29
Preglednica 11: Deleži dolžin koreninic v posameznem globinskem razredu glede na debelinski razred in ploskev (v %).....	31
Preglednica 12: Deleži mase koreninic v posameznem globinskem razredu glede na debelinski razred in ploskev (v %).....	32
Preglednica 13: Povezave (Pearsonova korelacija) med dolžino korenin in nadzemnimi sestojnimi znaki.....	33
Preglednica 14: Povezave (Pearsonova korelacija) med maso korenin in nadzemnimi sestojnimi znaki.....	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Geografski položaj GGO Novo mesto in položaj GGE Poljane znotraj območja ...	6
Slika 2: Lega raziskovalnih ploskev	10
Slika 3: Ploskev 1 - bukov sestoj na produktivnem rastišču	11
Slika 4: Ploskev 4 - smrekov sestoj na manj produktivnem rastišču	14
Slika 5: Primer izvrtka, preden smo ga razdelili po globinskih razredih	19
Slika 6: Ločevanje korenin	20

1 UVOD

Korenina je po zgradbi bolj ali manj podolgovat podzemni organ višjih rastlin z neomejeno dolžinsko rastjo, je brez klorofila in na njem se nikoli ne razvijejo listi (Brus, 2005).

Vloga korenin pri drevesu je (Kotar, 2005):

- sprejemajo in prevajajo vodo in hranila, in to neposredno prek tanjših korenin in koreninskih laskov ali pa posredno prek mikoriznih gliv in dušičnih bakterij,
- učvrstijo drevo v tla,
- skladiščijo rezervne snovi ter tvorijo nekatere, za življenje drevesa potrebne hormone.

Količina, struktura in produkcija korenin gozdnega drevja je v primerjavi z nadzemnimi komponentami gozdnih ekosistemov mnogo slabše raziskana. Nekatere raziskave kažejo, da je sklepanje iz količine biomase akumulirane v nadzemni drevnini sestojev na količino oziroma biomaso korenin lahko zelo nezanesljivo oziroma tvegano (Gower in sod., 1992). V Sloveniji počasi zaključujemo z ugotavljanjem nadzemne produkcije gozdnih sestojev, zato se nadaljnje delo kaže predvsem v raziskovanju biomase in produkcije v rizosferi.

Jelovo-bukove gozdove uvrščamo med naše najrodovitnejše gozdove. Čeprav se zdi, da so povsem enaki, s pozornejšim opazovanjem hitro opazimo razlike. Sestoji se spreminjajo glede na globino tal, skalovitost, nagib pobočja, ekspozicijo in druge rastiščne dejavnike. Spreminjata se razmerje med jelko in bukvijo. V vrtačah z globljimi tlemi je več gorskega javorja in velikega jesena, v hladnejših legah je več smreke (Puncer, 1980, Kordiš, 1993).

2 NAMEN NALOGE

V okviru naloge nameravamo ugotoviti količino korenin v odraslih sestojih smreke, jelke in bukve na rastiščih jelovo-bukovega gozda na novomeškem delu Roga.

Zanimajo nas razlike v sestojih različne drevesne sestave in tudi produktivnosti.

V diplomski nalogi bomo preverili naslednji hipotezi:

1. Razlike v drevesni sestavi se odražajo tudi v razlikah pri količini koreninske fitomase.
2. V smrekovih sestojih se v zgornjem delu tal nahaja znatno večji delež koreninske fitomase kot v jelovih ali bukovih. Med jelovimi in bukovimi sestoji v tem pogledu ni razlik.

3 PREGLED OBJAV

Urbančič in sod. (2009) so raziskovali zaloge organske snovi v izbranih sestojih na bukovih rastiščih. Na štirih raziskovalnih objektih so ocenili zaloge organske snovi za nadzemno in podzemno maso ter izmerili zaloge organskega ogljika v mineralnem delu tal in v opadu. Dva objekta sta ležala v dinarskih jelovo-bukovih gozdovih Kočevskega Roga, eden na južnem robu pragozdnega rezervata Rajhenavski Rog, drugi v gospodarskem gozdu Snežna jama. Drugi dve raziskovalni ploskvi na lokacijah Brička in Kladje sta bili osnovani v smrekovih monokulturah na rastiščih visokogorskega kisloljubnega bukovja na Pohorju. Ugotovili so, da na količino in razporeditev organske snovi v gozdu poleg drugih rastiščnih dejavnikov močno vpliva tudi gospodarjenje z gozdom. Tako so v sklenjenem pragozdnem sestoju ugotovili večjo zalogo organske snovi kot v gospodarskem jelovo bukovem gozdu, predvsem zaradi veliko večje mase mrtvega lesa, ki ostaja v pragozdu. V obravnavanih stratumih so tudi tla v vrzelih vsebovala manj organske snovi v primerjavi z istovrstnimi tlemi v sestoju s sklenjenim sklepom krošenj. Obravnavane smrekove monokulture vsebujejo precej manj biomase, toda njihova pretežno globoka tla vsebujejo precej več organske snovi kot jelovo bukovni gozdovi, ki poraščajo plitva do srednje globoka in ponekod precej skalovita tla. Najdebelejše organske horizonte in največje vsebnosti organske snovi v tleh so ugotovili v drugotnem smrekovem gozdu kompleksa Kladje na tonalitu.

Dinamika razvoja in strategije preživetja koreninskega sistema bukve je še v veliki meri neznanka. Železnik in sod. (2009) so v mednarodnem provenienčnem poizkusu na Kamenskem hribu izbrali tri provenience in njihove ploskve v letu 2006 opremili s cevmi za raziskovanje korenin – minirizotroni. Minirizotroni se uporabljajo za nedestruktivno, dolgotrajno opazovanje korenin *in vivo*. Korenine se v ceveh opazuje s posebno prilagojeno videokamero in prenosnim računalnikom za zajemanje slik. Snemanja so sprva opravljali vsakih 14 dni, kasneje pa vsake 4 tedne. Cevi so vstavili v razmeroma heterogena tla z značilnimi talnimi žepi, ki so jih poiskali s sondiranjem. Rezultati so pokazali viške rasti v poletnih mesecih, opazili pa so tudi pospešeno rast korenin v oktobru. Če predpostavljamo, da korenine v hladnem delu leta mirujejo, si med decembrom 2007 in januarjem 2008 povečanje korenin, ki so ga ugotovili Železnik in

sodelavci, lahko razlagamo kot posledico intenzivnejšega pronicanja vode skozi tla zaradi zimskih otoplitev in s tem izpiranja talnih delcev, kar bi lahko razkrilo dodatne korenine. Raziskave so pokazale, da tla pozimi v gozdu v zmernem pasu in do višinske gozdne meje zamrznejo redko globlje od nekaj centimetrov, kar lahko koreninam, ki se nahajajo globlje, omogoča določeno stopnjo aktivnosti.

Kot eno izmed objektivnih metod prostorske interpolacije in oceno njene uporabnosti pri prostorski interpolaciji procesov v rizosferi so Kobal in sod. (2009) uporabili geostatistične metode, ki pri nas do tedaj na tem raziskovalnem področju še niso bile uporabljene. V modelu so upoštevali vzorčenje, ki je bilo v letih 1997 in 1998, izvedeno na 35 zvezdasto razporejenih ploskvah, ter tedanje analize in kvantifikacijo korenin in ektomikorize. Korenine so v laboratoriju prešteli in razdelili v dve skupini: z določljivim tipom in z nedoločljivim tipom mikorize. Metoda prostorske interpolacije je bila omejena zaradi neznačilnega modela variograma, ki je posledica velike variabilnosti med letoma in relativno majhnega števila vzorcev. Pri vseh analiziranih podatkih so ugotovili precejšnje razlike med obema letoma vzorčenja, kar kaže na veliko dinamiko rasti korenin in mikorize. Rezultate bi lahko izboljšali s spremembo vzorčenja (s sistematičnim vzorčenjem v trikotni ali kvadratni mreži), povečanjem števila vzorčnih mest oziroma vzorcev ter s hkratnim snemanjem najpomembnejših okoljskih dejavnikov (osončenost, vlažnostne razmere, mikorelief, sestava vegetacije, ...). Tedaj bi vsa uporabnost geostatičnega modeliranja šele prišla do izraza.

Krese (2011) je raziskoval, 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. Na dveh različno produktivnih bukovih rastiščih je postavil po tri ploskve v različnih razvojnih fazah. Na vsaki ploskvi je odvzel po 30 izvrtkov, iz katerih je nato izločil korenine, jih razvrstil po globinskih in debelinskih razredih in določil njihovo dolžino in maso. Ugotovil je, da so bila tla na produktivnejšem rastišču globlja in dolžine korenin na manj produktivnem rastišču večje. Razlike med ploskvami v dolžini korenin so bile predvsem v zgornjih delih tal pri najtanjših debelinskih razredih korenin. Pri masi korenin ni opazil razlik med ploskvami niti povezave z nadzemnimi sestojnimi

znaki. Ugotovil je, da je količina korenin glede na starost različna in da se deleži posameznih debelinskih frakcij razlikujejo med sestoji različne produktivnosti.

4 MATERIAL IN METODE

4.1 IZBIRA IN ZNAČILNOSTI RAZISKOVALNIH OBJEKTOV

Raziskava je potekala na območju gozdnogospodarske enote (GGE) Poljane, ki leži v gozdnogospodarskem območju (GGO) Novo mesto in predstavlja strnjen kompleks gozdov na vzhodnih pobočjih roškega masiva (slika 1). Spada v občino Dolenjske Toplice.



Slika 1: Geografski položaj GGO Novo mesto in položaj GGE Poljane znotraj območja

Površina enote obsega 4549,95 ha, od katerih je 4529,12 ha gozdnih površin, negozdnih površin pa je 20,93 ha, kar pomeni, da znaša gozdnatost v enoti 99,5 %. Najpogostejša združba v enoti je *Omphalodo-Fagetum* (združba bukve s spomladansko torilnico), ki pokriva več kot 90 % površine (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Matična podlaga v GGE Poljane je sorazmerno enotna, saj se v glavnem po celotni površini pojavlja apnenec, ki mestoma spremeni barvo in strukturo, kljub temu pa so povsod tla s podobnimi lastnostmi. Prevladujejo pretežno rjava pokarbonatna tla na

različnih razvojnih stopnjah, med katerimi v žepih zasledimo lateralna razvita tla. Globine posameznih talnih tipov so različne, vsa tla v enoti pa veljajo za visoko produktivna (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Glede na reliefne značilnosti lahko enoto razdelimo na vzhodni in zahodni del. Vzhodni del predstavlja strma pobočja z enakomernim padcem nad dolino Črmošnjice. Kljub apnenčasti podlagi ima ta predel zelo malo kraških vrtač. Zahodni del je bolj izravnani in zelo razgiban. Je izrazit kraški svet s številnimi vrtačami, brezni in kopami. Višine se na kratke razdalje zelo hitro spreminjajo. Po večini se gibljejo med 600 do 800 m nadmorske višine, posamezne kope na jugovzhodu enote pa dosežejo višine prek 1000 m. Med njimi je najvišji Veliki Rog s 1100 m (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Ker v GGE Poljane izrazito prevladujejo dinarski jelovo-bukovi gozdovi in ker smo vse raziskovalne objekte locirali na tej rastiščni enoti, iz načrta za omenjeni gospodarski razred povzemamo bistvene značilnosti (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

4.1.1 Gospodarski razred 01900 – Dinarski jelovo-bukovi gozdovi

Sestavek je povzet po Gozdnogospodarskem načrtu za GGE Poljane (2004).

Največji gospodarski razred v enoti predstavljajo dinarski jelovo-bukovi gozdovi. Pokrivajo več kot 90 % enote. Vsi raziskovalni objekti naše raziskave spadajo v ta gospodarski razred.

Gozdovi tega gospodarskega razreda v celoti ležijo na karbonatni podlagi, zaradi katere je hidrološka funkcija med pomembnejšimi, zasledimo pa tudi socialne in ostale ekološke funkcije, predvsem pa s svojo strukturo in drevesno sestavo predstavljajo pomemben življenjski prostor številnim živalim. Gozdovi so zaradi hitrega spreminjanja reliefa, naklona, skalovitosti, rastiščnih razmer in ostalih dejavnikov zelo heterogeni.

Velik vpliv na razvoj teh gozdov je imelo tudi preteklo gospodarjenje. Tako se je znotraj njega izoblikovalo pet osnovnih sestojnih tipov gozdov:

- prebiralni,
- smrekovi nasadi,
- stari smrekovi gozdovi,
- bukovi gozdovi in
- mešani gozdovi jelke, smreke in bukve.

Površine oziroma fragmenti posameznih tipov se med seboj mozaično prepletajo, tako da jih je težko izločiti v samostojne odseke.

Kar 99 % gozdov tega gospodarskega razreda uvrščamo v združbo *Omphalodo-Fagetum* oziroma združbo bukve s spomladansko torilnico, katere staro ime je *Abieti-Fagetum*. Znotraj te združbe so opredeljene različne oblike, ki se mozaično prepletajo med seboj.

Lesna zaloga gospodarskega razreda je visoka predvsem zaradi debelega drevja, saj več kot 65 % lesne zaloge predstavljajo drevesa, debelejša od 40 cm. Debelinska struktura iglavcev je nekoliko premaknjena proti V. debelinskemu razredu.

Podobno kot velja za enoto, velja tudi za ta gospodarski razred, da delež smreke v lesni zalogi močno odstopa od naravnega stanja. Smreka je s svojimi 38 % glavna drevesna vrsta, njen visok delež pa je tudi posledica zmanjševanja deleža jelke. Tudi bukev zaostaja za svojim naravnim deležem, vendar pa se ta drevesna vrsta za razliko od jelke uspešneje pomlajuje, tako da se v prihodnje pričakuje porast njene lesne zaloge. Zelo dobrodošel je povečan delež plemenitih listavcev, ki v enoti dosegajo največje vrednostne prirastke. Ostalih drevesnih vrst je zelo malo in se v sestoji pojavljajo le posamično.

Odlično se pomlajuje bukev, ki se v podmladku najpogosteje pojavlja skupaj s smreko. Jelka in plemeniti listavci se pomlajujejo zelo slabo, poleg tega pa so osebki omenjenih drevesnih vrst močno poškodovani zaradi objedanja s strani divjadi. Glede na delež posamezne vrste v podmladku tega gospodarskega razreda lahko v prihodnje pričakujemo porast deleža bukve in še nadaljnje zmanjševanje deleža jelke v lesni zalogi.

Večina gozdov v gospodarskem razredu je spremenjenih, kar nam pove že velik delež smreke v lesni zalogi. Gozdov z ohranjeno naravno sestavo je manj kot polovica, močno spremenjenih in izmenjanih pa je 6 %. Slednji se pojavljajo v glavnem v oblikah nasadov smreke, v katerih pa se delež listavcev iz leta v leto povečuje, tako da gre njihov razvoj počasi proti naravni sestavi.

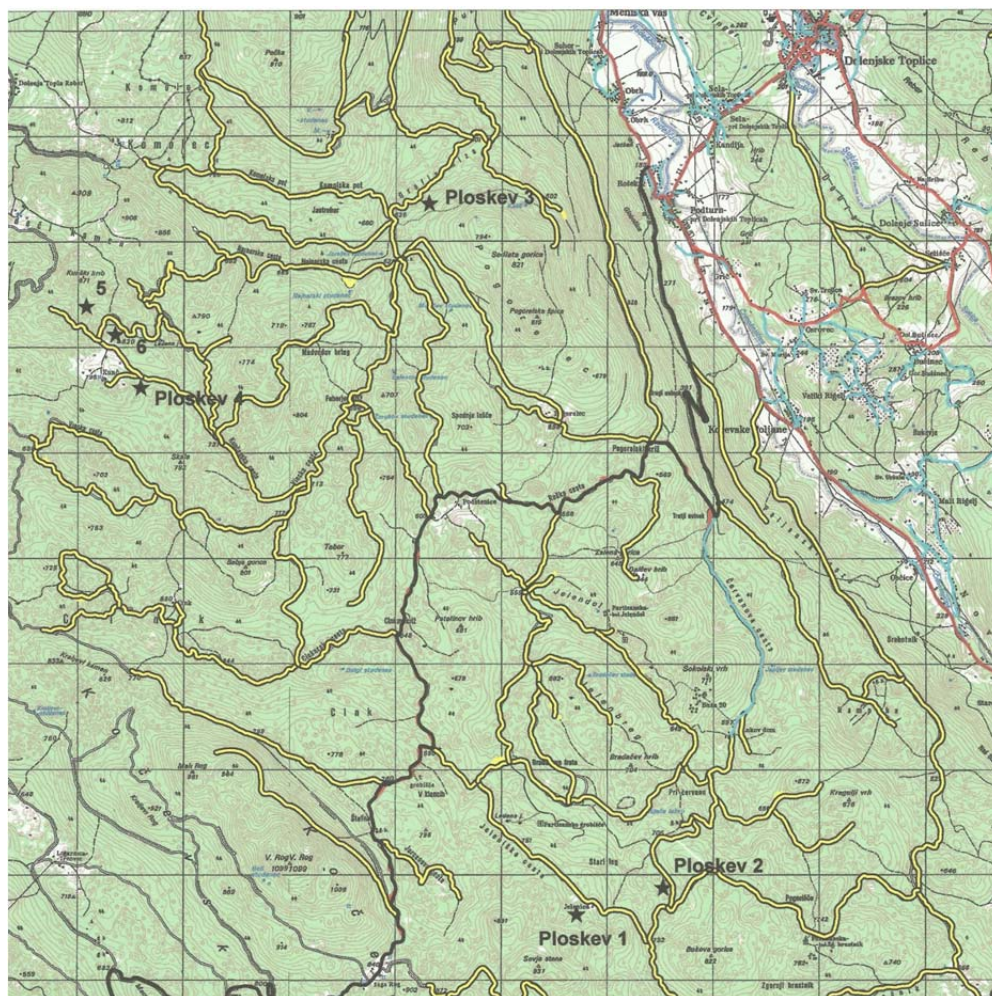
Skoraj 70 % enote pokrivajo debeljaki in sestoji v obnovi, ki so izredno dobro pomlajeni. Zasnova tega podmladka je prav dobra do odlična, zaskrbljujoč je majhen delež mladovij in drogovnjakov. Sestoji so razgibani in imajo v glavnem skupinsko ali sestojno raznodobno zgradbe. Med temi se na manjših površinah pojavljajo tudi prebiralne strukture, ki pa niso tako izrazite. Zasnova sestojev je na večini površine zadovoljiva, mestoma tudi odlična.

Pri iglavcih, zlasti pri smreki, se kaže odlična do prav dobra kakovost. Listavci nekoliko zaostajajo za iglavci, vendar pa posamični osebki bukve in plemenitih listavcev dosegajo vrhunsko kvaliteto in s tem tudi vrednost.

Poškodovanost drevja je izredno majhna, kar je posledica skrbnega, strokovnega gospodarjenja. Poleg tega se z rednimi sanitarnimi sečnjami iz sestoja odstranijo vsi močnejše poškodovani propadajoči in nevitelni osebki, kar odstotek poškodovanega drevja še dodatno zmanjša.

4.1. 2 Opis ploskev

Na terenu smo izbrali šest raziskovalnih ploskev (slika 2), od katerih so bile tri na bolj produktivnih rastiščih in tri na manj produktivnih rastiščih, v okviru združbe *Omphalodo-Fagetum* (v nadaljevanju je uporabljeno staro ime, zaradi naslanjanja na gozdnogospodarski načrt enote). Produktivnost rastišča smo določili na podlagi okvirno določenih rastiščnih indeksov (SI_{100}). Na vseh ploskvah so bili sestoji v razvojni fazi debeljaka. Ploskve so se med seboj, poleg produktivnosti, razlikovale tudi po drevesni sestavi. Na prvi ploskvi je bil debeljak bukve, na drugi smreke in na tretji jelke. Te tri ploskve so se nahajale na produktivnejših rastiščih. Na četrti ploskvi je bil debeljak smreke, na peti bukve in na šesti jelke. Te tri ploskve smo izbrali na manj produktivnih rastiščih.



Slika 2: Lega raziskovalnih ploskev

PLOSKEV 1

Prva ploskev se nahaja v oddelku 70 v katastrski občini Podstenice. Površina oddelka znaša 35,05 ha na nadmorski višini 740 m do 860 m. Ekspozicija je severovzhodna, naklon 22°, kamnitost je 30 %, skalovitost pa 20 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Gozdne združbe v oddelku so *Abieti-Fagetum typicum* (50 %), *Abieti-Fagetum omphalodetosum* (30 %), *Abieti-Fagetum mercurialetosum* (20 %). Lesna zaloga znaša 405 m³/ha, od tega 191 m³/ha iglavcev in 214 m³/ha listavcev. Drevesne vrste po odstotkih lesne zaloge so: bukev 47 %, smreka 31 %, jelka 16 %, gorski javor 6 %. V oddelku je 22 % drogovnjakov, debeljaka je 39 % in sestoja v obnovi 39 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Na prvi ploskvi smo raziskovali sestoj bukve na produktivnem rastišču. Ploskev je bila na nadmorski višini 785 m, na severni strani, z naklonom 4°. Sestoj je bil v fazi debeljaka, star 115 let, z zgornjo višino 31 m. Na ploskvi je bilo 31 dreves, od tega 25 bukev in 6 jelk (preglednica 1).



Slika 3: Ploskev 1 - bukov sestoj na produktivnem rastišču

PLOSKEV 2

Druga ploskev je bila izbrana v oddelku 72. Površina oddelka znaša 20,89 ha. Nadmorska višina se giblje med 650 in 780 m. Ekspozicija je severovzhodna z naklonom 15°. Kamnitost znaša 30 %, skalovitost pa 20 %, kamnina je apnenec (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Gozdne združbe v oddelku so *Abieti-Fagetum lycopodietosum* (55 %), *Abieti-Fagetum typicum* (25 %) in *Abieti-Fagetum omphalodetosum* (20 %). Lesna zaloga znaša 427 m³/ha, 255 m³/ha je iglavcev in 127 m³/ha je listavcev. Drevesna sestava je naslednja: smreka 42 %, bukev 29 %, jelka 18 %, gorski javor 12 %. Razvojne faze v oddelku so: mladovje 5 %, drogovnjak 7 %, debeljak 70 %, raznomerni 18 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Na tej ploskvi je prevladovala smreka, in sicer na produktivnem rastišču (preglednica 1). Nadmorska višina raziskovalnega objekta je bila 697 m, gre za vzhodno ekspozicijo z naklonom 9°. Del ploskve je predstavljala tudi manjša vrtača. Drevesa na ploskvi so bila v fazi debeljaka, z normalnim sklepom, starostjo 95 let in zgornjo višino 40 m. Popisali smo 35 dreves, 27 je bilo smrek, 4 bukve, 3 jelke in 1 javor.

PLOSKEV 3

Tretjo ploskev smo postavili v oddelku 7b, s površino 13,84 ha. Oddelek leži na nadmorski višini med 580 in 680 m, na pobočju s severno ekspozicijo in 20° naklonom. Kamnitost je ocenjena na 25 %, skalovitost pa na 35 %. Kamnina je apnenec (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004). Celoten odsek je uvrščen v subasociacijo *Abieti-Fagetum omphalodetosum* (100 %). Lesna zaloga je ocenjena na 561 m³/ha, od tega 507 m³/ha iglavcev in 54 m³/ha listavcev. Prevladuje smreka z 48 % in jelka z 42 %, bukve je 10 %. Celoten odsek je v razvojni fazi debeljaka (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Tudi ta ploskev je bila izbrana na bolj produktivnem rastišču, prevladovala pa je jelka (96 %). Poleg jelke (49 dreves) so bili na ploskvi še 4 bresti in 2 smreki. Ploskev je bila na višini 593 m, jugovzhodne ekspozicije, z 19° naklona. Sestoj je bil v fazi debeljaka s

tesnim sklepom. Starost je bila ocenjena na 60 let, zgornja višina pa izmerjena na 29 m (preglednica 1).

Preglednica 1: Pregled splošnih znakov na ploskvah na produktivnejših rastiščih

Znak	Številka ploskve					
	1		2		3	
Rastišče	<i>Abieti-Fagetum</i>					
Prevladujoča vrsta	bukev		smreka		jelka	
Tip tal	rjava pokarbonatna tla					
Koordinate	x	y	x	y	x	y
	59728	502770	59939	503495	65317	501406
Nadmorska višina (m)	785		697		593	
Ekspozicija	sever		vzhod		jugovzhod	
Naklon (°)	4		9		19	
Skalovitost (%)	20		30		0	
Razvojna faza	debeljak		debeljak		debeljak	
Sestojni sklep	normalen		normalen		tesen	
Ocenjena starost dominantnega drevja prevladujoče drevesne vrste (leta)	115		95		60	
Zgornja višina (m)	31		40		29	
Okvirni SI ₁₀₀ (m)	29		41		38	

PLOSKEV 4

Četrta ploskev je bila zakoličena v oddelku 124. Površina oddelka znaša 23,37 ha in leži na nadmorski višini med 700 in 780 m. Ekspozicija je severna, z 20° naklona. Kamnitost je ocenjena na 40 %, skalovitost pa 30 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Gozdne združbe v oddelku so: *Abieti-Fagetum hacquetietosum* (70 %), *Abieti-Fagetum typicum* (20 %), *Abieti-Fagetum neckeretosum* (10 %). Lesna zaloga znaša 456 m³/ha, 326 m³/ha je iglavcev, 130 m³/ha pa listavcev. Od drevesnih vrst je največ smreke (51 %), jelke

in bukve je 20 %, 8 % je gorskega javorja, pojavljajo pa se še: veliki jesen, lipa in lipovec, cer ter češnja. Glede na razvojne faze prevladuje debeljak s 76 %, prebiralnih sestojev je 12 %, drogovnjaka je 9 % in pionirskega gozda 2 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Ploskev smo izbrali v manj produktivnem smrekovem sestoju, na nadmorski višini 782 m, južne ekspozicije, s 27° naklona. Razvojna faza je debeljak z rahlim sklepom. Starost sestoja je ocenjena na 90 let, zgornja višina pa je 26 m. Popisali smo 36 dreves, od tega je bilo 30 smrek, 4 bukve in 2 jelki (preglednica 2).



Slika 4: Ploskev 4 - smrekov sestoj na manj produktivnem rastišču

Preglednica 2: Pregled splošnih znakov na ploskvah na manj produktivnih rastiščih

Znak	Številka ploskve					
	4		5		6	
Rastišče	<i>Abieti-Fagetum</i>					
Prevladujoča vrsta	smreka		bukev		jelka	
Tip tal	rjava pokarbonatna tla					
Koordinate	x	y	x	y	x	y
	64717	498612	65473	497989	65151	498768
Nadmorska višina (m)	782		828		766	
Ekspozicija	jug		jugozahod		vzhod	
Naklon (°)	27		22		10	
Skalovitost (%)	30		50		70	
Razvojna faza	debeljak		debeljak		debeljak	
Sestojni sklep	rahel		pretrgan		normalen	
Ocenjena starost dominantnega drevja prevladujoče drevesne vrste (leta)	90		90		95	
Zgornja višina (m)	26		27		29	
Okvirni SI ₁₀₀ (m)	28		28		30	

PLOSKEV 5

Peta ploskev se nahaja v oddelku 126. Oddelek ima 40,37 ha površine in leži na nadmorski višini med 670 in 860 m. Ekspozicija je južna z naklonom 18°. Kamnitost znaša 65 %, skalovitost pa 60 %, kamnina je apnenec (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Gozdne združbe so naslednje: *Abieti-Fagetum mercurialetosum* (60 %), *Abieti-Fagetum neckeretosum* (20 %) in *Neckero-Abietum* (20 %). Lesna zaloga znaša 428 m³/ha, od tega je 259 m³/ha iglavcev in 169 m³/ha listavcev. Deleži drevesnih vrst so: jelka 37 %, bukev

27 %, smreka 24 %, gorski javor 12 %. V oddelku je 59 % debeljakov, 33 % prebiralnih sestojev in 8 % drogovnjakov (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Na tej ploskvi najdemo manj produktiven bukov debeljak na nadmorski višini 828 m. Ploskev je na grebenu, prevladuje pa jugozahodna lega z 22° naklonom. Sklep sestaja je pretrgan, starost je ocenjena na 90 let, z zgornjo višino 27 m. Skupaj je bilo na ploskvi 25 dreves, od tega 19 bukev in 6 jelk (preglednica 2).

PLOSKEV 6

Šesta ploskev se nahaja v oddelku 123a. Oddelek ima površino 36,03 ha in leži na nadmorski višini med 740 in 810 m. Lege so različne z 20° naklona. Kamnitost in skalovitost sta ocenjeni na 60 %. Kamnina je apnenec (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004). Gozdne združbe v oddelku so: *Abieti-Fagetum typicum* (40 %), *Abieti-Fagetum hacquetietosum* (30 %) in *Abieti-Fagetum neckeretosum* (30 %). Lesna zaloga znaša 437 m³/ha, iglavcev je 309 m³/ha, listavcev pa 128 m³/ha. Po razvojnih fazah oddelek razdelimo na: mladovje (1 %), drogovnjak (11 %), debeljak (76 %) in prebiralni sestoj z 12 % (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004).

Na ploskvi je manj produktiven jelov sestoj, na nadmorski višini 766 m, vzhodne ekspozicije z 10° naklonom. Razvojna faza je debeljak, sestojni sklep je normalen. Starost sestoja je ocenjena na 95 let, zgornja višina pa izmerjena na 29 m. Na ploskvi je bilo 43 dreves. Od tega 34 jelk, 4 bukve in 5 smrek (preglednica 2).

4.2 MERITVE IN OCENA PARAMETROV NA VZORČNIH PLOSKVAH

Vsaka ploskev je bila velika 30x30 m, s površino 0,09 ha. Na vsaki ploskvi smo popisali vsa drevesa s prsnim premerom vsaj 10 cm. Določili smo drevesno vrsto, socialni razred, utesnjenost krošenj, velikost krošenj, izmerili prsni premer (meritveni prag je bil 10 cm) in višino dreves (nekaj dominantnih dreves prevladujoče drevesne vrste). Starost sestoja smo ugotovili s pomočjo Presslerjevega svedra, s padomerom smo določili naklon in z busolo

ekspozicijo, koordinate pa smo ugotovili s pomočjo GPS-a. Na vsaki ploskvi smo okularno ocenili tudi površinsko skalovitost v odstotkih.

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 odmrliimi 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.

Sklep sestoja smo ocenjevali po Šifrantu za opis sestoja in odseka (Zavod za gozdove Slovenije, 2000):

- 1 – tesen – gneča v krošnjah, krošnje so deformirane;
- 2 – normalen – krošnje se dotikajo, deformacij ni;
- 3 – rahel – krošnje se tudi ob vetru ne dotikajo;
- 4 – vrzelast do pretrgan – v vrzeli lahko vrinemo eno ali več krošenj.

Na podlagi izmere dreves na ploskvah smo ugotovili gostoto sestojev (N/ha), temeljnico (m^2/ha) ter deleže dominantnih drevesnih vrst v temeljnici (%). Lesno zalogo smo izračunali s pomočjo tarif, podanih za posamezne drevesne vrste v odsekih iz veljavnega gozdnogospodarskega načrta (Gozdnogospodarski načrt ..., 2004), kjer smo izbrali ploskve. Vse vrednosti so predstavljene na hektar (preglednica 3).

Preglednica 3: Gostota dreves (N/ha), temeljnica (m^2/ha), lesna zaloga (m^3/ha) in delež dominantne drevesne vrste v temeljnici sestoja

Številka ploskve	Gostota (N/ha)	Temelnjica (m^2/ha)	Lesna zaloga (m^3/ha)	Delež dominantne drevesne vrste v temeljnici (%)
1	345,3	36,4	554,2	91,7
2	393,7	63,2	966,6	88,5
3	646,3	62,3	920,0	93,7
4	448,9	46,5	639,2	90,9
5	299,6	36,9	574,4	83,7
6	485,1	59,0	851,7	85,5

4.3 VZORČENJE NA PLOSKVAH

Ko smo izbrali območje z ustrezno drevesno sestavo, smo zakoličili ploskev, veliko 30x30 metrov in na njej sistematično razporedili 30 točk, na katerih smo odvzeli vzorce tal za analizo biomase korenin. Jemanje vzorcev je potekalo s posebno sondo (kovinska cev z notranjim premerom 52 mm, na spodnji strani ima zobe za lažje vrtenje v zemljo, na vrhu ima ročko za vrtenje).

Vrtali smo do globine 30 cm oziroma, dokler nismo naleteli na kamen ali korenino, kar je sondo pri prodiranju ustavilo. Ob izvrtku, ki ni dosegel polne globine 30 cm, smo v tabelo zapisali vzrok, zaradi katerega smo prenehali z vrtenjem (kamen ali korenina) ter zabeležili doseženo globino na 1 cm natančno.

V nekaterih primerih z vrtnjem sploh nismo začeli, saj je bil na mestu, na katerem bi morali vrtati, kamen ali drevo. Tudi to smo zapisali in nadaljevali z naslednjim izvrtkom.

Sproti smo popisali tudi drevo, ki je bilo najbližje odvzetemu vzorcu. Zapisali smo vrsto drevesa, izmerili njegov prsni premer in oddaljenost od točke vrtnja. Vsak pridobljen vzorec smo razdelili po naslednjih globinskih razredih: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. Tako razdeljen vzorec smo spravili v vrečke in jih ustrezno označili.



Slika 5: Primer izvrtka, preden smo ga razdelili po globinskih razredih

Pri odvzemanju izvrtkov tal je bilo kar nekaj težav z vremenom, saj je bilo presuho in so izvrtki razpadli, preden smo jih lahko razdelili po globinskih razredih, zato smo čakali na dež, ki ga je bilo zelo malo. Vzorci so bili pobrani oktobra 2011.

4.4 LOČEVANJE KORENIN IN SORTIRANJE

Izvrtke, na terenu razdeljene na štiri globinske razrede, smo nato razdrobili in ločili korenine od tal. Korenine smo razdelili glede na njihov premer v štiri debelinske razrede: 1-2 mm, 2-5 mm, 5-20 mm in nad 20 mm. Te smo označili s črkami A, B, C in D. Z A so

bile označene najtanjše korenine, z D pa najdebelejše. Po globini pa smo vzorce označili s številkami od 1 do 4, pri čemer je številka 1 pomenila globino od 0-5 cm, najgloblji razred pa je bil označen s številko 4. Vsem koreninam smo izmerili dolžino na 1 mm natančno.

Pri sortiranju korenin smo uporabljali:

- kljunasto merilo (s katerim smo izmerili premer korenin),
- meter (za merjenje dolžine korenin),
- nož (z njim smo prerezali korenine, ki smo jih uvrstili v dva različna debelinska razreda).

Ločevanje je bilo dolgotrajno in je zahtevalo veliko zbranosti, saj so bile v zemlji poleg korenin dreves še korenine drugih rastlin. Predvsem v zgornjih plasteh je bilo tudi veliko vejic, ki si jih hitro lahko zamenjal za korenine. Korenine, ločene po globinskih in debelinskih razredih, smo shranili v papirnate vrečke in jih ustrezno označili.



Slika 6: Ločevanje korenin

4.5 SUŠENJE IN TEHTANJE KORENIN

Sušenje in tehtanje korenin je potekalo v prostorih Biotehniške fakultete na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Ker je bilo število vzorcev veliko, tudi sušili nismo vseh hkrati, zato je sušenje in tehtanje potekalo tri dni. Vrečke s koreninami smo 24 ur sušili v ventilacijski peči na 105°C. Posušene korenine smo nato stehali na elektronski tehtnici na 2 decimalki natančno in rezultate vnesli v ustrezno tabelo. Pri tehtanju smo pazili, da na rezultate ni vplivala vlaga v zraku, zato smo vzorce iz peči jemali postopoma.

4.6 ANALIZIRANJE KORENIN

Pri obdelavi podatkov smo si pomagali s programom Microsoft Office Excel 2007 in PASW verzija 18. V raziskavi smo uporabili naslednje statistične teste oziroma metode: Kruskal-Wallisov test, Wilcoxonov test, Pearsonova korelacijska analiza in parcialna korelacijska analiza.

5 REZULTATI

5.1 PRIKAZ OSNOVNIH PODATKOV

Iz podatkov o globinah izvrtkov (preglednica 4) lahko razberemo, da smo najgloblje izvrtke dobili na bolj produktivnih rastiščih v sestojih jelke. Tudi na manj produktivnih rastiščih smo v jelovih sestojih vrtali najgloblje. Na bukovih in smrekovih rastiščih smo prej naleteli na oviro v tleh.

Prav tako je največ popolnih izvrtkov na jelovih rastiščih, medtem ko na manj produktivnem bukovem rastišču nismo dobili nobenega popolnega izvrtka, ki bi dosegel globino 30 cm. Vzrok za to je velik delež kamenja, zaradi katerega smo na manj produktivnih rastiščih prekinili vrtnanje v kar 90 % primerov in več. V manj produktivnem bukovem sestoju je bil kamen vzrok za prenehanje vrtnanja v kar 96,7 %. V bolj produktivnem jelovem sestoju pa smo prenehali z vrtnanjem zgolj v 40 % zaradi kamnov.

Korenine niso predstavljale večjih problemov pri vrtnanju, saj je bil delež vzorcev, pri katerih smo prenehali z vrtnanjem zaradi korenine, v bolj produktivnem bukovem sestoju le 10 %, pri drugih pa je bil ta delež še manjši, oziroma na dveh ploskvah nismo naleteli na večjo korenino. Vzrok za majhen delež izvrtkov pri katerih smo predčasno zaključili z vrtnanjem zaradi premočnih korenin, lahko najdemo tudi v dobro nabrušeni sondi in vztrajnem vrtnanju, saj smo prerezali tudi korenino s premerom 54 milimetrov.

Preglednica 4: Podatki o globinah izvrtkov in ovirah v tleh

Ploskev	Povp. globina (cm)	Delež popolnih (%)	Delež s kamnom (%)	Delež s korenino (%)	Povp. globina-kamen (cm)	Povp. globina-korenina (cm)
1	15,2	13,3	76,7	10,0	13,7	7,7
2	16,1	20,0	80,0	0,0	12,6	ni
3	23,6	53,3	40,0	6,7	16,7	13,5
4	9,8	3,3	90,0	6,7	8,6	16,0
5	8,7	0,0	96,7	3,3	8,7	10,0
6	11,3	6,7	93,3	0,0	10,0	ni

Bukov sestoj na produktivnejšem rastišču prednjači po dolžini korenin glede na volumen ali površino tal (preglednica 5). Sledi jelov sestoj na manj produktivnem rastišču, temu pa smrekov, prav tako z manj produktivnega rastišča. Najmanjšo dolžino korenin ima bukov sestoj z manj produktivnega rastišča. Pri iglavcih je dolžina korenina večja na manj produktivnih rastiščih, pri bukvi velja nasprotno. Variabilnost v dolžinah korenin med izvrtki (prostorska variabilnost), izražena s koeficientom variacije (KV %), je večja na manj produktivnih rastiščih.

Največjo maso dosejajo korenine v smrekovem sestoju na manj produktivnem rastišču (preglednica 5), sledi bukov sestoj s produktivnega rastišča, nato pa jelov sestoj, prav tako s produktivnega rastišča. V primeru smreke ima manj produktivno rastišče višjo maso korenin, v primeru jelke in bukve pa je obratno.

Preglednica 5: Dolžina in masa korenin, prikazana glede na volumen (m^3 oziroma g/m^3) in površino tal (m^2 oziroma g/m^2)

Ploskev	Kategorija		Dolžina (m^3)		Dolžina (m^2)		Masa (g/m^3)	Masa (g/m^2)
	Globinski razred	Deb. razred	Ar. sred.	KV %	Ar. sred.	KV %	Ar. sred.	Ar. sred.
1	vsi	vsi	986,1	60,2	295,8	60,2	3383,0	1014,9
2	vsi	vsi	586,1	65,5	175,8	65,5	1871,5	561,4
3	vsi	vsi	603,4	47,3	181,0	47,3	2849,8	854,9
4	vsi	vsi	710,3	69,1	213,1	69,1	3987,8	1196,3
5	vsi	vsi	539,9	80,4	162,0	80,4	1275,5	382,7
6	vsi	vsi	817,9	53,3	245,4	53,3	2536,4	760,9

V nadaljevanju smo izračunali dolžino in maso korenin glede na lesno zalogo sestojev na ploskvi (preglednica 6). V primeru tako opredeljene relativne dolžine korenin je slednja najvišja v bukovem sestoju na produktivnem rastišču, sledi smreka na manj produktivnem rastišču. Najmanjša dolžina korenin je v smrekovem sestoju na produktivnejših tleh. Nekoliko večja je v jelovem sestoju boljše produktivnosti. V primeru iglavcev je dolžina višja na manj produktivnih rastiščih, pri bukvi pa je obratno. Relativna masa je najvišja v smrekovem sestoju slabše produktivnosti, sledi produktivnejši bukov sestoj (preglednica 6). Samo v primeru smreke je masa višja na manj produktivnem rastišču.

Preglednica 6: Dolžina korenin in masa korenin na m³ bruto debeljadi po ploskvah

Ploskev	Relativna dolžina korenin (m/m ³ bruto debeljadi)	Relativna masa korenin (g/m ³ bruto debeljadi)
1	5351	18356
2	1842	5881
3	2081	9828
4	3741	21005
5	3042	7185
6	2925	9072

5.2 RAZLIKE MED PLOSKVAMI

S pomočjo neparametričnih metod smo preverjali, ali med ploskvami obstajajo statistično značilne razlike v dolžini korenin po posameznih razredih globine in debelinskih premerih korenin (preglednica 7). Kot mejno stopnjo tveganja smo privzeli 5 %.

Med ploskvami so najočitnejše razlike v debelinskih razredih A in B ter le v primeru 3. globinskega razreda tudi pri korenincah debeline C.

V prvem globinskem razredu pri korenincah A debelinskega razreda značilno izstopa jelov sestoj na produktivnejšem rastišču, in sicer navzdol. Najvišjo gostoto drobnih koreninic A in B izkazujejo manj produktivna rastišča, in sicer najprej jelova, nato smrekova in nazadnje bukova. Ker je koreninic A in B največ, se tudi v celotni dolžini korenin za globinski razred ohranijo ista razmerja.

V drugem globinskem razredu je podobno, razlike so značilne za A in B razred. Navzgor izstopa bukov sestoj na produktivnejših tleh, sledi jelov sestoj na manj produktivnem rastišču. Navzdol izstopata sestoj iglavcev na produktivnejših rastiščih.

V tretjem globinskem razredu so značilne razlike pri korenincah A, B in C razreda. Navzgor izstopa jelov sestoj produktivnejših tal, sledita bukov in smrekov sestoj boljše produktivnosti. Najnižje vrednosti dosega bukov sestoj na manj produktivnem rastišču.

Tudi v četrtem globinskem razredu se bolje odrežejo sestoji na produktivnejših rastiščih. Navzgor značilno odstopa jelov sestoj na boljših tleh. Razlike so značilne pri A in B razredu koreninic.

Upošteva vse globinske razrede so značilne razlike pri korenincah A in B razreda in pa za vse korenine skupaj. Navzgor izstopa bukov sestoj na boljših tleh, navzdol pa bukov sestoj na manj produktivnih tleh.

Preglednica 7: Razlike med ploskvami (Kruskal-Wallis test) v dolžini korenin z značilnimi pari (ploskev z najvišjo vrednostjo ima rang 1)

Glob Razred	Deb. razred	KR-W. Test	Stopnja tveganja	Pl. 1	Pl. 2	Pl. 3	Pl. 4	Pl. 5	Pl. 6	Značilni pari
1	A	41,130	0,000	4	5	6	2	3	1	2-3, 1-3, 3-5, 3-4, 3-6
	B	19,252	0,002	4	5	6	2	3	1	3-4, 3-6
	C	1,150	0,950	3	6	5	1	4	2	ni
	D	0,000	1,000	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	ni
	vse kor.	43,849	0,000	4	5	6	2	3	1	2-3, 1-3, 3-5, 3-4, 3-6
2	A	16,671	0,005	1	3	6	4	5	2	1-3, 3-6
	B	14,923	0,011	1	6	4	3	5	2	1-2
	C	7,082	0,215	2	4	5	3	6	1	ni
	D	0,000	1,000	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	ni
	vse kor.	20,513	0,001	1	5	4	3	6	2	5-6, 1-5, 1-2
3	A	41,512	0,000	2	3	1	5	6	4	3-4, 3-5, 1-5, 3-6, 2-3
	B	40,288	0,000	2	3	1	5	6	4	3-4, 3-5, 3-6, 1-5, 2-3
	C	16,071	0,007	2	3	1	4	5	6	3-6, 3-5
	D	3,304	0,695	3	5	5	2	5	1	ni
	vse kor.	45,600	0,000	2	3	1	4	6	5	3-4, 3-5, 3-6, 1-5, 2-3
4	A	30,895	0,000	2	3	1	5,5	5,5	4	3-4, 3-5, 3-6
	B	12,675	0,027	2	3	1	6	5	4	ni
	C	5,904	0,316	1	3	2	5	5	5	ni
	D	0,000	1,000	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	ni
	vse kor.	27,901	0,000	2	3	1	6	5	4	3-4, 3-5, 3-6
vse	A	18,159	0,003	1	4	6	3	5	2	3-6, 1-3
	B	26,412	0,000	1	5	2	4	6	3	1-5, 1-2, 3-5, 2-3
	C	7,254	0,202	1	3	2	4	6	5	ni
	D	3,304	0,695	3	5	5	2	5	1	ni
	vse kor.	16,208	0,006	1	5	4	3	6	2	1-5

Ker smo pri analizi mase korenin združevali podatke izvrtkov po globinskih in debelinskih razredih, smo lahko iskali razlike med ploskvami v masi korenin za manjše število kombinacij kategorij (preglednica 8). V nobenem primeru statistično značilnih razlik nismo odkrili, še najbližje smo bili pri korenincah debelinskega razreda D in pri četrtem globinskem razredu.

Preglednica 8: Razlike med ploskvami (Kruskal-Wallis test) v masi korenin (ploskev z najvišjo vrednostjo ima rang 1)

Glob. Razred	Deb. razred	KR-W. Test	Stopnja tveganja	Pl. 1	Pl. 2	Pl. 3	Pl. 4	Pl. 5	Pl. 6	Značilni pari
vsi	A	2,432	0,787	1	3	6	4	5	2	ni
	B	5,454	0,363	1	6	2	4	5	3	ni
	C	2,907	0,714	2	3	1	4	6	5	ni
	D	10,438	0,064	3	5	5	1	5	2	ni
1	vsi	3,281	0,657	2	5	6	4	3	1	ni
2		4,234	0,516	2	6	4	1	5	3	ni
3		4,979	0,418	1	5	3	2	6	4	ni
4		9,826	0,080	1	3	2	6	5	4	ni
vsi	vsi	7,403	0,192	1	5	4	2	6	3	ni

V nadaljevanju smo izračunali deleže koreninic v posameznem debelinskem razredu po globinskih razredih v skupni dolžini korenin (preglednica 9). Največ korenin najdemo v prvem debelinskem razredu, tako na produktivnih kot manj produktivnih rastiščih. Izjema je četrti globinski razred pri četrti in peti ploskvi, kjer je bila v omenjenem razredu le ena korenina, zato je delež korenin drugega debelinskega razreda znašal 100 %. Največ drobnih koreninic se nahaja v prvem globinskem razredu, z globino pa ta odstotek pada. Veča se predvsem delež korenin v drugem debelinskem razredu, nekaj pa tudi v tretjem. Korenin debeline nad 20 mm (D razred) skoraj ni. Našli smo jih le v tretjem globinskem razredu na globini med 10 in 20 cm. Na manj produktivnih rastiščih je delež A koreninic v prvem in drugem globinskem razredu nižji kot na produktivnejših rastiščih. Razlog je ta, da na manj produktivnih rastiščih tla niso tako globoka in zato drevje razvije tudi debelejša korenine bliže površja. Na produktivnejših rastiščih korenine C razreda dosegajo nekoliko višje deleže.

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

Glob. razred	Deb. razred	Ploskev 1	Ploskev 2	Ploskev 3	Ploskev 4	Ploskev 5	Ploskev 6
1	A	82,8	93,1	83,5	78,3	79,8	78,6
	B	16,0	5,9	11,5	19,6	19,4	19,7
	C	1,2	1,1	5,0	2,1	0,9	1,7
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	A	67,8	80,0	53,3	65,1	71,3	69,1
	B	25,7	14,0	41,8	28,1	24,0	23,3
	C	6,4	6,0	4,9	6,8	4,7	7,5
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3	A	54,4	48,8	52,7	56,7	56,3	65,5
	B	37,3	34,0	35,9	30,9	16,0	29,7
	C	7,4	17,1	11,4	9,4	27,7	2,5
	D	0,9	0,0	0,0	3,0	0,0	2,3
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4	A	48,8	64,5	67,6	0,0	0,0	50,7
	B	42,9	26,1	24,8	100,0	100,0	49,3
	C	8,3	9,4	7,6	0,0	0,0	0,0
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
vsi	A	66,3	76,5	57,4	69,7	75,4	72,5
	B	27,9	16,6	34,3	24,9	21,4	22,9
	C	5,6	7,0	8,3	5,0	3,2	4,3
	D	0,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,3
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tudi za maso korenin smo izračunali deleže koreninic v posameznem debelinskem razredu po globinskih razredih v skupni masi korenin (preglednica 10). Pri masi je razporeditev nekoliko drugačna, saj so debelejšje korenine veliko težje, zato je tudi delež korenin večji pri večjih debelinskih razredih. Medtem ko v prvem globinskem razredu še prevladujejo najtanjšje korenine, v drugem najdemo največji delež mase v C debelinskem razredu na dobrih kot tudi na manj produktivnih rastiščih. Le pri bukvi na manj produktivnih rastiščih je v B debelinskem razredu za dobre 3 % več mase kot v tretjem. V tretjem globinskem razredu se odstotek mase še nekoliko pomakne proti debelejšim koreninam. V četrtem

globinskem razredu pa rezultati na manj produktivnih rastiščih niso relevantni, saj smo uspeli dobiti premalo izvrtkov na taki globini, da bi rezultate lahko upoštevali.

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

Glob. razred	Deb. razred	Ploskev 1	Ploskev 2	Ploskev 3	Ploskev 4	Ploskev 5	Ploskev 6
1	A	53,5	80,8	53,3	45,2	51,0	49,2
	B	38,3	14,9	46,7	30,4	44,7	37,2
	C	8,1	4,2	0,0	24,4	4,3	13,6
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	A	26,3	31,7	10,1	11,6	23,2	18,2
	B	30,9	23,1	40,5	16,2	39,9	24,2
	C	42,8	45,2	49,4	49,1	36,8	57,6
	D	0,0	0,0	0,0	23,1	0,0	0,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3	A	12,8	3,8	10,4	3,4	6,1	9,3
	B	32,2	16,4	23,5	8,0	14,5	18,5
	C	43,3	79,8	66,1	13,6	79,4	21,8
	D	11,8	0,0	0,0	75,1	0,0	50,4
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4	A	12,5	36,0	16,0	0,0	0,0	0,7
	B	46,8	17,3	20,7	100,0	100,0	0,0
	C	40,7	46,7	63,3	0,0	0,0	99,3
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
vsi	A	23,0	27,6	12,5	12,2	29,2	20,5
	B	34,3	18,1	29,3	14,6	37,4	24,0
	C	38,2	54,3	58,3	30,5	33,3	38,6
	D	4,5	0,0	0,0	42,6	0,0	16,9
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Drugačno sliko pokažejo deleži dolžin korenin po globinskih razredih (preglednica 11). Koreninic A debelinskega razreda je na obeh smrekovih ploskvah in manj produktivni bukovi ter jelovi ploskvi največ v prvem globinskem razredu. Na produktivnejši bukovi ploskvi jih je največ v drugem globinskem razredu, na produktivnejši jelovi pa v tretjem.

Korenine B debelinskega razreda na manj produktivnih rastiščih prevladujejo v drugem (smreka in jelka) oziroma prvem globinskem razredu (bukev). Na produktivnejših ploskvah pa v tretjem globinskem razredu (smreka in jelka) oziroma v drugem (bukev).

Pri debelinskem razredu C je modus v drugem globinskem razredu, izjema sta ploskvi jelke in smreke na produktivnejših rastiščih, kjer je modus v tretjem globinskem razredu.

Debelinski razred D se pojavi le na treh ploskvah, in sicer le v tretjem globinskem razredu.

Celotna dolžina korenin ne glede na debelino je v primeru obeh smrekovih ploskev in manj produktivne bukove največja v prvem globinskem razredu. Na produktivnejšem bukovem rastišču in manj produktivnem jelovem je modus v drugem globinskem razredu, na produktivnejšem jelovem rastišču pa celo v tretjem. Očitno je, da je na manj produktivnih rastiščih večji delež korenin bliže površja. Jelka ima praviloma težišče korenin najgloblje, sledi večinoma bukev, smreka pa je najbliže površju.

Preglednica 11: Deleži dolžin korenin v posameznem globinskem razredu glede na debelinski razred in ploskev (v %)

Deb. razred	Glob. razred	Ploskev 1	Ploskev 2	Ploskev 3	Ploskev 4	Ploskev 5	Ploskev 6
A	1	31,2	45,6	12,9	49,3	62,7	45,9
	2	40,8	32,5	29,7	40,5	34,8	40,6
	3	20,9	14,4	43,2	10,3	2,6	12,9
	4	7,1	7,5	14,2	0,0	0,0	0,6
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
B	1	14,4	13,3	3,0	34,5	53,7	36,3
	2	36,8	26,3	39,0	48,9	41,3	43,3
	3	34,1	46,4	49,3	15,7	2,6	18,4
	4	14,7	14,0	8,7	0,9	2,5	2,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
C	1	5,5	5,8	5,3	18,2	15,8	16,8
	2	46,2	26,7	18,9	58,4	54,1	75,0
	3	34,0	55,6	64,6	23,5	30,1	8,2
	4	14,3	11,9	11,1	0,0	0,0	0,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
D	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	skupaj	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
vsi	1	25,0	37,4	8,9	43,9	59,2	42,3
	2	39,9	31,1	32,0	43,3	36,8	42,5
	3	25,5	22,6	47,0	12,6	3,5	14,2
	4	9,6	8,8	12,1	0,2	0,5	0,9
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Masni deleži korenin po globinskih razredih kažejo, da je modus korenin A debelinskega razreda večinoma v prvem globinskem razredu (preglednica 12). Izjema sta ploskvi jelke in bukve na produktivnejših rastiščih. Za korenine B debelinskega razreda je modus večinoma v drugem globinskem razredu, izjema sta produktivnejši bukova in smrekova ploskev. Korenine C debelinskega razreda imajo v primeru produktivnejših tal modus v tretjem, v primeru manj produktivnih tal pa v drugem globinskem razredu.

Korenin D debelinskega razreda je premalo za objektivno analizo.

Celotna masa korenin ne glede na debelino je v primeru produktivnejših ploskev v tretjem globinskem razredu, v primeru manj produktivnih pa v drugem.

Preglednica 12: Deleži mase koreninic v posameznem globinskem razredu glede na debelinski razred in ploskev (v %)

Deb. razred	Glob. razred	Ploskev 1	Ploskev 2	Ploskev 3	Ploskev 4	Ploskev 5	Ploskev 6
A	1	30,1	48,3	14,4	46,5	58,3	44,9
	2	42,2	31,8	25,5	41,6	37,9	39,8
	3	21,1	6,2	44,0	11,9	3,8	15,2
	4	6,6	13,7	16,1	0,0	0,0	0,1
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
B	1	14,4	13,6	5,4	26,1	39,9	29,0
	2	33,3	35,2	43,6	48,7	50,9	45,1
	3	35,7	41,2	42,1	23,5	7,0	25,9
	4	16,6	10,0	8,8	1,6	2,2	0,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
C	1	2,7	1,3	0,0	10,1	4,3	6,6
	2	41,3	23,0	26,7	70,7	52,6	66,8
	3	43,1	66,7	59,7	19,2	43,1	18,9
	4	12,9	9,0	13,6	0,0	0,0	7,7
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
D	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	skupaj	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
Vsi	1	12,9	16,5	3,4	12,6	33,4	18,7
	2	36,9	27,6	31,5	44,0	47,7	44,8
	3	38,0	45,4	52,6	43,2	18,1	33,5
	4	12,1	10,5	12,5	0,2	0,8	3,0
	skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

5.3 POVEZAVE MED NADZEMNO IN PODZEMNO PRODUKCIJO

S pomočjo korelacijske analize smo preizkusili, ali obstaja povezanost med dolžino koreninic in nadzemnimi sestojnimi znaki (preglednica 13). Ugotavljamo, da je povezanost značilna med dolžino A koreninic prvega globinskega razreda z gostoto sestojev (negativna), temeljnico (negativna) in lesno zalogo (negativna). Tudi celotna dolžina korenin prvega globinskega razreda je značilno (negativno) povezana z gostoto, temeljnico in lesno zalogo. Z lesno zalogo je negativno povezana tudi dolžina B korenin prvega globinskega razreda in pa celotna dolžina korenin drugega globinskega razreda. Pozitivno povezavo pa smo potrdili med gostoto sestojev in dolžino A in B koreninic ter celotno dolžino korenin v tretjem globinskem razredu. Med dolžinami korenin in razdaljo do najbližjega drevesa nismo potrdili povezav, kar pomeni, da so tla prekoreninjena ne glede na razmestitev dreves. Povezav nismo potrdili tudi ob upoštevanju debeline dreves (parcialna korelacija).

Preglednica 13: Povezave (Pearsonova korelacija) med dolžino korenin in nadzemnimi sestojnimi znaki

Glob. razred	Deb. razred	Gostota (N/ha)		Temeljnica (m ² /ha)		Lesna zaloga (m ³ /ha)		Razdalja do najbl. drevesa		Razdalja do najbl. drevesa (kovariata dbh)	
		r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
1	A	-0,291	0,000	-0,169	0,023	-0,179	0,016	0,020	0,788	-0,004	0,960
	B	-0,121	0,104	-0,146	0,051	-0,167	0,025	-0,080	0,288	-0,077	0,307
	C	0,015	0,847	0,000	0,996	-0,014	0,851	-0,047	0,530	-0,040	0,595
	D	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
	vse kor.	-0,284	0,000	-0,195	0,009	-0,212	0,004	-0,018	0,809	-0,037	0,627
2	A	-0,113	0,133	-0,127	0,089	-0,143	0,055	0,040	0,592	0,039	0,601
	B	0,084	0,264	-0,088	0,238	-0,117	0,116	-0,120	0,107	-0,116	0,122
	C	-0,022	0,772	-0,047	0,531	-0,065	0,387	-0,137	0,067	-0,140	0,062
	D	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
	vse kor.	-0,058	0,443	-0,135	0,070	-0,161	0,031	-0,034	0,650	-0,033	0,657
3	A	0,220	0,003	0,098	0,191	0,097	0,196	-0,035	0,638	-0,024	0,748
	B	0,215	0,004	0,090	0,230	0,096	0,199	0,038	0,616	0,047	0,528
	C	0,131	0,079	0,109	0,143	0,124	0,098	0,041	0,581	0,044	0,561
	D	-0,007	0,922	-0,033	0,659	-0,049	0,514	-0,114	0,128	-0,111	0,140
	vse kor.	0,239	0,001	0,113	0,132	0,116	0,120	-0,003	0,966	0,008	0,917
4	A	0,103	0,170	0,074	0,320	0,096	0,198	-0,003	0,966	-0,003	0,967
	B	-0,022	0,765	-0,071	0,346	-0,051	0,495	0,041	0,586	0,047	0,531
	C	0,019	0,802	0,010	0,896	0,023	0,756	-0,009	0,909	-0,006	0,939
	D	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
	vse kor.	0,058	0,435	0,020	0,792	0,044	0,560	0,013	0,862	0,016	0,831
vsí	A	-0,121	0,106	-0,114	0,129	-0,124	0,097	0,020	0,793	0,010	0,892
	B	0,089	0,236	-0,101	0,177	-0,120	0,109	-0,079	0,289	-0,069	0,359
	C	0,083	0,270	0,047	0,530	0,046	0,540	-0,068	0,364	-0,066	0,383
	D	-0,007	0,922	-0,033	0,659	-0,049	0,514	-0,114	0,128	-0,111	0,140
	vse kor.	-0,044	0,560	-0,110	0,141	-0,125	0,096	-0,025	0,735	-0,028	0,711

Nadalje smo preverili tudi, ali obstajajo povezave med maso korenin in nadzemnimi znaki (preglednica 14). S pomočjo Pearsonove korelacije nismo potrdili nobene statistično značilne povezave.

Preglednica 14: Povezave (Pearsonova korelacija) med maso korenin in nadzemnimi sestojnimi znaki

Glob. razred	Deb. razred	Gostota (N/ha)		Temeljnica (m ² /ha)		Lesna zaloga (m ³ /ha)	
		r	P	r	P	r	P
1	A	-0,805	0,053	-0,362	0,481	-0,351	0,495
	B	-0,575	0,233	-0,756	0,082	-0,796	0,058
	C	-0,060	0,910	-0,208	0,693	-0,354	0,491
	D	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
	vse kor.	-0,667	0,148	-0,572	0,236	-0,628	0,182
2	A	-0,500	0,313	-0,538	0,270	-0,552	0,256
	B	0,335	0,516	-0,354	0,491	-0,409	0,420
	C	0,305	0,557	-0,058	0,913	-0,220	0,676
	D	0,050	0,926	-0,166	0,753	-0,299	0,565
	vse kor.	0,165	0,755	-0,261	0,617	-0,411	0,418
3	A	0,492	0,321	0,019	0,972	-0,001	0,999
	B	0,390	0,444	0,017	0,974	0,020	0,970
	C	0,569	0,239	0,488	0,326	0,545	0,264
	D	0,074	0,889	-0,129	0,808	-0,282	0,589
	vse kor.	0,579	0,229	0,183	0,729	0,072	0,893
4	A	0,211	0,689	0,394	0,439	0,488	0,326
	B	-0,107	0,840	-0,365	0,477	-0,313	0,546
	C	0,575	0,232	0,355	0,490	0,395	0,439
	D	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000
	vse kor.	0,292	0,575	0,106	0,842	0,166	0,754
vsi	A	-0,410	0,419	-0,370	0,470	-0,360	0,483
	B	0,147	0,781	-0,371	0,469	-0,383	0,453
	C	0,759	0,080	0,412	0,417	0,353	0,493
	D	0,069	0,897	-0,139	0,792	-0,289	0,579
	vse kor.	0,342	0,506	-0,089	0,866	-0,217	0,679

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

6.1 RAZPRAVA

Za razliko od nadzemne komponente biomase in produkcije gozdnih ekosistemov je podzemna mnogo slabše proučena. Glavni razlog je metodološke narave. Proučevanja so zahtevna, zamudna, rezultati pa kljub temu pogosto niso zelo zanesljivi.

Metod proučevanja oziroma vzorčenja koreninic je več (Zianis in sod., 2005, Danjon in Reubens, 2008, Železnik in sod., 2011, Kobal in sod., 2012). Ena najstarejših je odvzem izvrtkov tal, kateremu sledi analiza vsebnosti korenin v talnih vzorčnih enotah. Če odvezemo izvrtke s korektnim vzorčenjem (slučajno ali sistematično) v sledečih si obdobjih, lahko ugotovljamo – poleg biomase – produkcijo korenin (Murach in sod., 2009). Naslednja metoda je izkop koreninskih sistemov posameznih dreves (e. g. Konôpka in sod., 2011, Skovsgaard in Nord-Larsen, 2012). Ta metoda omogoča izračunavanje biomase posameznih komponent drevja na podlagi ugotovljenih alometrijskih povezav med enostavnimi nadzemnimi znaki drevesa (npr. prsni premer, višina) in posameznimi komponentami biomase drevesa (npr. vejevje, korenine). Pogosto se uporablja tudi ekspanzijske faktorje za oceno podzemne biomase (Teobaldelli in sod., 2009). V zadnjem obdobju pa se vse bolj uveljavljajo metode opazovanja sprememb v rizosferi s pomočjo minirizotronov ali oziroma in s pomočjo vrstnih mrežic (Železnik in sod., 2011). Poleg iskanja boljših metod terenskega zajemanja podatkov pa znanost išče tudi izboljšave v analizi, interpretaciji oziroma posplošitvi terenskih rezultatov (npr. fraktalna geometrija, geostatistični modeli).

Dejanska lesna zaloga na ploskvah se lahko pomembno razlikuje od izračunane lesne zaloge s pomočjo tarif, podanih za odsek. Namreč, ploskev se lahko nahaja na terenu, ki bolj ali manj odstopa od povprečnih razmer v odseku.

Rastiščni indeksi (SI_{100}) so bili določeni precej nenatančno (izmera višin stoječega drevja, neupoštevanje učinka zastrtosti, okvirno določena starost) in služijo le kot groba ilustracija razlik v produktivnosti analiziranih sestojev.

Pri ugotavljanju razlik v dolžini ali masi korenin med ploskvami razlike v starosti sestojev in gostoti lesa (nadzemnega in podzemnega) nismo upoštevali. Pri starosti močno izstopa ploskev jelke na produktivnejšem rastišču, ki je od sestojev na ostalih ploskvah znatno mlajša. Kar se tiče razlik v gostoti lesa, pa je jasno, da so zlasti velike med bukvijo in obema vrstama analiziranih iglavcev (npr. Dietz, 1975).

Potrebno je tudi dodati, da uporabljena metoda ne omogoča (kakovostnega) ocenjevanja prisotnosti korenin, debelejših od 3 cm (Krese, 2011).

Rezultatov pričujoče študije ne moremo posploševati izven njenega območja raziskovanja. Raziskavo smo izpeljali v okviru rastiščnih razmer sintaksona *Omphalodo-Fagetum*, v odraslih sestojih, in sicer z destruktivnim vzorčenjem v določenem letnem času (statična slika). Omejili smo se na globino 30 cm, saj raziskave pogosto pokažejo, da le malo drobnejših korenin sega globlje (Lei in sod., 2012). Tudi Jackson in sod. (1997, cit. po Železnik in sod., 2009) so ugotovili, da v zgornjih 30 cm najdemo od 50 do 90 % vseh korenin, odvisno od bioma.

Urbančič in sod. (2009) so v jelovo-bukovih sestojih ugotovili večinoma višje vrednosti korenin (v kg/ha), vendar so vrtali globlje v tla. Tudi druge raziskave so večinoma ugotovile višje vrednosti za biomaso korenin, vendar vključujejo korenine vseh debelin in tudi panjevino (Vyskot, 1981, Cannell, 1982, Scarascia-Mugnozza in sod., 2000, Rademacher in sod., 2009), poleg tega so bila tla v naši raziskavi precej plitva oziroma skalovita. V metodološko identični raziskavi je tudi Krese (2011) ugotovil višje vrednosti za maso korenin. Razlog je verjetno v nižjih povprečnih globinah tal naše raziskave.

Drevesa alocirajo biomaso bodisi v korenine bodisi v nadzemni del glede na številne dejavnike. Zlasti za mladice bukve se je pokazalo, da je v tem pogledu zelo občutljiva na svetlobne razmere in sušo, mnogo bolj kot smreka (Schall in sod., 2012). V primeru večje osenčenosti je bukev krepila zlasti listni aparat, steblo in veje na račun korenin. Pri smreki se je krepilo le steblo na račun drobnih korenin. V primeru sušnih razmer je bukev reagirala s povečanjem deleža podzemne biomase, smreka pa ne.

V tej raziskavi smo se omejili na analizo korenin s premerom vsaj 1 mm. Večina literature kot drobne korenine pojmuje korenine s premerom pod 2 mm (e. g. Ostonen in sod., 2011). To pomeni, da z našo raziskavo nismo zajeli celotnega spektra drobnih korenin. Lahko pa navedemo, da drobne korenine pri gozdnem drevju v grobem predstavljajo manj kot 2 % drevesne biomase (Brunner in Godbold, 2007), toda pri neto primarni produkciji odraslih gozdov lahko dosežejo do 75 % delež (Gill in Jackson, 2000). Količina drobnih korenin variira zlasti z geografsko širino (na severu jih je več) in z dušikom (Ostonen in sod., 2011). V hladnih klimatskih razmerah ob nizki dostopnosti dušika se poveča biomasa, dolžina koreninskih vršičkov z ektomikorizo (ibidem.).

Dostopnost oziroma preskrbljenost z vodo in hranili vpliva na primarno produkcijo drobnih korenin (Gower in sod., 1992). V primeru boljše preskrbljenosti z vodo ali hranili (namakanje oziroma gnojenje) se je produkcija korenin zmanjšala, padel pa je tudi njen delež v celokupni neto primarni produkciji.

Na rast korenin, zlasti drobnih, imajo velik vpliv vremenske razmere. V primeru sušnih let se produkcija drobnih korenin zelo zmanjša, v primeru vlažnih let pa poveča. Tudi rast močnejših korenin se v primeru suše zmanjša (Nikolova in sod., 2011). To pomeni, da bi za objektivno oceno produkcije in tudi biomase korenin morali spremljati količino korenin več kot eno leto oziroma sezono.

V splošnem drevesa (smreka) več vlagajo v korenine v primeru stresnih pogojev (Puhe, 2003).

Na produkcijo (drobnih) korenin pa lahko vpliva tudi drevesna sestava. V našem primeru smo obravnavali razmeroma čiste sestoje, zato tega vpliva seveda nismo mogli analizirati. Literatura glede tega ni enotna, nekatere študije so pokazale, da je v mešanih sestojih biomasa drobnih korenin večja kot v čistih, druge, da ni razlik, in nekatere celo, da je manjša (Lei in sod., 2012). Za produkcijo drobnih korenin pa se kaže, da je različna med mešanimi in čistimi sestoji. Tako se je pokazalo, da je bila omenjena produkcija večja v prvem letu po vgraditvi vrstnih mrežic v sestojih z več drevesnimi vrstami, v drugem letu

pa je bila tudi mortaliteta drobnih koreninic večja kot v čistih sestojih. Slednje nakazuje hitrejši obrat v sestojih s pestrejšo drevesno zgradbo (Lei in sod., 2012).

Na količino korenin pa lahko vpliva tudi produktivnost rastišč. Na manj produktivnih rastiščih je podzemna neto primarna produkcija večja kot na produktivnejših (Keyes in Grier, 1981). Na manj produktivnih rastiščih je zato, razumljivo, delež podzemne komponente v skupni produkciji večji kot na produktivnejših. Delež podzemne biomase pa je odvisen tudi od starosti oziroma razvojne faze gozda. Tako se je v sestojih rdečega bora na Finskem pokazalo, da s starostjo sestoja delež podzemne biomase v celotnem sestoju pada, absolutna količina podzemne biomase pa s starostjo sestoja seveda narašča (Helmisaari in sod., 2002).

Metaanaliza podatkov o biomasi korenin gozdnih ekosistemov je pokazala, da nadzemna biomasa, starost in podnebni pasovi (tropski, zmerni in borealen) nakazujejo oziroma določajo gostoto biomase korenin (Cairns in sod., 1997).

V naši raziskavi nismo odkrili povezave med bližino drevesa in dolžino korenin, tudi ob upoštevanju prsnega premera dreves. Bolte in sod. (2004) so ugotovili tesno povezanost med biomaso korenin in prsnim premerom drevesa v smrekovo-bukovih sestojih severozahodne Nemčije. Druge raziskave pa kažejo, da horizontalna razmestitev drobnih korenin v splošnem ni odvisna od razdalje do najbližjega drevesa (Stober in sod., 2000), kar se ujema z našimi rezultati. Odraža pa prostorska konfiguracija koreninskega sistema heterogenost talnih pogojev (Puhe, 2003).

Čeprav smreka velja za vrsto s površinskim koreninskim sistemom, so številne študije pokazale, da ni tako (Puhe, 2003), kar je skladno z našimi rezultati.

Ker je poznavanje fitomase in produkcije korenin oziroma podzemne komponente dreves oziroma gozdnih sestojev potrebno tako z vidika temeljnih raziskav kot z vidika upravljanja z gozdnimi ekosistemi (npr. za oceno bilance CO₂), bo potrebno tovrstne raziskave intenzivirati.

6. 2 SKLEPI

Glede na postavljeni hipotezi smo oblikovali naslednja sklepa:

1. Drevesna sestava vpliva na razlike pri količini koreninske fitomase. V primeru smreke ima manj produktivno rastišče višjo maso korenin, v primeru jelke in bukve pa je ravno obratno. Drevesne vrste vplivajo tudi na vertikalno distribucijo korenin. Hipoteza je torej potrjena.
2. Hipoteze ne moremo potrditi. V posameznih segmentih (najtanjše koreninice A debelinskega razreda) ima smreka največji delež mase korenin v zgornjem delu tal, za celotno koreninsko fitomaso pa to ne drži.

7 POVZETEK

V diplomski nalogi smo ugotavljali količino korenin v odraslih sestojih smreke, jelke in bukve na rastiščih jelovo-bukovega gozda na novomeškem delu Roga.

Korenina je po zgradbi bolj ali manj podolgovat podzemni organ višjih rastlin z neomejeno dolžinsko rastjo, je brez klorofila in na njem se nikoli ne razvijejo listi. Korenine pri drevesu sprejemajo in prevajajo vodo in hranila, in to neposredno prek tanjših korenin in koreninskih laskov ali pa posredno prek mikoriznih gliv in dušičnih bakterij, učvrstijo drevesa v tla, skladiščijo rezervne snovi ter tvorijo nekatere, za življenje drevesa, potrebne hormone.

Preverili smo, ali se razlike v drevesni sestavi odražajo tudi v razlikah pri količini rastlinske fitomase in če se v smrekovih sestojih v zgornjem delu tal nahaja znatno večji delež koreninske fitomase kot v jelovih ali bukovih.

Raziskovalne ploskve smo postavili na območju gozdnogospodarske enote Poljane, ki leži v gozdnogospodarskem območju Novo mesto in predstavlja strnjen kompleks gozdov na vzhodnih pobočjih roškega masiva. Na terenu smo izbrali šest ploskev, od katerih so bile tri na bolj produktivnih rastiščih in tri na manj produktivnih rastiščih. Na vseh ploskvah so bili sestoji v razvojni fazi debeljaka. Ploskve so se med seboj, poleg produktivnosti, razlikovale tudi po drevesni sestavi. Na prvi ploskvi je bil debeljak bukve, na drugi smreke in na tretji jelke. Te tri ploskve so bile na bolj produktivnih rastiščih. Na četrti ploskvi je bil debeljak smreke, na peti bukve in na šesti jelke. Te tri ploskve smo izbrali na manj produktivnih rastiščih. Na ploskvah smo popisali vsa drevesa. Določili smo drevesno vrsto, socialni razred, utesnjenost krošenj, velikost krošenj, izmerili premer (meritveni prag je bil 10 cm) in višino dreves. Ploskve so bile velike 30x30 m, s površino 0,09 ha. Na vsaki ploskvi smo sistematično razporedili 30 točk, na katerih smo odvzeli vzorce. Delo je potekalo s sondo z notranjim premerom 52 mm. Vrtali smo do globine 30 cm oziroma, dokler nismo naleteli na oviro (kamen, močnejša korenina). Izvrtke smo razdelili po globinskih razredih in jih spravili v vrečke. Sproti smo popisali tudi drevo, ki je bilo najbližje odvzetemu izvrtku. Doma smo izvrtke razdrobili in ločili korenine od tal.

Korenine smo razdelili glede na njihov premer v štiri debelinske razrede: 1-2 mm, 2-5 mm, 5-20 mm in nad 20 mm. Te smo označili s črkami A, B, C, D. Z A so bile označene najtanjše korenine, z D pa najdebelejše. Po globini pa smo vzorce označili s številkami od 1–4, pri čemer je številka 1 pomenila globino od 0-5 cm, najgloblji razred pa je bil označen s številko 4. Vrečke s koreninami smo 24 ur sušili v ventilacijski peči na 105°C. Posušene korenine smo nato stehali na elektronski tehtnici na 2 decimalki natančno. Pri obdelavi podatkov smo si pomagali s programom Microsoft Office Excel 2007 in PASW verzija 18.

Po opravljeni analizi podatkov smo ugotovili, da smo najgloblje izvrtke dobili na bolj produktivnih rastiščih v sestojih jelke, prav tako smo na teh rastiščih dobili tudi največ popolnih izvrtkov. Tudi na manj produktivnih rastiščih smo v jelovih sestojih vrtali najgloblje. Na bukovih in smrekovih rastiščih smo prej naleteli na oviro v tleh. Oviro v tleh je predstavljal predvsem kamen, redkeje korenina. Bukov sestoj na produktivnejšem rastišču prednjači po dolžini korenin glede na volumen ali površino tal. Sledi jelov sestoj na manj produktivnem rastišču, temu pa smrekov, prav tako z manj produktivnega rastišča. Najmanjšo dolžino korenin ima bukov sestoj z manj produktivnega rastišča. Pri iglavcih je dolžina korenin večja na manj produktivnih rastiščih, pri bukvi velja nasprotno. Največjo maso dosega korenine v smrekovem sestoju na manj produktivnem rastišču, sledi bukov sestoj s produktivnega rastišča, nato pa jelov sestoj, prav tako s produktivnega rastišča. V primeru smreke ima manj produktivno rastišče višjo maso korenin, v primeru jelke in bukve pa je obratno.

S pomočjo neparametričnih metod smo preverjali, ali med ploskvami obstajajo statistično značilne razlike v dolžini korenin po posameznih razredih globine in debelinskih premerih korenin. Kot mejno stopnjo tveganja smo privzeli 5 %. Med ploskvami so najočitnejše razlike v debelinskih razredih A in B ter le v primeru 3. globinskega razreda tudi pri koreninah debeline C. Upošteva vse globinske razrede so značilne razlike pri koreninah A in B razreda in pa za vse korenine skupaj. Navzgor izstopa bukov sestoj na boljših tleh, navzdol pa bukov sestoj na manj produktivnih tleh. V nadaljevanju smo izračunali deleže korenin v posameznem debelinskem razredu po globinskih razredih v skupni dolžini korenin. Največ korenin najdemo v prvem debelinskem razredu, tako na produktivnih kot manj produktivnih rastiščih. Izjema je četrti globinski razred pri četrti in

peti ploskvi. Tudi za maso korenin smo izračunali deleže koreninic v posameznem debelinskem razredu po globinskih razredih v skupni masi korenin. Medtem ko v prvem globinskem razredu še prevladujejo najtanjše korenine, v drugem najdemo največji delež mase v C debelinskem razredu, na dobrih kot tudi na manj produktivnih rastiščih. Le pri bukvi na manj produktivnih rastiščih je v B debelinskem razredu za dobre 3 % več mase kot v tretjem.

Rezultati nam pokažejo, da drevesna sestava vpliva na razlike pri količini koreninske fitomase. V primeru smreke ima manj produktivno rastišče višjo maso korenin, v primeru jelke in bukve pa je ravno obratno. Drevesne vrste vplivajo tudi na vertikalno distribucijo korenin. V posameznih segmentih (najtanjše koreninice A debelinskega razreda) ima smreka največji delež mase korenin v zgornjem delu tal, za celotno koreninsko fitomaso pa to ne drži.

V prihodnje bo potrebno raziskave podzemne komponente v gozdnih ekosistemih intenzivirati, saj je še veliko neznanega ali nezadostno proučenega.

8 VIRI

Assmann E. 1961. Waldertragskunde. München, Bonn, Wien, BLV Verlagsgesellschaft: 492 str.

Bolte A., Rahmann T., Kuhr M., Pogoda P., Murach D., v. Gadow K. 2004. Relationships between tree dimension and coars root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway spruce (*Picea abies* [L.] H. Karst). Plant and Soil, 264: 1-11

Brunner I., Godbold D. L. 2007. Tree roots in a changing world. Journal of Forest Research, 12: 78-82

Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje: univerzitetni učbenik. Ljubljana, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.

Cairns M. A., Brown S., Helmer E. H., Baumgardner G. A., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. Oecologia, 111: 1-11

Cannell M. G. R. 1982. World Forest Biomass and Primary Production Data. Academic Press: 391 str.

Danjon F., Reubens B. 2008. Assessing and analyzing 3D architecture of woody root systems, a review of methods and applications in tree and soil stability, resource acquisition and allocation. Plant Soil, 303: 1-34

Dietz P. 1975. Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. Holz als Roh- und Werkstoff, 33: 135-141

Gozdnogospodarski načrt GGE Poljane 2004-2013. 2004. Novo mesto, Zavod za gozdove Slovenije, OE Novo mesto

Gill R. A., Jackson R. B. 2000. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems. *New Phytologist*, 147: 13-31

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

Helmisaari H. S., Makkonen K., Kellomäki S., Valtonen E., Mälkönen E. 2002. Below- and above-ground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in eastern Finland. *Forest Ecology and Management*, 165: 317-326

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 stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 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

Kobal M., Pridigar I., Udovič M., Piškur M., Simončič P. 2012. Masa in volumen koreninskega sistema, vej in debla v povezavi z nadzemnimi merami drevesa – primer za jelko (*Abies alba* Mill.) na rastiščih *Omphalodo-Fagetum* (Tregubov 1957) Marinček & al., 1993. *Gozdarski vestnik*, 3: 137-140, 157-164

Konôpka B., Pajtič J., Šebeň V., Lukac M. 2011. Belowground biomass functions and expansion factors in high elevation Norway spruce. *Forestry*, 84, 1: 41-48

Kordiš F. 1993. Dinarski jelovo bukovi gozdovi v Sloveniji. (Strokovna in znanstvena dela, 112). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 139 str.

Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah.

Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije: 500 str.

Krese A. 2011. Biomasa korenin v bukovih sestojih na dolomitni matični podlagi: diplomsko delo. Ljubljana, samozal.: 26 str.

Lei P., Scherer-Lorenzen M., Bauhus J. 2012. The effect of tree species diversity on fine-root production in a young temperate forest. *Oecologia*, 169: 1105-1115

Murach D., Horn A., Ke-Hong W., Rapp C. 2009. Fine Root Biomass, Turnover and Litter Production. V: *Functioning and Management of European Beech Ecosystems* (Brumme, R., Khanna, P. (ur.), Springer: 137-153

Nikolova P. S., Zang C., Pretzsch, H. 2011. Combining tree-ring analyses on stems and coarse roots to study the growth dynamics of forest trees: a case study on Norway spruce (*Picea abies* [L.] H. Karst). *Trees*, 25: 859-872

Ostonen I., Helmisaari H. S., Borken W., Tedersoo L., Kukumägi M., Bahram M., Lindroos A. J., Nöjd P., Uri V., Merilä P., Asi E., Lõhmus K. 2011. Fine root foraging strategies in Norway spruce forests across a European climate gradient. *Global Change Biology*, 17: 3620-3632

Puhe J. 2003. Growth and development of the root system of Norway spruce (*Picea abies*) in forest stands – a review. *Forest Ecology and Management*, 175: 253-273

Puncer I. 1980. Dinarski jelovo bukovi gozdovi na Kočevskem. *Razprave IV. razreda, Slovenska akademija znanosti in umetnosti*, 22, 6: 161 str.

Rademacher P., Khanna P. K., Eichorn J., Guericke M. 2009. Tree Growth, Biomass, and Elements in Tree Components of Three Beech Sites. V: *Functioning and Management of European Beech Ecosystems*. Brumme R., Khanna P. (ur.). (Ecological Studies, 208). Springer: 105-136 str.

Scarascia-Mugnozza G., Bauer G. A., Persson H., Matteucci G., Masci A. 2000. Tree Biomass, Growth and Nutrient Pools. V: Schulze, E. D. (ur.), Carbon and Nitrogen Cycling in European Forest Ecosystems. (Ecological Studies, 142). Springer: 49-62

Schall P., Lödige C., Beck M., Ammer C. 2012. Biomass allocation to roots and shoots is more sensitive to shade and drought in European beech than in Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 266: 246-253

Skovsgaard J. P., Nord-Larsen T. 2012. Biomass, basic density and biomass expansion factor functions for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Denmark. *European Journal of Forest Research*, 131: 1035-1053

Stober C., George E., Persson H. 2000. Root growth and response to nitrogen. V: Carbon and Nitrogen Cycling in European Forest Ecosystems. Schulze, E. D. (ur.). (Ecological Studies, 142). Springer: 99-121

Šifrant za opis sestoja in odseka. 2000. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije,

Teobaldelli M., Somogyi Z., Migliavacca M., Usoltsev V. A. 2009. Generalized functions of biomass expansion factors for conifers and broadleaved by stand age, growing stock and site index. *Forest Ecology and Management*, 257: 1004-1013

Urbančič M., Kopal M., Vilhar U., Simončič P. 2009. Zaloge organske snovi v izbranih sestojih na bukovih rastiščih. V: Trajnostna raba lesa v kontekstu sonaravnega gospodarjenja z gozdovi. (Studia forestalia Slovenica, 135). Humar M., Kraigher H. (ur.). Ljubljana, Silva Slovenica: 19 – 29

Vyskot M. 1981. Biomass of the tree layer of a spruce forest in the Bohemian Uplands. Praha, Academia: 396 str.

Zianis D., Muukkonen P., Mäkipää R., Mencuccini M. 2005. Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. *Silva Fennica, Monographs*, 4: 63 str.

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 sonaravnega gospodarjenja z gozdovi, (Studia forestalia Slovenica, 135). Humar M., Kraigher H. (ur.). Ljubljana, Silva Slovenica: 31 - 40

Železnik P., Stojanova D., Kraigher H. 2011. Organization of fine root data obtained from minirhizotrons and ingrowth soil cores (how to construct an operational database using MS Access). Zbornik gozdarstva in lesarstva, 95: 37-44

ZAHVALA

Najprej bi se zahvalil mentorju doc.dr. Alešu Kaduncu za idejo, usmeritve in pomoč pri izdelavi diplomske naloge. Za recenzijski pregled diplomske naloge se zahvaljujem prof. dr. Robertu Brusu in za tehnični pregled mag. Maji Božič.

Zahvaljujem se tudi vodji krajevne enote Podturn, Ivanu Plutu, ter revirnima gozdarjema Antonu Avguštinu in Jošku Finku.

Za nasvete in pomoč na terenu se zahvaljujem Anžetu Kresetu in Primožu Mezmarčiču.