

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

Dušan BOMBAČ

**RAST MACESNA (*Larix decidua* Mill.) NA STRMIH
POBOČJIH V KAMNIŠKI BISTRICI**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2012

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

Dušan BOMBAČ

**RAST MACESNA (*Larix decidua* Mill.) NA STRMIH POBOČJIH V
KAMNIŠKI BISTRICI**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**GROWTH OF EUROPEAN LARCH (*Larix decidua* Mill.) ON STEEP
SLOPES IN KAMNIŠKA BISTRICA**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Podatki so bili pridobljeni na terenu v gozdnogospodarski enoti Kamniška Bistrica in Kamnik, krajevna enota Kamnik, območna enota Zavoda za gozdove Ljubljana.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani je dne 19. 10. 2009 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Aleša Kadunca, za recenzenta pa prof. dr. Jurija Diacija.

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 tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Dušan Bombač

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	GDK 524:147.7Larix decidua Mill.(043.2)=163.6
KG	višinska rast/debelinska rast/skrajno rastišče/macesen/ <i>Larix decidua</i> Mill Kamniška Bistrica
AV	BOMBAČ, Dušan
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	RAST MACESNA NA STRMIH POBOČJIH V KAMNIŠKI BISTRICI
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 34 str., 9 pregl., 14 sl., 1 pril., 20 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	

Delo predstavlja analizo dinamike rasti macesna (*Larix decidua* Mill.) na strmih pobočjih v varovalnem gozdu v dolini Kamniške Bistrice v višinskem pasu med 1300 m n. v. in 1400 m n. v. V analizo so bila zajeta drevesa s skrajnih rastišč, kjer macesen skupaj z navadnim slečnikom tvori združbo *Rhodothamno chamaecisti - Laricetum deciduae*. Za primerjavo rastišča je bila opravljena še analiza dinamike rasti macesna v gospodarskem gozdu na primerljivi nadmorski višini, na planoti Velika planina, kjer je macesen primešan sestojem bukve in smreke. Ugotovljeno je bilo, da macesen na skrajnih legah prirašča enakomerno, vendar občutno počasneje kot na boljših legah. Najstarejša drevesa na najbolj izpostavljenih legah dočakajo visoke starosti, tudi preko 200 let. Socialni razred in utesnjenost krošnje sta dejavnika, ki pomembno vplivata na debelinsko in višinsko rast. Za večji del macesnov ni bila potrjena odvisnost njihovega radialnega priraščanja od klimatskih spremenljivk.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC FDC 524:147.7*Larix decidua* Mill.(043.2)=163.6
- CX height growth/diameter growth/extreme site/European larch/*Larix decidua* Mill./Kamniška Bistrica
- AU BOMBAČ, Dušan
- 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 GROWTH OF EUROPEAN LARCH ON STEEP SLOPES IN KAMNIŠKA BISTRICA
- DT Graduation Thesis (Higher Professional Studies)
- NO IX, 34 p., 9 tab., 14 fig., 1 ann., 20 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB

The thesis represents an analysis of European larch (*Larix decidua* Mill.) growth dynamics on steep slopes of the Kamniška Bistrica valley in a protective forest in the zone between 1300 m and 1400 m above sea level. The analysis has included trees in extreme site conditions, where European larch together with Dwarf Alpenrose (*Rhodotamnus chamaecistus*) creates the vegetation community *Rhodotamnno chamaecisti- Laricetum deciduae*. For comparison of acquired data an analysis of European larch growth in a managed forest at comparable elevation above sea level on the Velika Planina plateau, where European larch is mixed into beech and spruce stands. It has been established that European larch on exposed sites has a steady growing, however it is much slower than on more favourable sites. The oldest trees on the most exposed sites reach quite an advanced age, also over 200 years. The social class and crowding of the tree canopy are factors which have significant impact on radial and height growth. The influence of climate factors on tree ring width was insignificant for the majority of larch trees.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
2 NAMEN NALOGE.....	3
3 OPIS RAZISKOVANIH OBJEKTOV	4
3.1 OPIS GEOLOŠKE IN PEDOLOŠKE SESTAVE TAL.....	4
3.2 OPIS PODNEBNIH ZNAČILNOSTI	4
3.3 OPIS RASTLINSKIH ZDRUŽB.....	5
4 SISTEMATIKA, MORFOLOGIJA IN EKOLOGIJA MACESNA	10
5 METODE DE LA.....	12
5.1 IZBIRA RAZISKOVALNIH OBJEKTOV	12
5.2 TERENSKÉ IZMERE	13
5.3 RASTNE ANALIZE.....	16
6 REZULTATI.....	18
6.1 STAROSTNA IN DEBELINSKA STRUKTURA ANALIZIRANIH DREVES	18
6.2 VIŠINSKA RAST.....	19
6.3 DEBELINSKA RAST	22
6.4 ODVISNOST ŠIRINE BRANIK OD KLIMATSKIH SPREMENLJIVK	24
6.5 ODVISNOST RASTNIH SPREMENLJIVK OD ZNAČILNOSTI DREVES IN RASTIŠČ	29
7 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	31
7.1 RAZPRAVA	31
7.2 SKLEPI.....	32
8 POVZETEK	34

9	LITERATURA IN VIRI	36
	ZAHVALA.....	38
	PRILOGA.....	1

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnovni podatki o analiziranih lokacijah	13
Preglednica 2: Relativne frekvence (v %) dreves glede na debelinsko stopnjo in starostni razred	18
Preglednica 3: Povprečna starost analiziranih dreves v času kulminacije (tekočega) radialnega prirastka.....	23
Preglednica 4: Deleži dreves (v %) glede na število kulminacij po legah in starostnih razredih	24
Preglednica 5: Deleži dreves (v %) glede na značilnost korelacije za posamezne tipe branik po različnih klimatskih spremenljivkah.....	25
Preglednica 6: Deleži dreves (v %) glede na značilnost korelacije med osnovno širino branike in klimatskimi spremenljivkami glede na lego in velikost krošnje	26
Preglednica 7: Deleži dreves (v %) glede na značilnost korelacije med osnovno širino branike in klimatskimi spremenljivkami glede na ekspozicijo	27
Preglednica 8: Bivariatni odnosi med rastnimi spremenljivkami in značilnostmi drevja in rastišč (starost je kovariata; število zvezdic označuje stopnjo tveganja); n=75	29
Preglednica 9: Odvisnost rastnih spremenljivk od značilnosti drevja in rastišč (parametri multivariatne regresijske analize).....	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Tipični varovalni gozdovi macesna (<i>Larix decidua</i> Mill.) na strmih pobočjih nad dolino Kamniške Bistrice	3
Slika 2: Na najbolj izpostavljenih legah v pasu med 1000 in 1400 m n. v. nad dolino Kamniške Bistrice v pobočju Velike planine se med travinjem pojavljajo posamezna macesnova drevesa	6
Slika 3: Na nekoliko manj strmih in suhih legah nad dolino Kamniške Bistrice v pobočju Velike planine se v pasu med 1000 in 1400 m n. v. oblikujejo svetli macesnovi sestoji z bujno zeliščno in grmovno plastjo	7
Slika 4: Na planoti Velike planine je macesen prisoten v obliki manjših sestojev in šopov na zanj bolj ugodnih lokacijah med sestoji smreke in bukve	8
Slika 5: Na zaraščajočih pašnikih na Veliki planini se kot pionirska drevesna vrsta pojavlja macesen	9
Slika 6: Macesen (<i>Larix decidua</i> Mill.), vejica s storžki iz prejšnjega leta.....	11
Slika 7: Posamezna macesnova drevesa najdejo svoj rastni prostor tudi v prepadnih stenah	15
Slika 8: Odvisnost prsnega premera dreves od starosti po legah	19
Slika 9: Višinska rast macesna na neskrainih legah	20
Slika 10: Višinska rast macesna na skrajnih legah	21
Slika 11: Višinska rast macesna po legah (gre za prilagojene krivulje višinskih rasti po vseh ploskvah za obe legi).....	22
Slika 12: Debelinska rast glede na lego in dolžino krošnje.....	24
Slika 13: Odvisnost števila značilnih povezav med širino branik in klimatskimi spremenljivkami od starosti.....	28
Slika 14: Odvisnost števila značilnih povezav med širino branik in klimatskimi spremenljivkami od naklona.....	28

KAZALO PRILOG

Priloga A: Regresijski parametri po slikah.....	1
---	---

1 UVOD

Macesen (*Larix decidua* Mill.) je drevesna vrsta, ki v našem okolju zavzema manjši delež v skupni drevesni sestavi, njegov les pa je izjemno cenjen in gospodarsko zanimiv. Prav zato preseneča, da je bilo opravljenih sorazmerno malo študij na temo macesna kot drevesne vrste, kot tudi študij na temo gojenja in upravljanja z macesnovimi sestoji ter sestoji s pomembnim deležem macesna. Povpraševanje po macesnovem lesu je ves čas veliko in tudi cena, ki jo dosega, ohranja sorazmerno vrednost, kar za druge gospodarske vrste lesa ne velja vedno. Še večji pa postaja pomen macesna oziroma njegovih sestojev v času, ko gozdove čedalje bolj cenimo po njihovih ekoloških in socialnih funkcijah, lesno-proizvodna funkcija pa postaja le enakovredna ostalim.

V varovalnih gozdovih na izpostavljenih gorskih legah je pomen gozda z vidika varovanja narave, še posebej voda, v času podnebnih sprememb izjemno velik. Ravno macesen je tista drevesna vrsta, ki naseljuje občutljive gorske habitate. V teh okoljih opravlja svojo vlogo varovanja pred erozijo, zadrževanja plazov in tudi vode, z močnim koreninskim prepletom zagotavlja zeleno pokrovnost v strmih skalnih pobočjih, ne nazadnje je pomembna tudi estetska vloga macesnovih sestojev v gorskih turističnih okoljih.

Kot gospodarsko zanimiva vrsta se macesen pogosto pojavlja izven svojih naravnih rastišč. V preteklosti se ga je s sajenjem pospeševalo tako v alpskem svetu, kot tudi po nižinah, podvrsto sudetskega macesna celo v Slovenskih goricah in Halozah.

Po poročilu Zavoda za gozdove o gozdovih za leto 2010 (Poročilo ..., 2011) predstavlja delež macesna v skupni zalogi v Sloveniji 1,2 %, v zadnjih desetih letih pa se je njegov delež v skupni zalogi zmanjšal za 0,1 %.

Naravna rastišča alpskega macesna so v Sloveniji na jugovzhodnem robu njegovega areala, predstavljajo pa ostanke nekoč večjega ledenodobnega področja poselitve. V dolini Kamniške Bistrice so na višjih pobočjih v strmih legah lepi sestoji macesnovih varovalnih gozdov, na najvišjih legah tvori skupaj z rušjem gozdno mejo. Tudi na Veliki planini je macesen pogost v bukovih in smrekovih sestojih, na zaraščajočih pašnikih deloma tvori tudi samostojne sestoje, proti vrhu planine pa oblikuje gozdno mejo. Ti sestoji so bili predmet naše raziskave.

V pričujoči nalogi nameravamo torej proučiti razlike med macesnovimi sestoji na boljših rastiščih v gorskem svetu in sestoji na izpostavljenih, ekstremnih rastiščih na gorskih pobočjih, kjer tudi macesen kot prilagojena drevesna vrsta prihaja do svojih skrajnih meja. Izbrane opazovane ploskve so geografsko gledano zelo blizu, rastiščne razmere na strmih pobočjih nad dolino Kamniške Bistrice ter na alpski kraški planoti Velika planina pa med seboj zelo različne. Na izbranih lokacijah na skrajnih legah alpske doline se macesen

pojavlja kot glavni graditelj sestojev, na boljših rastiščih na planotah blizu gozdne meje pa tekmuje z ostalimi prilagojenimi drevesnimi vrstami na njihovih naravnih rastiščih, predvsem z bukvijo, pa tudi smreko. Rast macesna na gozdni meji je pri nas do neke mere dobro proučena (Jakop in Kosmač, 1997, Primožič, 2001, Pagon R., 2004, Pagon J., 2006, Levanič, 2005a, Levanič, 2005b, Firm in sod., 2007), neraziskana pa so rastišča macesna na skrajnih legah v pobočjih na skalnih policah in v ostenjih na višjih nadmorskih višinah.

2 NAMEN NALOGE

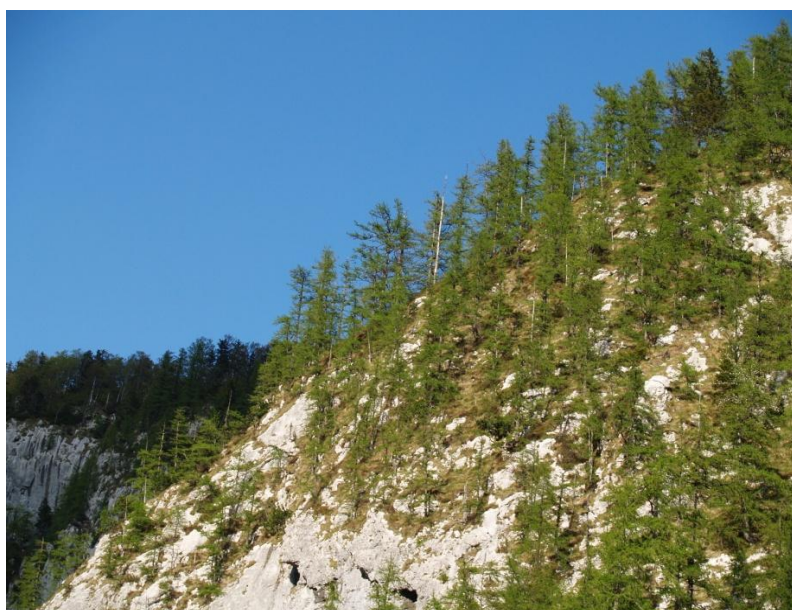
Namen naloge je proučiti višinsko rast in debelinsko priraščanje macesna na skrajnih rastiščih na pobočjih alpske doline Kamniška Bistrica na nadmorskih višinah nad 1300 metrov. Za primerjavo dobljenih rezultatov pa je potrebno proučiti tudi priraščanje macesnovih dreves na boljših, neizpostavljenih rastiščih v primerljivih geografskih pogojih.

Cilji naloge so:

- analizirati starostno strukturo macesnovih dreves,
- analizirati priraščanje v višino in debelino macesna na skrajnih legah,
- primerjati rast macesnovih dreves s skrajnih rastišč z rastjo na neskrainih legah podobne nadmorske višine in
- ovrednotiti vpliv različnih klimatskih in topografskih dejavnikov ter drevesnih značilnosti na rast macesna.

Pri tem bomo preverili naslednje hipoteze:

1. na skalnih policah macesen le izjemoma preseže starost 100 let, saj obstaja precejšnja verjetnost, da drevo prej propade,
2. konkurenca (obdanost krošnje s sosednjimi drevesi) ima zanemarljiv učinek na debelinski prirastek macesnov na skrajnih legah in
3. višina macesnov na skrajnih legah je vsaj za tretjino nižja (pri isti starosti) kot višina macesnov v gospodarskem gozdu na primerljivi nadmorski višini.



Slika 1: Tipični varovalni gozdovi macesna (*Larix decidua* Mill.) na strmih pobočjih nad dolino Kamniške Bistrice

3 OPIS RAZISKOVANIH OBJEKTOV

Drevesa, ki smo jih izbrali za analizo, oziroma njihova rastišča smo izbirali naključno v dveh geomorfološko gledano povsem različnih okoljih, ki pa so v prostoru dovolj blizu, da za obe veljajo enake podnebne razmere in geološka podlaga.

3.1 OPIS GEOLOŠKE IN PEDOLOŠKE SESTAVE TAL

Opis geoloških in pedoloških značilnosti obravnavanega področja je povzet po Marinčku (1987). Matična podlaga Kamniško-Savinjskih Alp so triasni apnenci, nekaj je dolomita in starejših, silikatnih kamenin.

Na strmih skalnih prisojnih pobočjih visoko nad dolino Kamniške Bistrice, med 800 in 1400 m n. v., so na dolomitni podlagi plitve rendzine, ponekod le ozke razpoke in žepi, ki nudijo prostor za (skromno) vegetacijo. Skalovitost znaša od 50 do 70 %, talna plast je zelo plitva, razen v ozkih kaminih in na skalnih policah je plast prsti debela do 30 cm. Tla so nestabilna, erozija je močna. Zaradi naklona je odtekanje meteornih voda hitro, tla so v vegetacijski dobi topla in suha. Prisojna lega in velik naklon povzročata osuševanje tal tudi v zimskem obdobju.

Na planoti Velika planina je matična podlaga dolomitna z plitvimi do srednje globokimi rendzinami. Tu je na površinah pod 1500 m n. v., ki jih porašča gozd, globina tal srednja, skalovitost znaša od 10 do 20 %. Tla so rahla, odcejanje vode je zaradi propustnosti tal veliko. Zaradi ostrih podnebnih razmer je razgradnja humusa upočasnjena, zato se ponekod pojavljajo manjše površine kisljih tal. Gre za površine do nekaj kvadratnih metrov, ki pa se od okolja ločijo po značilni vegetaciji. Na odprtih površinah pašnikov v zaraščanju pa so tla bolj zbita in nepropustna. Zaradi kraške narave tal je izpiranje prsti veliko, tla so močno skeletirana, globina tal je nižja kot na gozdnih površinah.

Razgiban teren in ostre podnebne razmere, ki vplivajo tudi na razvoj tal v visokogorskem svetu, oblikujejo mozaik mikrorastišč, ki vplivajo na razvoj vegetacije. Že majhne razlike v talnem reliefu, ekspozicija in podobno določajo pogoje za klitje semen in razvoj mladja. Zato v visokogorskem svetu običajno srečamo pestro strukturo gozda tudi znotraj istih sintaksonov (Diaci, 2006).

3.2 OPIS PODNEBNIH ZNAČILNOSTI

Opis podnebja obravnavanega področja je povzet po Marinčku (1987). Podnebje Kamniško-Savinjskih Alp je celinsko. Krajevne podnebne značilnosti pa so tipične za alpske doline. Za Kamniško Bistrico velja, da je zelo bogata s padavinami, ki so precej enakomerno porazdeljene skozi vse leto. Najmanj padavin je februarja in marca, največ pa

v jesenskem obdobju, predvsem v oktobru in novembru, precej padavin pa je tudi juniju, torej v obdobju intenzivne vegetacije. Pogoste so nevihte v poletnem času, zime pa so bile vsaj v preteklosti bogate s snegom. Dolgoletno povprečje padavin je v dolini Kamniške Bistrice nad 1500 mm, kar je dovolj za razvoj tipičnih rastlinskih združb, ki uspevajo v okoljih s povprečjem nad 1200 mm padavin letno. Daljših sušnih obdobj v alpskih dolinah in na planotah nad njimi ni. Na višjih legah debelina snežne odeje lahko presega 1 meter, sneg ostaja dolgo v pomlad, kar je neugodno za rastlinske vrste z dolgo vegetacijsko dobo.

Letne povprečne temperature v dolini Kamniške Bistrice z naraščajočo nadmorsko višino hitro padajo in so na višini okoli 1500 m n. v. že za nekaj stopinj nižje. Poletne temperature so lahko zelo visoke, saj v dolino prodira topel zrak Ljubljanske kotline, zimske pa nizke; mesečna povprečja zimskih mesecev so okoli 0°C. Lege na pobočjih v toplih mesecih ogreva topel vzgonski veter. Na splošno velja, da so pobočne lege in planote močno preprišne. Severni in severovzhodni veter v zimskem času povzročata izjemno nizke temperature, območja mrazišč na Veliki planini so znana po ekstremno nizkih temperaturah. V območjih depresij na planini tudi v poletnem času temperatura ostaja nižja od okolice.

Na višjih legah so značilna daljša obdobja z meglo, v jesenskem času pa je značilna inverzija, ko temperature tudi v pozni jeseni ostajajo na ravni poletnih. Relativna zračna vlaga je skozi vse leto visoka.

Klimatske podatke za lege na višinah okoli 1400 m n. v. nad dolino Kamniške Bistrice smo pridobili z meteorološke postaje Krvavec, ki je od izbranih leg oddaljena okoli 10 km zračne razdalje ter se nahaja na nadmorski višini 1740 m n. v.

Petdesetletno povprečje letnih temperatur je za nadmorsko višino 1740 m n. v. v Kamniških Alpah (meteorološka postaja Krvavec) okoli 3,5°C, povprečne temperature v vegetacijski dobi pa 7,8°C. Prav tako petdesetletno merjenje padavin na isti meteorološki postaji kaže, da znaša povprečna letna količina padavin 1497 mm, v vegetacijski dobi pa 1005 mm (Vičar, 2012).

3.3 OPIS RASTLINSKIH ZDRUŽB

Po raziskavah, ki so jih opravili Dakskobler in sod. (2010), so v Sloveniji naravna macesnovja razširjena na 3161 ha, kar predstavlja 0,3 % skupne gozdne površine. Večji del so razširjena v Julijskih Alpah, v Kamniško Savinjskih Alpah jih je približno tretjino, najmanjši delež pa v Karavankah. Naravna macesnovja so razvrščena v asociacijo *Rhodothamno-Laricetum*, združba macesna z navadnim slečnikom. V tej združbi je od drevesnih vrst macesen zastopan z deležem nad 50 % in konkurira ostalim drevesnim vrstam.

V dolini Kamniške Bistrice so naravna macesnovja razširjena predvsem v pasu nad 1600 m n. v., predvsem na prisojnih legah. Čistih macesnovih sestojev je sorazmerno malo, več ga je primešanega v sestojih z prevladujočo bukvijo in smreko (Gozdnogospodarski načrt ..., 2008).

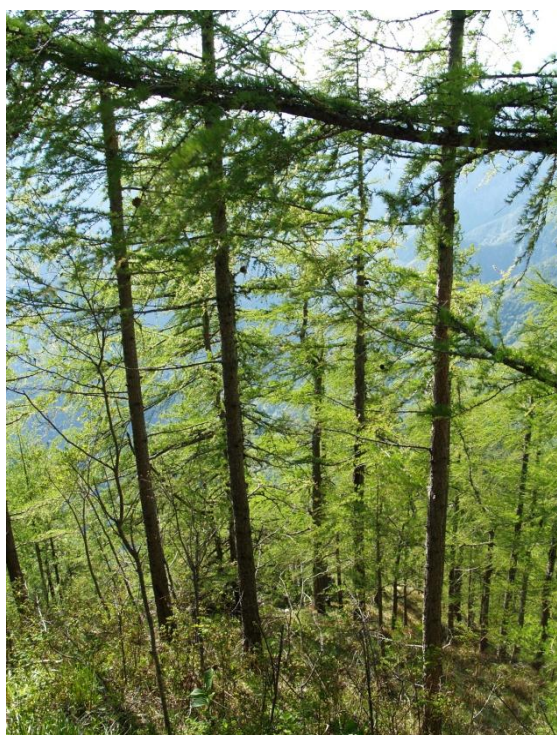
Na strmih, prepadnih pobočjih nad dolino Kamniške Bistrice se na izbranih lokacijah pojavlja združba vednozelenega šaša in pisane vilovine (*Seslerio-Caricetum sempervirens*). Združbo sestavljata vednozeleni šaš (*Carex sempervirens*) in pisana vilovina (*Sesleria caerulea*). Med travinje so pomešane tipične alpske cvetnice, na policah in manj strmih predelih pa se zasajajo grmovne vrste in redka drevesa. Od drevesnih vrst v skrajnih rastiščnih razmerah uspeva le macesen. Na prisojnih, nekoliko manj strmih delih se pojavlja tudi bukev (*Fagus sylvatica*), ki pa ne dosega večjih višin in je tipične sabljaste rasti. Posamezno se na strminah med macesne pomešata še jerebika (*Sorbus aucuparia*) in mokovec (*Sorbus aria*), v ozkih jaških z večjo talno vlago se pojavlja gorski javor (*Acer pseudoplatanus*). Na majhnih policah v ostenjih je ob macesnu prisoten še alpski nagnoj (*Laburnum alpinum*), ki podobno prenaša slabe rastne pogoje. Drevesa se na strmini pojavljajo posamič, v položnejših in vlažnejših predelih oblikujejo redke in presvetljene sestoj. Grmovne vrste v podrasti na osojnih legah so navadni volčin (*Daphne mezereum*), velikolistna vrba (*Salix apendiculata*), navadna krhlika (*Frangula alnus*), alpsko kosteničevje (*Lonicera alpigena*), na prisojnih legah posamič rušje (*Pinus mugo*), dlakavi sleč (*Rhododendron hirsutum*) ter kimastoplodni šipek (*Rosa pendulina*).



Slika 2: Na najbolj izpostavljenih legah v pasu med 1000 in 1400 m n. v. nad dolino Kamniške Bistrice v pobočju Velike planine se med travinjem pojavljajo posamezna macesnova drevesa

V posameznih področjih pa macesen oblikuje bolj strnjene sestoj, v drevesni plasti njegova zastornost presega 50 %. Ti naravni gozdni sestoji so v zadnjih letih predmet nekaterih raziskav (Dakskobler, 2006), v katerih se ti sestoji ne obravnavajo več kot asociacija *Rhodothamno-Rhododendretum laricetosum*. Ta združba se v naših gorah

pojavlja v višjih pasovih, povsem na skrajni gozdni meji. Macesen na skrajnih rastiščih nad dolino Kamniške Bistrice pa se pojavlja v pasu od 1000 do 1400 m n. v. v tako ekstremnih rastiščnih pogojih, da poleg njega ne uspeva nobena druga drevesna vrsta. Tu se macesen obnavlja skozi več generacij in je istočasno v vlogi pionirja in klimaksne vrste. Po floristični sestavi so ti sestoji sicer podobni sestojem na višjih legah, nad 1600 m n. v., vendar so po zastoru v drevesni plasti, predvsem pa po svoji vlogi v gozdarskem in krajinskem smislu toliko drugačni, da je predlagano (Dakskobler, 2006), da se jih razvršča v ločeno asociacijo *Rhodothamno chamaecisti-Laricetum deciduae*, torej združbo navadnega slečnika z macesnom. Tudi na videz združba deluje kot macesnovja na višjih legah, manjši je le delež grmovnih vrst v podrasti.



Slika 3: Na nekoliko manj strmih in suhih legah nad dolino Kamniške Bistrice v pobočju Velike planine se v pasu med 1000 in 1400 m n. v. oblikujejo svetli macesnovi sestoji z bujno zeliščno in grmovno plastjo

Ko se teren na robu poravna v gorsko planoto Velika planina, se rastiščne razmere spremenijo in omogočajo razvoj gozdnih sestojev bukovih visokogorskih gozdov. Prevladujoča združba je *Anemone trifolium-Fagetum*, bukev s trilistno vetrnico (Marinček, 1987). Bukev je prevladujoča drevesna vrsta, velik je delež smreke, manjši delež v drevesni sestavi sestojev predstavlja gorski javor. Macesen je na nadmorski višini do 1500 m n. v., na dobrih rastiščih kot svetloljubna vrsta povsem nekonkurenčen bukvi in smreki. V sestojih je primešan posamično v sestojnih vrzelih, kjer zaradi podlage bukev zaostaja v rasti. Povsem drugače pa macesen konkurira kot pionirska vrsta na področjih, poškodovanih od vetrolomov ali snegolomov, ali pa na površinah po goloseku. Tu macesen

kot izrazito pionirska vrsta hitreje kot bukev izkoristi rastne razmere, še posebej svetlobo, in jo prehiti v rasti. Podobno se macesen hitreje kot bukev uveljavlja na opuščenih ali zaraščajočih pašnikih. Ravno mešani sestoji macesna in podstojne bukve ali pa mešani sestoji macesna in smreke so na Veliki planini nastali na tak način. Macesen je tekmece prehitel v rasti in se uveljavil, občasna paša pa je na takšnih površinah še dodatno zmanjšala delež bukve; živina jo namreč močno objeda. Občasna paša je razlog tudi za bolj učinkovito nasemenitev macesna; le-ta na težkih in od paše zbitih tleh klije učinkoviteje kot bukev ali smreka. Pogosto so površine za pašo pridobili s požiganjem, macesen pa je vrsta, ki mu zelo ustrezajo tla na pogoriščih in na takšnih površinah prehiti ostale drevesne vrste.

Na Veliki planini je nekaj naravnega smrečja, združba *Adenostylo-Picetum*, smrečja z dlakavim lepenom. V tej asociaciji macesna skoraj ne najdemo.



Slika 4: Na planoti Velike planine je macesen prisoten v obliki manjših sestojev in šopov na zanj bolj ugodnih lokacijah med sestoji smreke in bukve

Z naraščajočo nadmorsko višino macesen postaja vse bolj konkurenčen in na višinah nad 1500 m n. v. tvori skupaj z dlakavim slečem in rušjem združbo dlakavega sleča z rušjem in macesnom, *Rhododendro hirsuti-Pinetum mugo laricetum*. Tu so posamični macesni in jerebike, ki pa ne dosežajo višin preko 12 metrov. Omejujoč dejavnik je najverjetneje veter, ki na bolj izpostavljenih legah zaradi konstantne smeri povzroča močno nagnjeno rast ali pa lomljenje vrhov. V zatišnih legah, predvsem v večjih vrtačah, lahko macesen dosega večje višine in oblikuje nekoliko bolj sklenjene sestoje, kljub temu pa ne presega višine 16 metrov. Na splošno pa ta združba deluje bolj kot grmišče s posameznimi drevesi, ki pa se glede na profil tal združujejo v večje ali manjše šope.



Slika 5: Na zaraščajočih pašnikih na Veliki planini se kot pionirska drevesna vrsta pojavlja macesen

Macesen se tako pojavlja v vseh višinskih pasovih od 1000 do 1600 m n. v., vendar je njegov delež v drevesni sestavi večji le na rastiščih, kjer ostale drevesne in grmovne vrste omagajo. V največji meri so to strma pobočja na višinah med 1000 in 1400 m n. v. ter rastišča nad 1500 m n. v. z dovolj sonca in vetra.

Kot eden izmed izločujočih dejavnikov smreke na višjih nadmorskih višinah, v asociaciji *Rhodothamno-Laricetum*, se pojavlja slečeva rja (*Chrysomyxa rhododendri*), ki močno zavira rast smreke. V l. 2010, ko smo opravljali prvi del meritev na terenu, je bila slečeva rja močno prisotna na večini smrekovih dreves v pasu nad 1500 m n. v., gre za še en dejavnik, ki pomaga macesnu v konkurenčnem boju na gozdni meji.

4 SISTEMATIKA, MORFOLOGIJA IN EKOLOGIJA MACESNA

Macesen (*Larix decidua* Mill.) je do 40 m visoko drevo, z močno razvitim koreninskim sistemom in močno glavno korenino, iglavec, ki pa mu pozimi iglice odpadejo. Dosega visoke starosti in je na zanj ugodnih rastiščih izjemno odporna in na vremenske pogoje prilagojena drevesna vrsta (Brus, 2005).

Rad ima globoka, zračna ter mineralno bogata tla. Suha in zbita tla mu ne ugajajo, lahko pa ga najdemo tudi na nestabilnih in neutrenjenih tleh. V nižjih legah zahteva visoko talno vlago, v višjih legah glede tega ni občutljiv.

Macesen je izrazito svetloljubna drevesna vrsta. Ker ne prenese tekmecev tudi znotraj vrste, so čisti macesnovi sestoji svetli in zračni. Strme in izpostavljene pobočne lege alpskih dolin so rastišča, kjer macesen uveljavlja še eno od svojih zahtev, prevetrenost krošnje. Prav zato ne uspeva v zatišnih legah in dolinah s pogosto meglo.

Zelo dobro prenaša mraz in kratko vegetacijsko dobo, dobro prenaša močan veter, ker pa v zimskem času odvrže iglice, ga ne motijo večje količine snega, ki so pogoste v alpskem svetu.

Je pionirska vrsta, ki vsako leto odvrže veliko količino semena, zato je prvi, ki v višjih legah zarašča površine, poškodovane od požarov, vetrolomov, plazov. Macesen je drevesna vrsta, ki hitro zarašča opuščene visokogorske pašnike.

Macesen je srednjeevropska vrsta, ki ima deljen areal, poznamo štiri geografske podvrste oz. rase: alpski, karpatski, sudetski in poljski. Alpski macesen, ki je avtohtona drevesna vrsta pri nas, na svojih naravnih rastiščih porašča predvsem višje lege Julijskih, Kamniško Savinjskih Alp in Karavank, največ ga je v legah na nadmorskih višinah okoli 1600 m (Brus, 2005).



Slika 6: Macesen (*Larix decidua* Mill.), vejica s storžki iz prejšnjega leta

5 METODE DELA

5.1 IZBIRA RAZISKOVALNIH OBJEKTOV

Izbira raziskovalnih lokacij oziroma v najbolj skrajnih legah posameznih dreves je bila večji del naključna, osnovno vodilo je bila primerjava skrajnih rastišč z boljšimi rastišči v primerljivih podnebnih razmerah.

Kot skrajna rastišča so bila izbrane površine z naklonom nad 40° (Preglednica 1), z močno poudarjeno skalovitostjo, globino tal med 10 in 30 centimetri, najbolj izražen omejujoč dejavnik pa je rastni prostor korenin. Glede na izpostavljenost terena je vpliv vetra velik, izsuševanje tal je zaradi hitrega odcejanja padavinske vode in majhne globine tal veliko, rastni prostor krošnje poleg ostalih dreves zaradi velike nagnjenosti omejuje tudi teren. Konkurenca je med osebki iste vrste, torej posamezna macesnova drevesa med seboj. Drevesa za analize so bila izbrana na površini velikosti 30 ha po metodi slučajne izbire. Del dreves je bilo izbranih zaradi značilnega skrajnega rastišča na skalni polici s povsem omejenim prostorom za rast korenin, z naklonom terena nad 70° . Sestoji na skrajnih rastiščih so v gozdnogospodarskem načrtu izločeni kot varovalni gozdovi, na teh površinah se v preteklosti nikoli ni izvajalo intenzivno gospodarjenje, velikopovršinske motnje so bile naravno pogojene (žled, vetrolom, gozdni požari zaradi udara strele).

Primerljiva boljša rastišča so predstavljale izbrane površine z naklonom od 0 do 40° (Preglednica 1), z dovolj velikim ravnim prostorom tako v krošnji kot v koreninskem prostoru. Konkurenca je medvrstna, macesnu na boljših rastiščih konkurirajo osebki iste vrste, kot tudi osebki drugih drevesnih vrst. Drevesa za analizo so bila izbrana na površini velikosti 50 ha, po metodi slučajne izbire. Sestoji na boljših rastiščih so razvrščeni v gospodarski gozd, poleg sečnje ima na razvoj sestojev intenziven vpliv tudi paša živine. Z gozdovi se je v preteklosti gospodarilo večjepovršinsko, predvsem kot krčenje gozda za pridobivanje pašnih površin ali pa kot kmečko prebiranje, ko so iz sestoja izločena najboljše drevesa. Pri gospodarjenju so pospeševali iglavce, ravno macesen so pogosto puščali kot semenjake na izkrčenih površinah.

Preglednica 1: Osnovni podatki o analiziranih lokacijah

Ploskev/ lokacija	Naklon (°)	Nadm. višina(m)	Skalovitost (%)	Ekspozicija	Št. analiziranih dreves	Status skrajnosti
1	60	1390	50	Nw	2	da
2	49	1380	60	S	6	da
3	71	1370	80	S	8	da
4	10	1390	57	S	6	ne
5	80	1385	100	N	2	da
6	63	1380	50	W	8	da
7	5	1410	20	Sw	4	ne
8	10	1410	5	0	12	ne
9	10	1415	30	S	10	ne
10	50	1380	18	W	5	da
11	17	1450	10	W	1	ne
12	24	1550	30	Ssw	6	ne
13	48	1405	20	N	2	da
14	13	1400	60	Sw	3	ne

5.2 TERENSKÉ IZMERE

Za izvedbo naloge je bilo potrebno pridobiti vhodne podatke s terena, opis lokacij in pogojev, v katerih je rastlo izbrano drevo, ter podatke o izbranem drevesu, ki smo jih pridobili z debelno analizo.

Točke vsakega drevesa oziroma skupine dreves, ki so rastla dovolj skupaj, smo določili s koordinatami v GPRS sistemu.

Pri opisu lokacije so bili izmerjeni oziroma ocenjeni naslednji podatki: naklon terena (°), skalovitost (%), ekspozicija, nadmorska višina (na 10 m iz karte glede na geokoordinate) ter relief terena.

Pri drevesih iz sestojev smo določili razvojno fazo.

Vsakemu drevesu smo izmerili prsni premer ter ocenili naslednje znake:

- Socialni razred po Kraftovi 5-stopenjski lestvici (Assmann, 1961):
 1. nadvladajoča drevesa,
 2. vladajoča drevesa,
 3. sovladajoča drevesa,
 4. obvladana drevesa in
 5. podstojna.
- Obdanost krošnje (Assmann, 1961):
 1. popolnoma sproščeno drevo,
 2. dotik s sosednjimi drevesi na $\frac{1}{4}$ površine krošnje,

3. dotik na $\frac{2}{4}$ površine,
 4. dotik na $\frac{3}{4}$ in
 5. nad $\frac{3}{4}$.
- Dolžina krošnje:
1. daljša od $\frac{1}{2}$ od drevesne višine,
 2. je dolga med $\frac{1}{2}$ in $\frac{1}{3}$ drevesne višine in
 3. je krajša od $\frac{1}{3}$ drevesne višine.
- Velikost krošnje (Assmann, 1961):
1. krošnja je izredno velika,
 2. krošnja je normalno velika in simetrična,
 3. krošnja je normalno velika, vendar asimetrična,
 4. krošnja je premajhna in
 5. krošnja je izredno majhna.

Pri drevesih smo zabeležili še morebitno poškodovanost ali druge posebnosti. Pogost pojav na skrajnih rastiščih je bil zlomljen vrh ali dvovrhatost. Tudi poškodovanost debla, predvsem iz zgornje strani zaradi padajočega kamenja in skal, je pogosta na drevju v velikih nagibi. S poškodovanostjo debla je povezana trohnoba. Na izpostavljenih legah je pogosta poškodba zaradi udarca strele. Pri vsakem drevesu smo na vseh prerezih beležili pojav trohnobe in kolesivosti.

Vsa izbrana drevesa smo posekali in na njih izvedli standardne debelne analize. Ob poseku smo zabeležili tudi pričetek krošnje (na 0,1 m natančno). Na podlagi poznanega pričetka krošnje in višine drevesa smo izračunali delež krošnje.

Za debelno analizo smo podrli 75 dreves, od tega 32 na skrajnih oziroma ekstremnih rastiščih. Pri večini dreves smo uspeli pridobiti kolute s prerezov po segmentih po 1 m do vrha. Pri drevesih z boljših rastišč so bili pridobljeni koluti s prerezov po običajni dolžini za krojene hlode, to je 4,2 m, v delu krošnje, kjer pa deblo ni več zanimivo za gospodarsko uporabo, pa so bili prerezi narejeni na razdalji po 1 m.

Na nekaterih skrajnih rastiščih je bilo pridobivanje kolutov za debelno analizo zaradi zahtevnosti terena nekoliko težje. Po podrtju je drevo omahnilo v globino, zato smo na nekaj drevesih lahko pridobili le kolut s prsne višine, kjer je bil napravljen rez za podiranje, nato pa še kolut s panja.

Pri vseh drevesih je bila izmerjena višina. Pri tistih drevesih, ki so po podiranju omahnila v prepadno globino, smo višino pred podiranjem ocenili na 0,3 m natančno. Pri ocenjevanju

višine smo si pomagali s palico z znano višino, ki smo jo prislonili k drevesu, nato pa z razdalje ocenili višino drevesa.

Za dopolnitev naloge s podatki s povsem skrajnih rastišč, je bilo v nalogo vključenih nekaj dreves, ki so rastle na skalnih policah v skalnih stenah. Gre za mikororastišča, kjer ni prostora za več dreves skupaj, temveč za majhne police, kjer se v skoraj navpični steni oblikuje prostor za koreninski sistem. Korenine takšnih dreves se razvijajo v skalne razpoke v steni, rastiščni pogoji glede hranil in vode so skrčeni na minimum, dovolj pa je svetlobe in toplote. Drevesa v takšnih pogojih priraščajo izjemno počasi, vendar enakomerno. Zaradi velike občutljivosti takšnih rastišč je bilo v analizo vključenih le toliko dreves, da smo pridobili podatke za primerjavo skrajnih rastišč v strmih pobočjih in rastišč na skalnih policah v prepadni steni.



Slika 7: Posamezna macesnova drevesa najdejo svoj rasti prostor tudi v prepadnih stenah

5.3 RASTNE ANALIZE

Na podlagi debelnih analiz smo ugotovili višinsko in debelinsko (radialno) rast dreves. Za nekaj dreves, kjer pri poseku nismo uspeli zadržati debla in smo zato razpolagali le z dvema odrezkoma, smo izvedli le analizo debelinskega priraščanja.

Pri analizah višinske in debelinske rasti v življenjski dobi smo uporabili funkcijo Chapman-Richarda (Zeide, 1993):

$$Y = a \times (1 - \exp(-b \times X))^c \quad \dots(1)$$

Odrezke s prsne višine smo uporabili za dendrokronološko analizo. S pomočjo programa Windendro smo analizirali širino branik v štirih smereh in za kasnejše analize uporabili povprečje teh štirih smeri. Ugotovljene širine branik smo korelirali z meteorološkimi podatki, izmerjenimi na meteorološki postaji Krvavec (Vičar, 2012). Pri analizi meteoroloških spremenljivk smo testirali vpliv povprečne temperature v času vegetacije (april-oktober), povprečne letne temperature, vsote padavin v času vegetacije in celoletne vsote padavin. V prvem koraku smo korelirali širino tekoče branike s klimo v tekočem letu, v drugem koraku pa smo korelirali braniko v tekočem letu s klimo predhodnega leta. Kot odvisno spremenljivko širine branik smo uporabili osnovne (surove, netransformirane) branike, ostanke branik (razlike med dejanskimi in prilagojenimi vrednostmi, za prilagoditev smo uporabili polinom tretje stopnje) in indeksne vrednosti (gre za razmerje med dejansko in prilagojeno širino branike).

Iz vrednotili smo tudi bivariatne in multivariatne odnose med odzivnimi (odvisnimi) rastnimi spremenljivkami ter rastiščnimi spremenljivkami oziroma značilnostmi dreves. S pomočjo korelacijske analize (za pare zveznih spremenljivk) in s pomočjo analize kovariance (za kombinacijo kategorialne in zvezne spremenljivke) smo preverili, kateri drevesni in kateri rastiščni dejavniki vplivajo na izbrano rastne spremenljivke (Preglednica 8). Vselej smo kot kovariato uporabili starost. Kot rastne spremenljivke smo izbrali povprečno širino branike, povprečni višinski prirastek, debelinski prirastek zadnjih 20 let (DI_{20}) in temeljnični prirastek zadnjih 20 let (BAI_{20}). Izmed drevesnih spremenljivk smo preverili socialni razred (dihotomna spremenljivka; nadvladajoče in vladajoče drevje ima vrednost 1; ostali imajo vrednost 0), velikost krošnje (dihotomna spremenljivka; izredno velike in normalno velike, simetrične krošnje imajo kodo 1 oziroma oznako velike krošnje; ostale imajo kodo 0, v nadaljevanju majhne krošnje), delež krošnje, obdanost krošnje (dihotomna spremenljivka; drevesa razreda 1 in 2 dobijo kodo 1; ostala drevesa imajo kodo 0), prisotnost trohnobe (dihotomna spremenljivka; trohnoba prisotna in trohnobe ni) in poškodovanost vrha (dihotomna spremenljivka; vrh nepoškodovan in vrh poškodovan). Med rastiščnimi dejavniki smo preizkusili vpliv ekspozicije (tvorili smo dve spremenljivki;

prisojna lega, ki deli lege na prisojne in ostale, ter osojna lega, ki deli lege na osojne in ostale), nadmorske višine, skalovitosti in naklona.

Pri multivariatni regresijski analizi smo izbrali *stepwise* metodo. Kot odvisne spremenljivke smo uporabili že omenjene štiri rastne spremenljivke, kot neodvisne spremenljivke pa smo preizkusili starost in pa vse v zgornjem odstavku naveden drevesne in rastiščne spremenljivke. Rezultati so tako robustni, da kljub temu, da ploskev nismo upoštevali kot samostojne spremenljivke, lahko dobljene rezultate sprejmemo kot verodostojne.

Pri analizi rezultatov smo uporabili programe: Win dendro, Excell in PASW version 18.

6 REZULTATI

6.1 STAROSTNA IN DEBELINSKA STRUKTURA ANALIZIRANIH DREVES

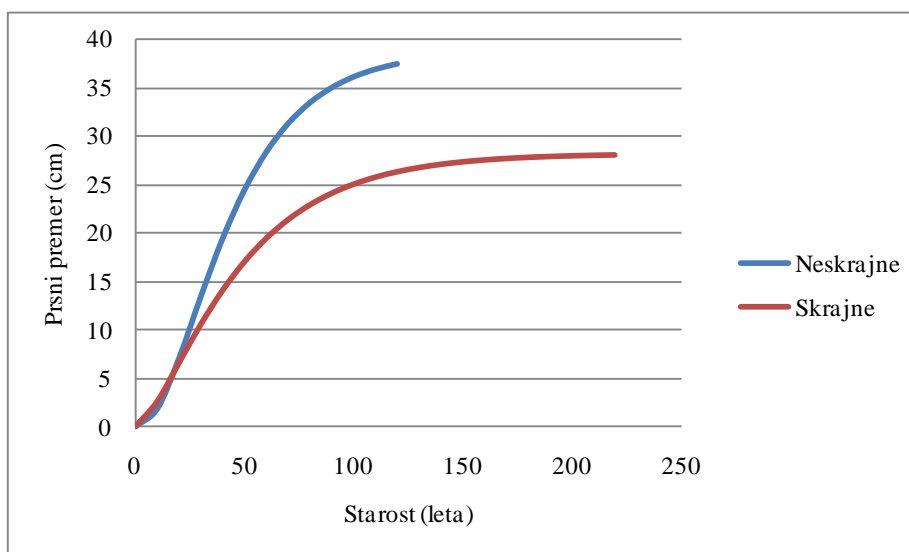
Analiza starosti je pokazala, da najdebelejša drevesa niso tudi zelo stara (Preglednica 2). Sorazmerno debela drevesa pa ravno zaradi hitre rasti v mladosti na neskrajnih legah najdemo že v starostnem razredu med 60 in 80 let. Najstarejše drevje smo analizirali na skrajnih legah, kljub visoki starosti pa ni dosegalo večjih debelin (nad 30–35 cm).

Preglednica 2: Relativne frekvence (v %) dreves glede na debelinsko stopnjo in starostni razred

Deb. stopnja	Starostni razred (leta)						Skupaj analiziranih dreves (n)
	21–40	41–60	61–80	81–100	101–120	121+	
2	75,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8
3	72,7	27,3	0,0	0,0	0,0	0,0	11
4	87,5	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	8
5	12,5	18,8	43,8	0,0	6,3	18,8	16
6	9,1	18,2	36,4	9,1	9,1	18,2	11
7	0,0	0,0	84,6	0,0	7,7	7,7	13
8	0,0	20,0	80,0	0,0	0,0	0,0	5
9-11	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	3
Skupaj neskrajno	14,0	18,6	65,1	0,0	0,0	2,3	43
Skupaj skrajno	56,3	12,5	3,1	3,1	9,4	15,6	32
Skupaj	32,0	16,0	38,7	1,3	4,0	8,0	75

Na skrajnih rastiščih tudi zelo staro drevje ni debelo (Slika 8). Regresijski parametri so podani v prilogi. Že po 20. letu starosti debelinska rast na skrajnih rastiščih opazno zaostaja glede na neskrajna rastišča. Analiza macesnovih dreves na izpostavljenih rastiščih je pokazala, da tudi najstarejša drevesa ne presegajo prsnih premerov nad 30 cm. Značilna je hitra rast do 20. leta starosti, potem sledi obdobje do 100. leta, ko debelinska rast enakomerno upada, po 100. letu pa se skoraj ustavi. Macesen na boljših rastiščih enakomerno debelinsko prirašča do starosti 60 let in šele nato nekoliko umiri debelinsko rast.

Debelinska rast dreves je odvisna od drevesne vrste, rastišča in rastnega prostora. Pri analizi debelinskega priraščanja macesna na skrajnih in neizpostavljenih rastiščih smo ugotovili, da rastišče bistveno vpliva na debelinsko priraščanje.



Slika 8: Odvisnost prsnega premera dreves od starosti po legah

6.2 VIŠINSKA RAST

V prvem koraku prikazujemo višinsko rast macesna na neskrajnih legah (Slika 9). Regresijski parametri so podani v prilogah (Priloga 1).

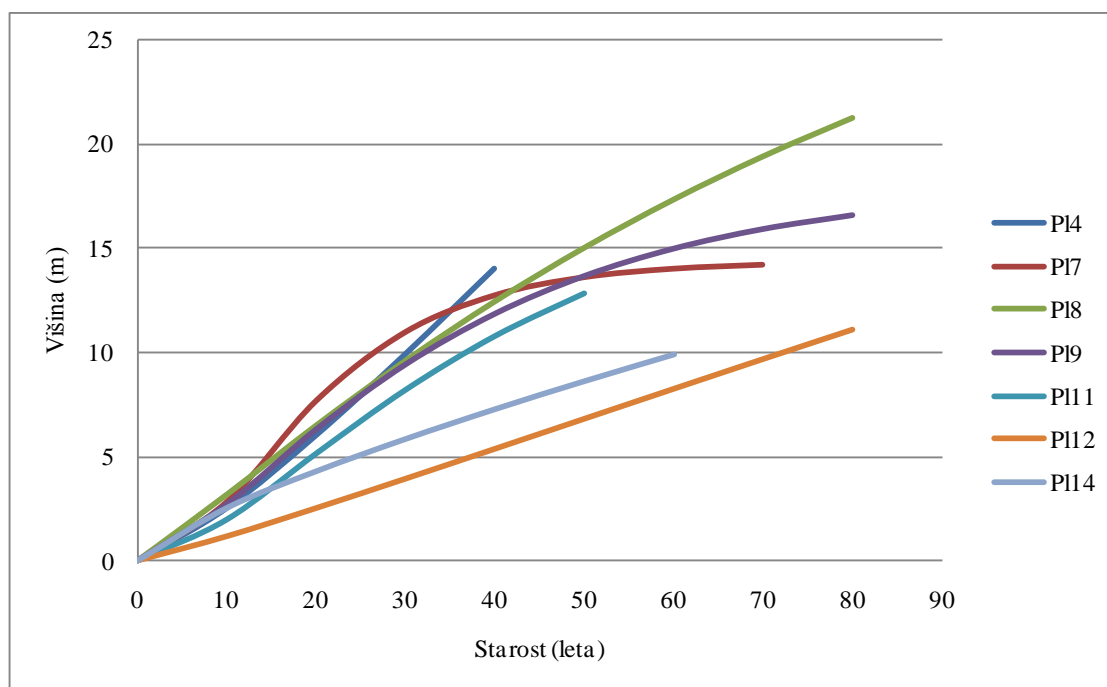
Višinska rast na neskrajnih legah je precej značilno enakomerna. Odstopanja na posameznih ploskvah pa so pogojena z različnimi dejavniki. Lokacija ploskve št. 7 je na robu nad strmim pobočjem. Razlog za zaustavitev višinske rasti po 40. letu so verjetno sorazmerno močni pobočni vzgonski vetrovi. Tudi sicer je rastišče na robu planote slabše od rastišč v notranjosti, kljub temu da je globina tal oz. rastni prostor v tleh primerljiv. Razlike nastajajo zaradi vetrov, večjega izsuševanja tal zaradi odtekanja vode in osvetljenosti tal.

Višinska rast dreves na ploskvi 12 je sicer značilno enakomerna, kar velja za neskrajna rastišča, vendar pa se nahaja na občutno višji nadmorski višini, 1550 m n. v., kar je razlog, da drevesa na tej ploskvi višinsko priraščajo značilno počasneje od dreves na nadmorski višini okoli 1400 m n. v.

Drevesa na ploskvi št. 14 pa imajo precej utesnjen rastni prostor v tleh, skalovitost je 60 %, kar ploskev, ki sicer velja za boljše rastišče, vsaj v enem dejavniku ločuje od ostalih. To se kaže tudi v sicer enakomerni, vendar upočasnjeni višinski rasti macesnovih dreves.

Odstopanje višinskega priraščanja macesnovih dreves na teh treh lokacijah kaže na značilno pojavljanje mikrorastišč znotraj istih sestojev v visokogorskem svetu. Različna ekspozicija, povečana skalovitost na mali površini, manjša vrtača in podobni pojavi

ustvarjajo različne rastiščne razmere, zaradi česar drevesa iste vrste na teh mikrolokacijah različno hitro priraščajo. To vodi k oblikovanju značilne šopaste rasti sestojev v visokogorju.



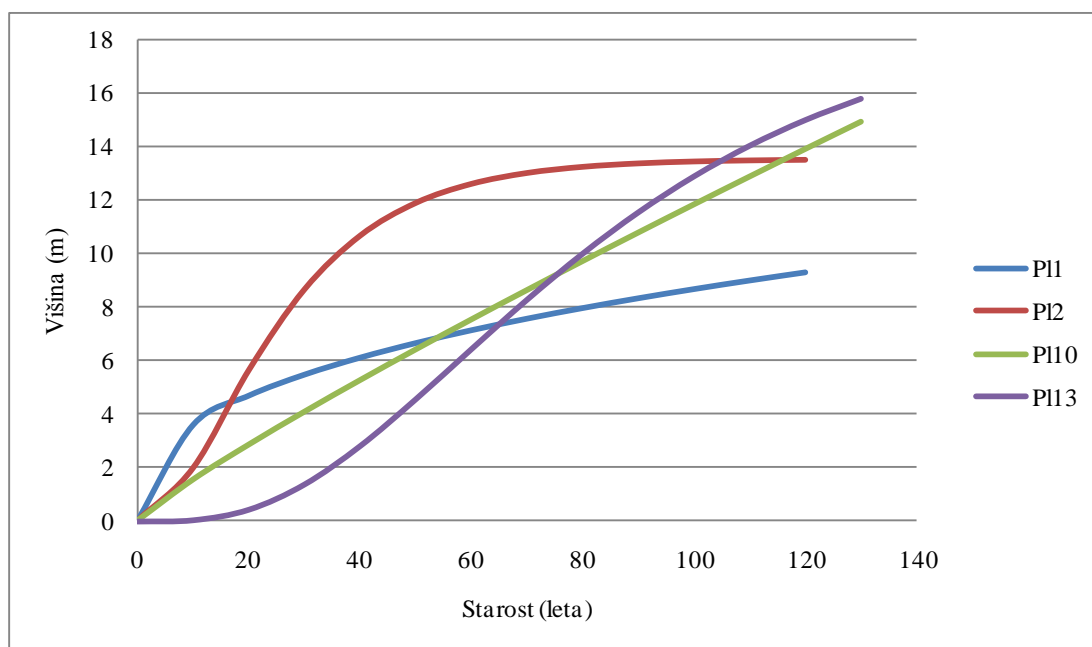
Slika 9: Višinska rast macesna na neskrainih legah

Pri macesnu na neskrainih legah razpolagamo z višinskimi krivuljami le za štiri lokacije (slika 10). Regresijski parametri so podani v prilogi.

Razlog za višinske krivulje le štirih lokacij je v tem, da smo na skrajnih rastiščih zaradi velikega naklona in s tem zelo otežene sečnje del dreves za analizo izpustili. Pri sečnji smo uspeli pridobiti le podatek iz prsne višine drevesa, panja in ocenjeno višino. Zgornji del dreves iz najbolj izpostavljenih rastišč je običajno pri sečnji padel v globino.

Kljub temu pa iz analize pridobljenih podatkov lahko razberemo precejšnje odstopanje višinskega prirastka dreves na skrajnih legah glede na drevesa na neskrainih rastiščih. Višinska rast dreves je na ploskvah glede na razliko v ekspoziciji nekoliko različna, severne lege imajo nekoliko slabše višinsko priraščanje v mladosti, kasneje pa prehitijo drevesa na južnih in zahodnih legah. Vendar pa je višinska rast na skrajnih legah sorazmerno enakomerna tudi še v pozni starosti dreves, ko presežejo 100 let. Kulminacija višinske rasti lahko nastopi pri macesnu na skrajnih legah zelo pozno, pri 150 let in več.

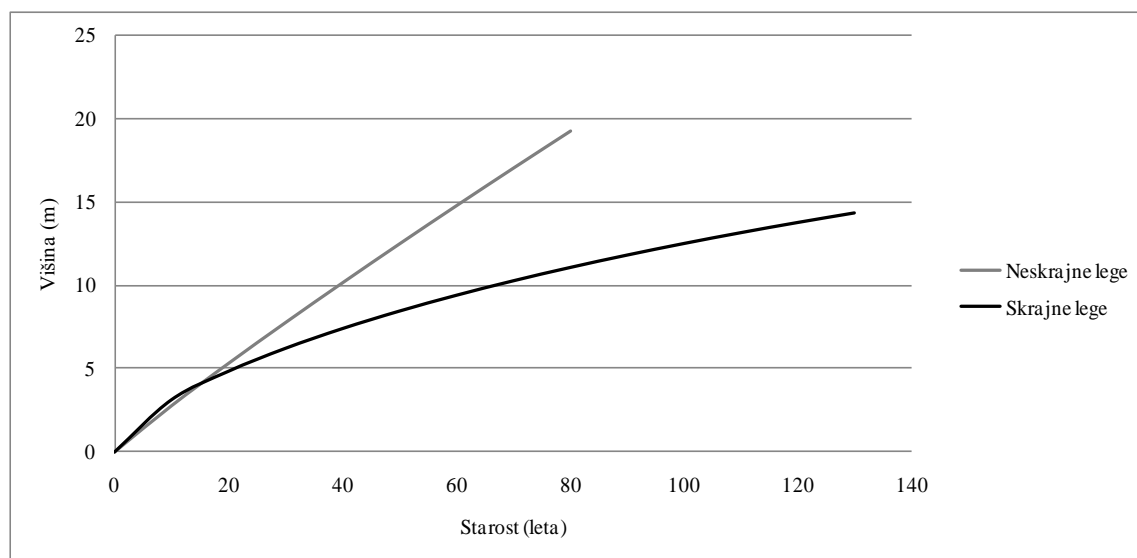
Opazna pa je razlika pri višinah, ki jih dosega drevesa na skrajnih legah glede na drevesa iz neskrajnih leg. Macesen na skrajnih legah (na naših ploskvah) redko presega 15 metrov višine.



Slika 10: Višinska rast macesna na skrajnih legah

Za primerjavo prikazujemo še višinsko rast macesna na skrajnih in neskrajnih legah, pri čemer smo vse lokacije združili po stratumih (Slika 11). Regresijski parametri so podani v prilogah (Priloga 1). Pri analizi podatkov višinske rasti na rastiščih, združenih v stratume (stratum skrajnih in stratum neskrajnih rastišč), se je potrdila teza, ki smo jo določili pri analizi višinskega priraščanja po posameznih ploskvah. Skrajna rastišča macesna značilno odstopajo od neskrajnih rastišč glede višinske rasti, vendar šele po starosti dreves 20 let. Do starosti 20 let je višinska rast v obeh stratumih skoraj enaka, po tej starosti pa drevje iz stratuma skrajnih rastišč višinsko prirašča počasneje in tudi v poznih starosti, več kot 120 let ne preseže višine 15 metrov. Drevesa iz stratuma neskrajnih rastišč višino 15 metrov dosežejo že pri 60 letih, njihova končna višina lahko preseže 30 metrov.

Da drevesa iz obeh stratumov do starosti 20 let priraščajo podobno hitro, je verjetno potrebno pripisati velikemu ravnemu zagonu mladih dreves.



Slika 11: Višinska rast macesna po legah (gre za prilagojene krivulje višinskih rasti po vseh ploskvah za obe legi)

6.3 DEBELINSKA RAST

Analiza letnih radialnih prirastkov je pokazala, da drevesa na skrajnih rastiščih kulminirajo kasneje (Preglednica 3). Ne glede na lego sproščeno drevje kulminira nekaj let prej kot obdano.

Zaradi počasnejšega priraščanja dreves na skrajnih rastiščih dosegajo kulminacijo višinske in debelinske rasti mnogo kasneje kot drevesa na boljših rastiščih. Vrsta omejujočih dejavnikov, predvsem manjša količina vlage v tleh, večji temperaturne skrajnosti, manjša količina hranil v tleh, majhen rastni prostor v tleh in podobno, zavirajo rast dreves na skrajnih rastiščih. Posledica je, da so drevesa na takšnih rastiščih nižja in manj debela, kot drevesa na boljših rastiščih, kulminacija pa nastopi pozneje. Zelo groba ocena kaže, da so macesnova drevesa skrajnih rastišč za polovico nižja in za polovico tanjša kot drevesa na boljših rastiščih v primerljivih klimatskih razmerah. Ravno tako zelo groba ocena nastopa kulminacije višinske in debelinske rasti macesna na skrajnih rastiščih kaže, da le-ta nastopi enkrat bolj pozno, kot pri macesnu na boljših rastiščih.

Ne glede na lego pa velja, da pozitivna sprememba ravnih dejavnikov običajno pozitivno vpliva na priraščanje. Obdanost krošnje je negativen dejavnik na boljših in slabših rastiščih. Manjša obdanost krošnje, še posebej pri macesnu kot izrazito svetloljubni vrsti, pozitivno vpliva na priraščanje tako v debelino, kot višino.

Na splošno je macesen tako svetloljubna vrsta, da pod zastorom sploh ne uspeva. Zaradi močnega izločanja v mladju in letvenjakih so tudi odrasli macesnovi sestoji redki in

presvetljeni. Pri določanju utesnjenosti smo sicer uporabljali običajne razvrstitve, vendar pri macesnu popolna obdanost krošnje ne pomeni isto kot pri bolj prilagodljivih vrstah, npr. jelki in bukvi. Macesnova drevesa v sestojih rastejo toliko bolj narazen, da se tudi pri popolni obdanosti krošnje ne prepletajo, ampak zapolnjujejo le ves razpoložljiv prostor. Sproščenost krošenj pri macesnu pomeni, da so le-te povsem osvetljene v celi višini.

Preglednica 3: Povprečna starost analiziranih dreves v času kulminacije (tekočega) radialnega prirastka

Lega	Kategorija obdanosti	Št. dreves	Ar. sredina (leta)
Neskrajna	Obdano	22	23,82
	Sproščeno	21	19,00
	Skupaj	43	21,47
Skrajna	Obdano	15	27,53
	Sproščeno	17	21,00
	Skupaj	32	24,06
Skupaj	Obdano	37	25,32
	Sproščeno	38	19,89
	Skupaj	75	22,57

Drevje ima lahko več kot eno kulminacijo v tekočem radialnem prirastku. Ker dosežena starost (življenjska) doba lahko vpliva na število kulminacij, prikazujemo deleže dreves glede na število kulminacij po starostnih razredih (Preglednica 4).

Daljša rastna obdobja dreves na skrajnih rastiščih so razlog, da kulminacija debelinske rasti lahko nastopi večkrat v življenjski dobi dreves, medtem ko pri drevesih na neskrajnih rastiščih le-ta nastopi enkrat ali največ dvakrat.

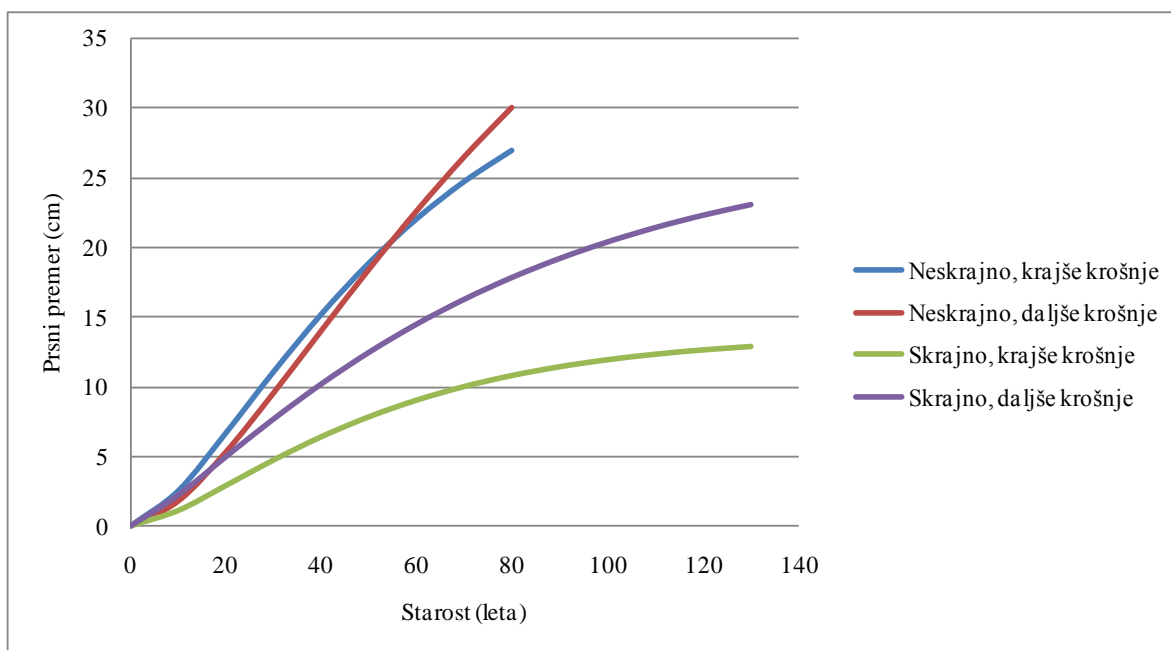
Pri drevju na skrajnih legah je zaradi daljše dobe priraščanja tudi večja možnost sprememb dejavnikov, ki vplivajo na rast. Pozitivna sprememba kakšnega od bistvenih dejavnikov lahko vpliva na ponoven nastop kulminacije rasti tudi v kasnejših obdobjih.

Na skrajnih rastiščih so pogoji hitro na kritični točki za uspevanje oziroma rast, zato se rastni ritem lahko spremeni večkrat. Po drugi strani pa se rastni pogoji za drevje ne neskrajnih legah lahko spremenijo (večkrat) na račun poseka konkurentov, kar lahko povzroči ponoven vzpon radialnega prirastka. Vendar na naših analiziranih neskrajnih lokacijah večjih oziroma pogostih sečenj niso izvajali.

Preglednica 4: Deleži dreves (v %) glede na število kulminacij po legah in starostnih razredih

Starostni razred	1 kulminacija		2 kulminaciji		3 kulminacije		4 kulminacije	
	neskrajne	skrajne	neskrajne	skrajne	neskrajne	skrajne	neskrajne	skrajne
21-40	66,7	72,2	33,3	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0
41-60	75,0	25,0	25,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0
61-80	71,4	100,0	25,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0
81-100	-	0,0	-	0,0	-	100,0	-	0,0
101-120	-	33,3	-	33,3	-	33,3	-	0,0
121+	0,0	40,0	100,0	0,0	0,0	40,0	0,0	20,0

Ker na debelinsko rast vplivajo dimenzije krošnje, prikazujemo omenjeno rast po legah ločeno za krajše krošnje (dolžina krošnje je manjša od 75 % višine drevesa) in daljše krošnje (dolžina krošnje dosega ali presega 75 % višine drevesa) (Slika 12). Regresijski parametri so podani v prilogi. Iz slike je očitno, da je debelinska rast na skrajnih legah počasnejša. Drevje z relativno daljšimi krošnjami dosega hitrejšo debelinsko rast, kar se zlasti pozna na skrajnih rastiščih.



Slika 12: Debelinska rast glede na lego in dolžino krošnje

6.4 ODVISNOST ŠIRINE BRANIK OD KLIMATSKIH SPREMENLJIVK

Analiza je pokazala, da večina dreves ne kaže odvisnosti od izbranih klimatskih spremenljivk (Preglednica 5). Pokazalo se je, da se branike pogosteje odzivajo na količino padavin kot na temperaturne razmere. Prevladujejo pozitivne korelacije. Z odstranitvijo trenda (razvojne komponente) nismo dosegli večje odzivnosti branik, ampak celo manjšo. Poudariti pa velja, da je v našem vzorcu precej dreves še zelo mladih, kar pomeni, da so

manj senzitivni za klimatske razmere. Velikih razlik med analizo glede na tekoče ali predhodno leto ni, kar pomeni, da je persistenca v branikah nezanemarljiva (časovna avtokorelacija).

Preglednica 5: Deleži dreves (v %) glede na značilnost korelacije za posamezne tipe branik po različnih klimatskih spremenljivkah

Tip branike	Korelacija	Tekoče leto				Predhodnje leto			
		Temp.-veg. doba	Temp.-leto	Pad.-veg. doba	Pad.-leto	Temp.-veg. doba	Temp.-leto	Pad.-veg. doba	Pad.-leto
Osnovna	negativna	10,7	5,3	5,3	8,0	16,0	8,0	4,0	8,0
	neznačilna	69,3	88,0	65,3	53,3	68,0	81,3	68,0	56,0
	pozitivna	20,0	6,7	29,3	38,7	16,0	10,7	28,0	36,0
Ostanek	negativna	1,3	0,0	2,7	4,0	1,3	1,3	5,3	6,7
	neznačilna	84,0	86,7	94,7	90,7	86,7	88,0	89,3	86,7
	pozitivna	14,7	13,3	2,7	5,3	12,0	10,7	5,3	6,7
Indeksna	negativna	1,3	0,0	1,3	4,0	1,3	0,0	5,3	4,0
	neznačilna	85,3	85,3	94,7	88,0	90,7	90,7	89,3	90,7
	pozitivna	13,3	14,7	4,0	8,0	8,0	9,3	5,3	5,3

Nadalje smo preverili, ali se širine branik dreves na skrajnih legah razlikujejo v odzivnosti na klimatske razmere od dreves na neskrajnih legah ter pri tem upoštevali tudi različno velikost krošnje (Preglednica 6). Drevje na skrajnih legah redkeje kaže odvisnost od klimatskih spremenljivk, za kar je lahko več razlogov. Eden je, da je splošna klima za skrajne razmere manj relevantna, saj se denimo večina padavin hitro izgubi, toplotne razmere oziroma sončno obsevanje pa je zaradi velike nagnjenosti terena tudi drugačno. Drug razlog je v tem, da so na skrajnih rastiščih pogosto v primanjkljaju tudi drugi rastni faktorji (hranila), kar pomeni, da drevje tudi ob boljših klimatskih razmerah ne more odreagirati. Izredno zanimiva pa je ugotovitev, da so na neskrajnih legah bolj odzivna drevesa z večjimi krošnjami, na skrajnih legah pa ravno obratno. Manjšo odzivnost dreves z manjšimi krošnjami na neskrajnih legah pojasnjujemo s tem, da je njihova radialna rast zelo pogojena oziroma odmerjena s konkurenco bolj razvitih sosednjih dreves. Drevesa z manjšimi krošnjami so v manjši meri odvisna od zunanje klime in v večji meri od sestojne. Na skrajnih legah pa drevje z manjšimi krošnjami očitno indicira še bolj zaostrene razmere in še večjo ranljivost oziroma s tem senzitivnost za zunanje vplive. Večje krošnje na skrajnih rastiščih so morda pokazatelj sorazmerno dobre uveljavljenosti osebka.

Preglednica 6: Deleži dreves (v %) glede na značilnost korelacije med osnovno širino branike in klimatskimi spremenljivkami glede na lego in velikost krošnje

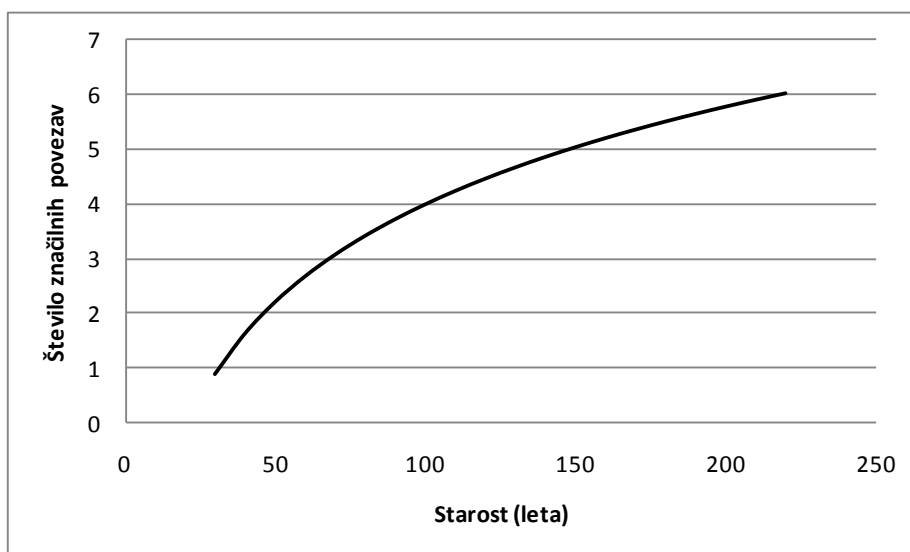
Spremenljivka	Korelacija	Neskrajne lege			Skrajne lege		
		Majhne kr.	Vel.kr.	Skupaj	Majhne kr.	Vel.kr.	Skupaj
Temp.-veg. doba-tekoče	negativna	7,1 %	6,9 %	7,0 %	11,1 %	17,4 %	15,6 %
	neznačilna	78,6 %	62,1 %	67,4 %	66,7 %	73,9 %	71,9 %
	pozitivna	14,3 %	31,0 %	25,6 %	22,2 %	8,7 %	12,5 %
Temp.-leto-tekoče	negativna	0,0 %	13,8 %	9,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	neznačilna	100,0 %	75,9 %	83,7 %	77,8 %	100,0 %	93,8 %
	pozitivna	0,0 %	10,3 %	7,0 %	22,2 %	0,0 %	6,3 %
Pad.-veg. doba-tekoče	negativna	0,0 %	6,9 %	4,7 %	0,0 %	8,7 %	6,3 %
	neznačilna	71,4 %	48,3 %	55,8 %	55,6 %	87,0 %	78,1 %
	pozitivna	28,6 %	44,8 %	39,5 %	44,4 %	4,3 %	15,6 %
Pad.-leto-tekoče	negativna	14,3 %	3,4 %	7,0 %	0,0 %	13,0 %	9,4 %
	neznačilna	50,0 %	41,4 %	44,2 %	44,4 %	73,9 %	65,6 %
	pozitivna	35,7 %	55,2 %	48,8 %	55,6 %	13,0 %	25,0 %
Temp.-veg. doba-predhodno	negativna	14,3 %	10,3 %	11,6 %	0,0 %	30,4 %	21,9 %
	neznačilna	78,6 %	62,1 %	67,4 %	77,8 %	65,2 %	68,8 %
	pozitivna	7,1 %	27,6 %	20,9 %	22,2 %	4,3 %	9,4 %
Temp.-leto-predhodno	negativna	7,1 %	6,9 %	7,0 %	0,0 %	13,0 %	9,4 %
	neznačilna	92,9 %	72,4 %	79,1 %	77,8 %	87,0 %	84,4 %
	pozitivna	0,0 %	20,7 %	14,0 %	22,2 %	0,0 %	6,3 %
Pad.-veg. doba-predhodno	negativna	7,1 %	3,4 %	4,7 %	0,0 %	4,3 %	3,1 %
	neznačilna	57,1 %	62,1 %	60,5 %	55,6 %	87,0 %	78,1 %
	pozitivna	35,7 %	34,5 %	34,9 %	44,4 %	8,7 %	18,8 %
Pad.-leto-predhodno	negativna	14,3 %	3,4 %	7,0 %	0,0 %	13,0 %	9,4 %
	neznačilna	50,0 %	48,3 %	48,8 %	44,4 %	73,9 %	65,6 %
	pozitivna	35,7 %	48,3 %	44,2 %	55,6 %	13,0 %	25,0 %

Zanimalo nas je tudi, ali so razlike v odzivnosti dreves na klimatske spremenljivke med različnimi legami. Razlikovali smo prisojne, osojne in ostale lege (Preglednica 7). Iz podatkov je razvidno, da je bilo večinoma najbolj odzivno drevje na osojnih legah, sledile so prisojne lege. Prevladovala so pozitivne korelacije, zlasti na osojnih legah. Zanimivo, da se je drevje na osojnih legah odzivalo predvsem na količino padavin in zelo šibko na temperature.

Preglednica 7: Deleži dreves (v %) glede na značilnost korelacije med osnovno širino branike in klimatskimi spremenljivkami glede na ekspozicijo

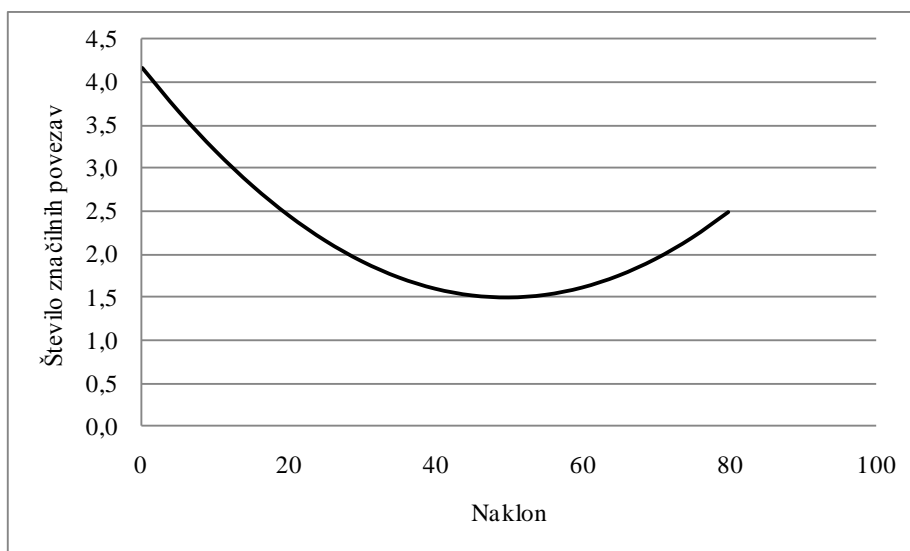
Spremenljivka	Korelacija	Prisojno	Osojno	Drugo	Skupaj
Temp.-veg. doba-tekoče	negativna	11,9 %	14,3 %	7,7 %	10,7 %
	neznačilna	64,3 %	57,1 %	80,8 %	69,3 %
	pozitivna	23,8 %	28,6 %	11,5 %	20,0 %
Temp.-leto-tekoče	negativna	7,1 %	0,0 %	3,8 %	5,3 %
	neznačilna	85,7 %	85,7 %	92,3 %	88,0 %
	pozitivna	7,1 %	14,3 %	3,8 %	6,7 %
Pad.-veg. doba-tekoče	negativna	2,4 %	14,3 %	7,7 %	5,3 %
	neznačilna	64,3 %	42,9 %	73,1 %	65,3 %
	pozitivna	33,3 %	42,9 %	19,2 %	29,3 %
Pad.-leto-tekoče	negativna	2,4 %	14,3 %	15,4 %	8,0 %
	neznačilna	59,5 %	14,3 %	53,8 %	53,3 %
	pozitivna	38,1 %	71,4 %	30,8 %	38,7 %
Temp.-veg. doba-predhodno	negativna	19,0 %	0,0 %	15,4 %	16,0 %
	neznačilna	59,5 %	85,7 %	76,9 %	68,0 %
	pozitivna	21,4 %	14,3 %	7,7 %	16,0 %
Temp.-leto-predhodno	negativna	9,5 %	0,0 %	7,7 %	8,0 %
	neznačilna	76,2 %	85,7 %	88,5 %	81,3 %
	pozitivna	14,3 %	14,3 %	3,8 %	10,7 %
Pad.-veg. doba-predhodno	negativna	0,0 %	14,3 %	7,7 %	4,0 %
	neznačilna	71,4 %	28,6 %	73,1 %	68,0 %
	pozitivna	28,6 %	57,1 %	19,2 %	28,0 %
Pad.-leto-predhodno	negativna	2,4 %	14,3 %	15,4 %	8,0 %
	neznačilna	61,9 %	14,3 %	57,7 %	56,0 %
	pozitivna	35,7 %	71,4 %	26,9 %	36,0 %

Pri posameznem drevesu smo lahko ugotovili od 0 do 8 značilnih odvisnosti klimatskih spremenljivk. Ker nas je zanimalo, ali je število značilnih relacij med osnovnimi širinami branik in klimatskimi spremenljivkami odvisno od starosti dreves, smo izvedli regresijsko analizo (odvisna spremenljivka je število značilnih povezav, neodvisna spremenljivka je starost (Slika 13). Izkaže se, da s staranjem drevje postaja odzivnejše. Regresijski parametri so podani v prilogi.



Slika 13: Odvisnost števila značilnih povezav med širino branik in klimatskimi spremenljivkami od starosti

V naslednjem koraku smo preverili tudi, ali je število značilnih povezav odvisno od skrajnosti rastišča. Izkazalo se je, da je odvisno od naklona (Slika 14). Regresijski parametri so podani v prilogah (Priloga 1). Očitno so najbolj odzivna drevesa na ravnih do blagih terenih, zelo strma pobočja so manj odzivna, izjemno strma pobočja pa spet nekoliko bolj. Za skalovitost pa nismo potrdili vpliva na število značilnih povezav ($P > 0,05$).



Slika 14: Odvisnost števila značilnih povezav med širino branik in klimatskimi spremenljivkami od naklona

6.5 ODVISNOST RASTNIH SPREMENLJIVK OD ZNAČILNOSTI DREVES IN RASTIŠČ

V nadaljevanju smo preizkusili značilnost bivariatnih odnosov med rastnimi spremenljivkami in značilnostmi dreves in sestojev (Preglednica 8). Izkazalo se je, da sta najvplivnejši spremenljivki socialni razred in naklon. Z večjim naklonom so praktično vrednosti vseh rastnih spremenljivk manjše. Naklon vpliva na rastne dejavnike v koreninskem prostoru drevesa. Po drugi strani pa je naklon tisti izločilni dejavnik za drevesa drugih vrst, da omogoča macesnu kot prilagojeni drevesni vrsti poselitev skrajnih lokacij. Boljšo rast pa imajo dominantnejša drevesa od sovladajočih, obvladanih in podstojnih. Na povprečno širino branike in DI_{20} vpliva tudi obdanost drevesa. Vrednost temeljničnega prirastka je znižana pri večji skalovitosti, povprečna širina branike pa pri drevju s trohnobo.

Preglednica 8: Bivariatni odnosi med rastnimi spremenljivkami in značilnostmi drevja in rastišč (starost je kovariata; število zvezdic označuje stopnjo tveganja); $n=75$

Spremenljivka	Povpr. širina branike	Povpr. višinski prirastek	DI_{20}	BAI_{20}	Test
Socialni razred	vpliva***	vpliva***	vpliva***	vpliva***	Analiza kovariance
Velikost krošnje					Analiza kovariance
Delež krošnje					Korelacija
Obdanost krošnje	vpliva*		vpliva*		Analiza kovariance
Prisotnost trohnobe	vpliva*				Analiza kovariance
Poškodovanost vrha					Analiza kovariance
Prisojnost lege					Analiza kovariance
Osojnost lege					Analiza kovariance
Nadmorska višina					Korelacija
Skalovitost				vpliva (-)**	Korelacija
Naklon	vpliva (-)***	vpliva (-)***		vpliva (-)***	Korelacija

Da bi še boljše razumeli, od česa je odvisna rast, smo poleg bivariatnih preizkusov izvedli še multivariatno regresijsko analizo. Za vsako od štirih rastnih spremenljivk smo preverili vpliv že opisanih spremenljivk, ki pa smo jim dodali še starost (Preglednica 9). Starost je praviloma spremenljivka z najmočnejšim vplivom. Višja starost pomeni nižje vrednosti rastnih spremenljivk. Nasprotno velja za socialni razred. Dominantno drevje (višji socialni razred) izkazuje boljše prirastke. Večina rastnih spremenljivk je nižja tudi pri večjem naklonu in na višjih nadmorskih višinah. Temeljnični prirastek je višji pri daljših krošnjah ter pri drevju brez trohnobe, povprečna širina branike pa na prisojnih legah. Z modeli smo pojasnili med 42 in 57 % variabilnosti. Nekoliko več pri obeh parametrih, ki se nanašata na celotno življenjsko obdobje (kumulativni učinki).

Preglednica 9: Odvisnost rastnih spremenljivk od značilnosti drevja in rastišč (parametri multivariatne regresijske analize)

Spremenljivka	Povpr. širina branike			Povpr. višinski prirastek			DI ₂₀			BAI ₂₀		
	β	<i>P</i>	R ²	β	<i>P</i>	R ²	β	<i>P</i>	R ²	β	<i>P</i>	R ²
Konstanta	0,979	0,000	-	1,239	0,000	-	4,859	0,000	-	672,432	0,005	-
Starost	-0,0016	0,000	0,247	-0,002	0,000	0,252	-0,036	0,000	0,288	-	-	-
Soc. razred	0,0703	0,000	0,153	0,053	0,001	0,082	1,335	0,000	0,129	32,149	0,030	0,035
Naklon	-0,0011	0,001	0,079	-0,001	0,000	0,124	-	-	-	-1,924	0,000	0,247
Prisojna lega	0,0470	0,002	0,044	-	-	-	-	-	-			
Nadm. višina	-0,0005	0,005	0,051	-0,001	0,000	0,103	-	-	-	-0,425	0,012	0,055
Delež krošnje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	124,361	0,018	0,061
Trohnoba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-31,094	0,039	0,036
Skupen R ²	0,574			0,561			0,417			0,434		

7 RAZPRAVA IN SKLEPI

7.1 RAZPRAVA

V skladu s pričakovanji se je potrdilo, da je rast na skrajnih, to je v našem primeru zelo strmih terenih občutno počasnejša od primerljivih (isti klimatski režim, nadmorska višina) manj skrajnih rastišč. To velja tako za višinsko kot debelinsko rast.

Na skrajnih rastiščih macesen pogosto ne doživi visoke starosti, saj je pogostost izrednih dogodkov večja (vetrolomi, plazovi ...). Tudi tisti osebki, ki doživijo visoko starost (nad 200 let), ne dosežejo velikih dimenzij. Razlog je v zelo omejenih talnih virih in pa z večjimi dimenzijami se povečuje njegova izpostavljenost abiotskim pojavom.

V naši raziskavi se je pokazal velik vpliv naklona na rastne parametre in precej manjši vpliv nadmorske višine. To je razumljivo, saj smo raziskavo osredotočili na precej ozek razpon nadmorske višine, pri naklonu pa smo težili k temu, da vključimo drevje praktično na vseh terenih, od ravnih do prepadnih.

Velikost in dolžina krošnje oziroma obdanost dreves so se izkazali za zmerno vplivne dejavnike, kar je na skrajnih rastišč po svoje razumljivo. Na velikih strminah so faktor minimuma pogosto talni dejavniki in ne svetloba. Kar se tiče svetlobe ima tudi prostorastoče drevje slabše razmere na zelo strmih (prepadnih) terenih, saj ga vsaj z ene strani zasenčuje teren.

Vpliv na rast macesna imajo tudi poškodbe. To se je posebej pokazalo za trohnobo. V visokogorskem svetu ima drevje pogosto poškodovane tudi vrhove. Takšna drevesa smo iz analiz višinskega priraščanja seveda izločili.

Na neskrainih rastiščih ima na rast dreves vpliv tudi paša goveda. Gre za znano problematiko nedosledne prostorske regulacije rab zemljišč.

Številne študije so pokazale, da je širina branik pri macesnu odvisna od klimatskih pogojev (Levanič, 2005b, Carrer in Urbinati, 2006, Hafner in sod., 2011). V naši raziskavi za velik del dreves nismo ugotovili odvisnosti od izbranih klimatskih spremenljivk. Razlogov za to je več. Eden je, da je precejšen del našega vzorca za tovrstne študije izredno mlad. Drug razlog je, da na širino branik vplivajo še številni drugi dejavniki, posebej pomemben je pojav macesnovega molja (*Zeiraphera diniana* Gn.), ki povzročajo neklimatske variacije v časovni vrsti (Hafner in sod., 2011). Izpostaviti pa velja, da se tudi odziv macesna skozi čas oziroma obdobja spreminja, gre torej za nestacionarno naravo pojava (Levanič, 2005b, Carrer in Urbinati, 2006). Številne študije so pokazale, da se širina branik odziva zlasti na temperature poletnih mesecev (Levanič, 2005b, Carrer in Urbinati, 2006, Hafner in sod., 2011). V naši raziskavi smo se omejili na klimatske spremenljivke, ki se nanašajo na

celoleten okvir ali pa na vegetacijsko dobo. Zato bi veljalo v prihodnje testirati tudi mesečne temperature in padavine. Za izboljšanje testiranja bi morali poiskati tudi relevantne meteorološke podatke za daljši časovni niz kot ga ima postaja na Krvavcu. Hafner in sod. (2011) so se s tem namenom naslonili na meteorološko postajo v bližnji Avstriji. Tako so pridobili daljši časovni niz in dodatne spremenljivke (sončno obsevanje).

Prihodnje raziskave bi veljalo izpeljati še na višjih nadmorskih višinah ter na večjem vzorcu, ki bi pokrival celoten slovenski alpski prostor.

7.2 SKLEPI

Poleg ciljev raziskovalne naloge, ti so raziskati rastno dinamiko macesnovih dreves na izpostavljenih oziroma skrajnih legah na pobočju alpske doline in primerjati rast dreves glede na različne rastiščne dejavnike, je bilo postavljenih nekaj hipotez, ki smo jih z nalogo preizkusili. Hipoteze so bile naslednje:

1. Na skalnih policah macesen le izjemoma preseže starost 100 let, saj obstaja precejšna verjetnost, da drevo prej propade. To hipotezo smo z raziskavo v celoti zavrnil. Analiza starostne strukture dreves je namreč pokazala, da drevesa na skrajnih legah dosegajo višje starosti. Na najbolj izpostavljenih legah, na skalnih policah v prepadu, je bila starost najstarejšega drevesa preko 220 let. Največje izločanje pri macesnu se dogaja v mladosti, ko ga v tekmovanju za rastni prostor izločajo druga drevesa. Bolj ko so rastišča izpostavljena oziroma skrajna, manj možnosti imajo druge drevesne vrste. Na najbolj skrajnih legah macesen tekmuje z osebki znotraj vrste. Na skalnih policah pa praktično ni tekmovalnosti za rastni prostor z drugimi drevesi, zato posamezna drevesa, v kolikor na takšnih rastiščih najdejo dovolj ravnega prostora v tleh, priraščajo zelo počasi, vendar enakomerno do visokih starosti. Te starosti lahko krepko presegajo 100 let.
2. Konkurenca (obdanost krošnje s sosednjimi drevesi) ima zanemarljiv učinek na debelinski prirastek macesnov na skrajnih legah. Tudi to hipotezo smo v celoti zavrnil. Izkazalo se je, da sta bistvena dejavnika, ki vplivata na rastno dinamiko macesnovih dreves, socialni razred in utesnjenost krošnje. Utesnjenost krošnje močno zmanjšuje debelinsko rast dreves. Pri tem pa je potrebno poudariti, da je macesen bistveno bolj občutljiv na utesnjenost kot ostale drevesne vrste. Macesnovi sestoji so zelo presvetljeni, pa je kljub temu rastni prostor v krošnji zapolnjen in se mlajše razvija le v vrzelih. Pod utesnjenostjo krošnje se pri macesnu razume že dotikanje z vejami drugih dreves, sklenjenega sklepa krošnje praktično ne oblikuje.
3. Višina macesnov na skrajnih legah je vsaj za tretjino nižja (pri isti starosti) kot višina macesnov v gospodarskem gozdu na primerljivi nadmorski višini. To hipotezo smo delno potrdili. Analiza višinske rasti macesna na skrajnih legah v primerjavi z macesnom na neskrainih rastiščih je pokazala, da drevesa iz skrajnih rastišč dosegajo pri isti starosti v visokih starostih, nad 100 let, le še polovico višin dreves iz neskrainih

rastišč. Do starosti 20 let pa je višinska rast dreves ne glede na skrajnost rastišča praktično enaka. Razlog je verjetno v velikem ravnem zagonu pri mladih drevesih, tu se kaže svetlobojnost macesna. Sencozdržne drevesne vrste ob neugodnih pogojih dolga leta ostajajo pri tleh, macesen pa kot pionirska vrsta v mladosti hiti v višino, ne glede na talne razmere. Po starosti 20 let (v povprečju) pa se macesnova rast na izpostavljenih rastiščih umiri in začne očitno odstopati od višinske rasti dreves na neskrainih rastiščih. Višinska rast se skoraj povsem ustavi pri 100 letih (povprečno), ko drevesa dosežejo najvišje višine, to je med 15 in 20 metrov.

8 POVZETEK

V raziskavi smo proučili rast macesna (*Larix decidua* Mill.) na strmih pobočjih v dolini Kamniške Bistrice v višinskem pasu med 1300 in 1400 m n. v. Naklon terena, skalovitost in izpostavljenost izbranih lokacij je takšen, da druge drevesne vrste omagajo, macesen pa tvori skupaj s slečnikom asociacijo *Rhodothamno chamaecisti-Laricetum deciduae*, kjer je delež macesna v drevesni plasti 90 %. Ta rastišča smo v raziskavi označili kot skrajna. Za primerjavo podatkov s skrajnih rastišč je bila izvedena še raziskava rasti macesna na neskrainih rastiščih na alpski planoti Velika planina v višinskem pasu med 1400 in 1600 m n.v. Na izbranih lokacijah na neskrainih rastiščih se macesen pojavlja kot drevesna vrsta, ki je z manjšim deležem prisotna v altimontansko-subalpinskih bukovich in smrekovich sestojih.

V okviru raziskave smo analizirali 75 dreves, od tega slabo polovico na skrajnih legah. Na posekanih drevesih je bila izvedena debelna analiza. Na ta način so bili pridobljeni podatki za analizo višinske in debelinske rasti. Pri vseh drevesih so bili izmerjeni ali ocenjeni tudi parametri: višina, socialni razred, obdanost krošnje, velikost krošnje, pričetek krošnje, poškodovanost debla ali vrha ter prisotnost trohnobe. Lokacija posameznega drevesa je bila ocenjena s parametri: naklon, nadmorska višina, skalovitost ter ekspozicija.

Pridobljeni podatki o dinamiki debelinske (radialne) rasti macesna na skrajnih in neskrainih rastiščih so bili v raziskavi korelirani tudi s klimatskimi podatki za obdobje 50 let z meteorološke postaje Krvavec, ki je izbranim lokacijam dovolj blizu, da so podatki primerljivi.

Primerjava debelinske in višinske rasti macesnovih dreves na skrajnih in neskrainih rastiščih je pokazala, da macesen na skrajnih legah debelinsko in višinsko prirašča bistveno počasneje od dreves iste vrste na neskrainih rastiščih. Relativno debela drevesa na neskrainih rastiščih najdemo že v starostnem razredu 60–80 let, na skrajnih rastiščih dreves, debelejših od 30 do 35 cm, praktično ni.

Na skrajnih rastiščih je višinska in debelinska rast enakomerna, vendar počasna. Drevesa ne presežejo 15 (izjemoma 20) m višine, najdebelejša drevesa pa so na izbranih lokacijah dosegla do 30 (izjemoma 35) cm premera v prsni višini.

Ugotovili smo, da velikost krošnje nima večjega vpliva na dinamiko rasti na neskrainih legah, oziroma je vpliv zanemarljiv, na skrajnih legah pa je vpliv velikosti krošnje na priraščanje velik. Tudi vpliv drugih rastnih dejavnikov je na skrajnih rastiščih velik.

V analizo je bilo zajetih nekaj dreves z najbolj skrajnih rastišč. Gre za police v prepadnih stenah, kjer je naklon terena do 90 stopinj, rastiščni prostor v tleh pa skrčen na minimum.

Ugotovili smo, da drevesa na takšnih lokacijah dosegajo izjemne starosti, kljub temu da je njihova višina in debelina majhna. Najstarejše drevo iz takih rastišč je ob višini manj kot 7 metrov doseglo starost preko 220 let.

Po korelaciji pridobljenih podatkov radialnega priraščanja (širin branik) s podatki o povprečnih letnih temperaturah in povprečnih temperaturah v vegetacijski dobi ter količini letnih padavin in padavin v vegetacijski dobi smo ugotovili, da precejšen delež dreves ne kaže odzivnosti na preizkušene klimatske spremenljivke.

Prihodnje raziskave bi veljalo izpeljati še na višjih nadmorskih višinah ter na večjem vzorcu, ki bi pokrival celoten slovenski alpski prostor.

9 LITERATURA IN VIRI

1. Assmann E. 1961. Waldertragskunde. Munchen, BLV Verlagsgesellschaft: 492 str.
2. Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 408 str.
3. Carrer M., Urbinati C. 2006. Long-term change in the sensitivity of tree-ring growth to climate forcing in *Larix decidua*. *New Phytologist*, 170: 861–872
4. Dakskobler I. 2006. Asociacija *Rhodothamno-Laricetum* (Zukrigl 1973) Willner & Zukrigl 1999 v Julijskih Alpah. Razprave IV. razreda SAZU, 47 1: 117–192
5. Dakskobler I., Leban F., Rozman A., Seliškar A. 2010. Distribution of the association *Rhodothamno-Laricetum* in Slovenia. *Flora biologica et geologica*, 51, 4: 165–176
6. Diaci J. 2006. Gojenje gozdov: pragozdovi, sestoji, zvrsti, načrtovanje, izbrana poglavja. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 348 str.
7. Firm D., Rozman A., Diaci J. 2007. Zgradba in razvoj visokogorske vegetacije v gozdnem rezervatu na Dleskovški planoti. V: Jurc, M. (ed.): Podnebne spremembe-vpliv na gozd in gozdarstvo: Climate changes-impact on forest and forestry. (Studia Forestalia Slovenica 130). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 133–151
8. Gozdnogospodarski načrt GGE Kamniška Bistrica 2008-2017. 2008. Kamnik, Zavod za gozdove Slovenije, OE Ljubljana
9. Hafner P., Robertson I., McCarroll D., Loader N. J., Gagen M., Bale R. J., Jungner H., Sonninen E., Hiltunen E., Levanič T. 2011. Climate signals in the ring widths and stable carbon, hydrogen and oxygen isotopic composition of *Larix decidua* growing at the forest limit in the southeastern European Alps. *Trees*, 25: 1141–1154
10. Jakop I., Kosmač L. 1997. Gornja gozdna meja na južnem pobočju Raduhe: višješolska diplomska naloga. Ljubljana, samozaložba: 98 str.
11. Levanič T. 2005a. Kronologija macesna (*Larix decidua* Mill.) za območje jugovzhodnih Alp. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 76: 39–70
12. Levanič T. 2005b. Vpliv klime na debelinsko rast macesna (*Larix decidua* Mill.) na zgornji gozdni meji v JV Alpah. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 78: 29–55
13. Marinček L. 1987. Bukovi gozdovi na Slovenskem. Ljubljana, Delavska enotnost: 153 str.
14. Pagon J. 2006. Zgornja gozdna meja na Stolu: diplomska naloga. Ljubljana, samozaložba: 71 str.
15. Pagon R. 2004. Zgornja gozdna meja na Mangrtu: diplomska naloga. Ljubljana, samozaložba: 64 str.

16. Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije za leto 2010. 2011. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije: 127 str.
17. Primožič J. 2001. Zgornja gozdna meja nad Lipanco v Julijskih Alpah: diplomsko delo. Ljubljana, samozaložba: 64 str.
18. Vičar Z. 2012. »Meteorološki podatki za meteorološko postajo Krvavec (1961–2011)«. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, zorko.vicar@gov.si. (osebni vir)
19. Zeide B. 1993. Analysis of Growth Equations. *Forest Science*, 39, 3: 594–616
20. Zupančič M., Žagar V. 2007. Comparative analysis of phytocoenoses with larch (*Rhodothamno-Rhododendretum* var. *geogr. Paederota lutea laricetosum*, *Rhodothamno-Laricetum*). *Razprave 4. razreda SAZU*, 48 2: 307–335

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, doc .dr. Alešu Kaduncu za usmeritve in pomoč pri pripravi diplomske naloge, ter za nasvete pri terenskem delu. Prof. dr. Juriju Diaciju se zahvaljujem za korektno opravljeno recenzijo diplomskega dela.

Zahvaljujem se zaposlenim na Zavodu za gozdove OE Ljubljana, Krajevne enote Kamnik, posebej g. Mihi Žnidaršiču in g. Mihi Zabretu za pomoč in razumevanje.

Zahvala gre tudi moji družini, ki so me podpirali pri odločitvah.

Najlepša hvala tudi vsem tistim, ki ste kakorkoli pripomogli h končni podobi tega diplomskega dela.

PRILOGA

Priloga A: Regresijski parametri po slikah

Slika	Krivulja	Enačba	R ²	P
8	Neskrajne lege	$y = 38,824 \times (1 - \exp(-0,036 \times x))^{2,545}$	0,397	0,000
	Skrajne lege	$y = 28,274 \times (1 - \exp(-0,027 \times x))^{1,638}$	0,629	0,000
9	Ploskev 4	$y = 199,316 \times (1 - \exp(-0,003 \times x))^{1,282}$	0,927	0,000
	Ploskev 7	$y = 14,354 \times (1 - \exp(-0,078 \times x))^{2,647}$	0,992	0,000
	Ploskev 8	$y = 35,552 \times (1 - \exp(-0,013 \times x))^{1,131}$	0,937	0,000
	Ploskev 9	$y = 18,163 \times (1 - \exp(-0,036 \times x))^{1,601}$	0,965	0,000
	Ploskev 11	$y = 18,901 \times (1 - \exp(-0,032 \times x))^{1,759}$	1,000	0,000
	Ploskev 12	$y = 71,133 \times (1 - \exp(-0,003 \times x))^{1,133}$	0,941	0,000
	Ploskev 14	$y = 1692,963 \times (1 - \exp(-0,000 \times x))^{0,761}$	0,691	0,000
10	Ploskev 1	$y = 201,681 \times (1 - \exp(-0,000 \times x))^{0,384}$	0,518	0,000
	Ploskev 2	$y = 13,569 \times (1 - \exp(-0,059 \times x))^{2,368}$	0,788	0,000
	Ploskev 10	$y = 4870,563 \times (1 - \exp(-0,000 \times x))^{0,886}$	0,972	0,000
	Ploskev 13	$y = 19,187 \times (1 - \exp(-0,023 \times x))^{3,792}$	0,981	0,000
11	Neskrajne lege	$y = 298,208 \times (1 - \exp(-0,001 \times x))^{0,943}$	0,824	0,000
	Skrajne lege	$y = 27,326 \times (1 - \exp(-0,004 \times x))^{0,644}$	0,713	0,000
12	Neskrajno, krajše krošnje	$y = 36,799 \times (1 - \exp(-0,022 \times x))^{1,651}$	0,666	0,000
	Neskrajno, daljše krošnje	$y = 55,780 \times (1 - \exp(-0,015 \times x))^{1,755}$	0,706	0,000
	Skrajno, krajše krošnje	$y = 13,824 \times (1 - \exp(-0,025 \times x))^{1,671}$	0,550	0,000
	Skrajno, daljše krošnje	$y = 27,740 \times (1 - \exp(-0,016 \times x))^{1,306}$	0,772	0,000
13	Število značilnih povezav	$y = -7,885 + 2,576 \times \ln(x)$	0,265	0,000
14	Število značilnih povezav	$y = 4,173 - 0,107 \times x + 0,001 \times x^2$	0,110	0,015