

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

mag. Tomislav LEVANIČ, dipl.ing. gozd.

***DENDROKRONOLOŠKA IN DENDROEKOLOŠKA ANALIZA
PROPADAJOČIH VLADAJOČIH IN SOVLADAJOČIH JELK (*Abies alba*
Mill.) V DINARSKEM FITOGEOGRAFSKEM OBMOČJU***

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 1996

Popravki

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

mag. Tomislav LEVANIČ, dipl.ing. gozd.

***DENDROKRONOLOŠKA IN DENDROEKOLOŠKA ANALIZA
PROPADAJOČIH VLADAJOČIH IN SOVLADAJOČIH JELK (*Abies alba*
Mill.) V DINARSKEM FITOGEOGRAFSKEM OBMOČJU***

DOKTORSKA DISERTACIJA

***DENDROCHRONOLOGICAL AND DENDROECOLOGICAL STUDY
OF DOMINANT AND CO-DOMINANT DECLINING SILVER FIRS (*Abies alba* Mill.)
IN DINARIC PHYTOGEOGRAPHIC REGION***

DISSERTATION THESIS

Ljubljana, 1996

Doktorska disertacija je bila opravljena na Katedri za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete.

Na podlagi statuta Univerze v Ljubljani in sklepov Senata Biotehniške fakultete in Senata Univerze v Ljubljani z dne 7.5.1996 ter z odločbo dekana z dne 27.5.1996 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za opravljanje doktorata znanosti s področja lesarskih znanosti. Za mentorja je bil določen prof. dr. Nikolaj Torelli ter za somentorja prof. dr. Marijan Kotar.

Mentor: prof. dr. Niko Torelli
Somentor: prof.dr. Marijan Kotar

Recenzenti: prof. dr. Dieter Eckstein
 doc.dr. Katarina Čufar

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Nikolaj Torelli

Član: prof. dr. Marijan Kotar

Član: prof. dr. Dieter Eckstein

Član: doc. dr. Katarina Čufar

Datum zagovora:

Doktorska disertacija je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Doktorand: mag. Tomislav Levanič, dipl.ing.gozd.

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 630*561.24:630*181.45:630*181.48:630*48:630*174.7 <i>Abies alba</i> Mill. (497.4*05/06) (043.3)
KG	dendrokronologija / dendroekologija / propadanje gozda / jelka / <i>Abies alba</i> / dinarsko fitogeografsko območje / Slovenija
KK	
AV	LEVANIČ, Tomislav
SA	TORELLI, Nikolaj, mentor / KOTAR, Marijan, somentor / ECKSTEIN, Dieter, recenzent / ČUFAR, Katarina, recenzent.
KZ	1000 Ljubljana, SLO, Rožna dolina c. VIII/34
ZA	Univ. v Ljubljani, Biotehniška fak., Odd. za lesarstvo
LI	1996
IN	Dendrokronološka in dendroekološka analiza propadajočih vladajočih in sovladajočih jelk (<i>Abies alba</i> Mill.) v dinarski fitogeografski regiji
TD	doktorska disertacija
OP	X, 165 s., 38 tab., 67 graf., 2 pril., 119 lit.
IJ	SL
JI	sl / en
AI	V dinarski fitogeografski regiji smo izbrali 7 raziskovalnih objektov z najmanj 15 drevesi na objekt. V raziskavo so bile vključene samo odrasle vladajoče in sovladajoče jelke ne glede na osutost krošnje. Sušic in umirajočih jelk nismo upoštevali. Na dveh izvrtkih ali enem kolobarju na drevo smo izmerili širine branik. Več zaporedij širin branik smo združili v lokalno kronologijo za objekt. Slovenska dinarska kronologija pokriva obdobje 1790-1995 in vizualno dobro sovпада z nemškimi. Rastni trendi lokalnih kronologij za različno prizadeta drevesa se po letu 1960 obrnejo strmo navzdol. Depresija doseže najnižjo točko leta 1976, nato pa se začne prirastek povečevati. Obdobje depresije je najmanj prizadelo navidezno zdrave jelke, najbolj pa močno prizadete. V zadnjih 100 letih smo identificirali 20 značilnih let (11 negativnih in 9 pozitivnih). Topli spomladanski meseci in poletni z več padavinami so najbolj ugodni za prirastek jelke. Z odzivnimi funkcijami smo pojasnili od 30 do 60% variabilnosti širin branik, kar pomeni, da metoda ne daje vedno zadovoljivih rezultatov. Z debelno analizo smo identificirali tudi do 11 izpadlih branik, ki smo jih s pomočjo regionalne kronologije postavili v čas. Negativni vpliv gospodarjenja se kaže v stalnem zniževanju lesne zaloge in s tem povezanim upadanjem širine branike. Lesna zaloga pod 450 m ³ /ha ne zagotavlja več ugodne sestojne klime za jelko. Poseki visoke jakosti povzročijo pri jelki stres, na katerega se odzove z upadom prirastka. Po nekaj letih se, pri ne prehudem posegu, prirastek povrne na nivo pred posegom. Delež kasnega lesa z višino debla upada, vendar lahko to zakonitost modificira sekundarna krošnja. Prirastna ritmika odziva juvenilnega in adultnega lesa je primerljiva.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND	Dd
DC	UDK 630*561.24:630*181.45:630*181.48:630*48:630*174.7 <i>Abies alba</i> Mill. (497.4*05/06) (043.3)
CX	dendrochronology / dendroecology / forest decline / silver fir decline / silver fir / Dinaric phytogeographic region / Slovenia
CC	
AU	LEVANIČ, Tomislav
AA	TORELLI, Nikolaj supervisor / KOTAR, Marijan co-advisor / ECKSTEIN, Dieter co-advisor / ČUFAR, Katarina co-advisor
PP	1000 Ljubljana, SLO, Rožna dolina c. VIII/34
PB	Univ. of Ljubljana, Biotechnical Fac., Dept. of Wood Sci. and Technol.
PY	1996
TI	Dendrochronological and dendroecological study of dominant and co-dominant declining silver firs (<i>Abies alba</i> Mill.) in Dinaric phytogeographic region
DT	dissertation thesis
NO	X, 165 p., 38 tab., 67 fig., 2 app., 119 ref.
LA	SL
AL	sl / en
AB	Seven geographical locations with at least 15 trees were selected in the Dinaric phytogeographic region. All trees, except dead and clearly dying ones, were analysed. Tree-ring widths were measured on two cores or on one stem disc. Slovene Dinaric silver fir chronology was built on this basis. It covers the period 1790-1995. Comparison of the Slovene regional chronology with the South German and the Bavarian one revealed moderate visual comparability but not very high statistical values. Growing trends in the local chronologies of differently affected silver firs decline rapidly after the year 1960 and reach their minimum in 1976. Thereafter the radial increment increases. Especially weak silver firs were most heavily affected. In the last 100 years 11 negative and 9 positive signature years were detected. Warm spring months and moderately warm summer months with above average precipitation are most favourable for the increment. Tree-ring width variability can be explained by response functions in the 30-60% range. This indicates that the method doesn't always give satisfactory results. In the stem analysis 11 missing rings were dated and identified with the help of the regional chronology. Unappropriate forest management has negative influence on silver fir increment. A fast reduction of the growing stock below 450 m ³ /ha can provoke a destruction of selfprotecting mechanisms in the forest site and its mechanical and biological stability is endangered. Silver firs respond to the instability of the forest stand with decrease of increment and reductions of the crown. The amount of latewood decreases acropetally, however this trend can be modified by secondary crown. The growing rhythm of the juvenile and adult wood is comparable.

KAZALO

	<i>s.</i>
<i>Ključna dokumentacijska informacija (KDI) z izvlečkom</i>	<i>III</i>
<i>Key words documentation (KWD) incl. abstract</i>	<i>IV</i>
<i>Kazalo slik</i>	<i>IX</i>
<i>Kazalo preglednic</i>	<i>XIII</i>
1 UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA	1
2 SPLOŠNI DEL	4
2.1 Biologija in ekologija jelke (<i>Abies alba</i> Mill.)	4
2.1.1 Ekologija jelke	4
2.1.2 Jelovo-bukovje v dinarskem območju	6
2.1.2.1 Splošno	6
2.1.2.2 Geologija, pedologija in hidrografija Krasi	6
2.1.2.3 Klima	8
2.1.2.4 Fitocenološki oris	9
2.1.3 Zgodovina človekovega poseganja v dinarsko jelovo-bukovje	9
2.1.3.1 Kočevsko območje	10
2.1.3.2 Notranjski gozdovi	11
2.1.3.3 Območje kraških planot južno od Ljubljane	13
2.1.3.4 Povzetek ključnih dogodkov, ki so odločilno vplivali na današnje stanje gozdov	16
2.2 Propadanje gozdov - možni vzroki in teorije propadanja gozdov	16
2.3 Propadanje jelke	20
2.3.1 Simptomi propadanja	22
3 MATERIAL IN METODA	24
3.1 Raziskovalne ploskve	24
3.1.1 Izbira raziskovalnih ploskev	24
3.1.1.1 Opis sestojev in lokacija raziskovalnih ploskev	24
3.2 Testna drevesa	26
3.2.1 Kriteriji za izbiro dreves	26
3.3 Dendrokronološke analize	27
3.3.1 Vzorci	28

3.3.1.1 Odvzem vzorcev	28
3.3.1.2 Laboratorijska priprava vzorcev za meritve	29
3.3.2 Računalniška obdelava vzorcev	30
3.3.2.1 Merjenje širine branik	30
3.3.2.2 Grafična kontrola točnosti meritev v programu TSAP	31
3.3.2.3 Sinhronizacija kronologij	32
3.3.2.4 Lokalne in regionalne kronologije	33
3.3.2.5 Standardizacija kronologij s programom ARSTAN	34
3.3.3 Matematično - statistične metode za obdelavo kronologij	36
3.3.3.1 Izračun koeficienta t po Baillie-Pilcherju	36
3.3.3.2 Koeficient časovne skladnosti (Gleichläufigkeit)	36
3.3.3.3 Srednja stopnja občutljivosti (Mean sensitivity)	37
3.3.3.4 Analiza glavnih komponent (PCA)	38
3.3.3.5 Avtokorelacijska analiza	38
3.4 Analiza odvisnosti širine branike od klimatskih dejavnikov	38
3.4.1 Meteorološki podatki	38
3.4.2 Preizkus homogenosti klimatskih podatkov	39
3.4.3 Analiza značilnih let in intervalov	39
3.4.4 Odzivne funkcije	40
3.5 Debelna analiza	42
3.6 Ksilotomske metode in analize	42
3.6.1 Shema odvzema anatomskih vzorcev	42
3.6.2 Priprava vzorcev za anatomske analize	44
3.6.3 Analiza lesnega tkiva	44
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	46
4.1 Dendrokronološke analize	46
4.1.1 Lokalne standardne jelove kronologije	46
4.1.2 Slovenska dinarska jelova kronologija	49
4.1.3 Primerjava slovenske dinarske kronologije s tujimi jelovimi kronologijami	51
4.1.4 Dendrokronološka primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk	52
4.1.5 Vizualna primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih dreves	53
4.1.6 Razprava	57
4.2 Odvisnost širine branike od klimatskih dejavnikov	60
4.2.1 Podatki o klimi	60
4.2.2 Standardizacija zaporedij širin branik s kubičnimi zlepk	62
4.2.3 Odzivne funkcije	67

4.2.3.1 Splošno	67
4.2.3.2 Enostavne odvisnosti	67
4.2.3.3 Kompleksne odvisnosti	69
4.2.4 Analiza značilnih let	76
4.2.5 Razprava	82
4.2.5.1 Odzivne funkcije	82
4.2.5.2 Analiza značilnih let	85
4.3 Odvisnost širine branike od jakosti sečnje	86
4.3.1 Splošno	86
4.3.2 Rezultati	87
4.3.3 Razprava	94
4.4 Debelna analiza	96
4.4.1 Splošno	96
4.4.2 Analiza izpada branik	97
4.4.3 Vpliv velikosti krošnje in zdravstvenega stanja drevesa na širino branike po vertikali	100
4.4.4 Primerljivost kronologij v različnih nivojih odvzema	111
4.4.5 Primerjava točnosti meritev, dobljenih na osnovi izvrtkov in kolobarjev	115
4.4.6 Razprava	118
4.4.6.1 Analiza izpada branik	118
4.4.6.2 Vpliv velikosti krošnje in zdravstvenega stanja drevesa na širino branike po vertikali	119
4.5 Anatomske analize lesa	120
4.5.1 Splošno	120
4.5.2 Anatomske značilnosti ranega in kasnega lesa	121
4.5.3 Spreminjanje deleža ranega in kasnega lesa po vertikali v odvisnosti od rastnosti drevesa	122
4.5.4 Delež ranega in kasnega lesa v lesu, ki je nastal v klimatsko neugodnem letu	130
4.5.5 Razprava	133
4.5.5.1 Spreminjanje deleža ranega in kasnega lesa v odvisnosti od rastnosti drevesa	133
4.5.5.2 Delež ranega in kasnega lesa v lesu, ki je nastal v klimatsko neugodnem letu	134
5 ZAKLJUČKI	136
6 VIRI	139
7 POVZETEK	149
7.1 Cilji naloge	149
7.2 Material in metoda	149
7.3 Rezultati	152

7.4 Zaključki	154
8 SUMMARY	157
8.1 Purpose of the study	157
8.2 Material and methods	157
8.3 Results	159
8.4 Conclusions	162
9 SMERNICE ZA NADALJNJE RAZISKAVE	165
10 ZAHVALA	166
PRILOGE	166

KAZALO SLIK

	S.
Slika 1: Areal jelke (<i>Abies alba</i> Mill.) v Evropi. Povzeto po Kramerju in Meuselu 1965.	4
Slika 2: Spreminjanje deleža SO ₂ v ozračju od leta 1850 do danes v Nemčiji (velja samo za območje nekdanje ZRN).	17
Slika 3: Spreminjanje razmerja med jelko in bukvijo v pragozdu Pečka v zadnjih 100 letih. S sivo barvo so prikazane prognoze poteka razmerja med jelko in bukvijo na osnovi stanja iz leta 1982 in 1994. Delež jelke v letu 1994 je bil v primerjavi s prognozo iz leta 1982 še nekoliko manjši, kar verjetno lahko pripišemo številnim sušnim letom.	22
Slika 4: Lokacija raziskovalnih ploskev. Z različnimi odtenki sive barve so označene ploskve, ki smo jih v nadaljnjih obdelavah obravnavali kot eno skupino. Neobarvani krogi so samostojni raziskovalni objekti.	24
Slika 5: Grafični prikaz vizualnega ugotavljanja utesnjenosti krošnje: 4/4 pomeni, da je krošnja z vseh strani utesnjena, 1/4 pa, da je utesnjena samo ena četrtina krošnje.	27
Slika 6: Odvzem vzorcev - izvrtkov v gozdu (a) in oprema za oceno in izmero drevesa ter odvzem izvrtkov (b).	29
Slika 7: Neobrušen vzorec (a) in ustrezno pripravljen vzorec (b) - makro pogled.	30
Slika 8: Neobrušen vzorec (a) in obrušen vzorec (b) pod stereomikroskopom.	30
Slika 9 : Oprema za merjenje širine branik. Sestavni deli so merilna mizica, stereomikroskop, barvna video kamera, barvni video monitor in osebni računalnik.	31
Slika 10: Shema odvzema vzorcev v drevesu. S polnim kvadratom so označena tisti vzorci, ki smo jih vedno odvzeli, s črtkanim kvadratom pa so označeni vzorci, ki smo jih odvzeli le, če se je v branikah pojavila posebnost, ki nas je še posebej zanimala (npr. kompresijski les, izjemno ozka branika,...).	43
Slika 11: Shema odvzema anatomskih vzorcev. Z rdečo linijo je poudarjena tipična analiza drevesa na panju. Način vzorčenja se od drevesa do drevesa in od nivoja do nivoja ni razlikoval, zato vse možne povezave niso vrisane.	44
Slika 12: Ugotavljanje meje med ranim in kasnim lesom. Meja med ranim in kasnim lesom je tam, kjer dvakratna dvojna širina celičnih sten preseže premer lumna celice v radialni smeri. Na sliki je to označeno s črto.	45
Slika 13: Prekrivanje lokalnih standardnih kronologij v času.	48
Slika 14: Pokritost slovenske dinarske jelove kronologije z lokalnimi kronologijami.	50
Slika 15: Slovenska dinarska jelova kronologija za obdobje 1720-1995.	50
Slika 16: Slovenska dinarska jelova kronologija z vrisanimi pozitivnimi in negativnimi značilnimi leti.	51
Slika 17: Primerjava dolžine slovenske dinarske kronologije z južnonemško jelovo kronologijo in jelovo kronologijo iz Bavarskega gozda.	51
Slika 18: Primerjava t-vrednosti po Baillie-Pilcherju med raziskovalnimi ploskvami glede na različno prizadetost dreves. Najtanjše črte pomenijo slabo primerljivost in t _{BP} do 4.0, srednje debele črte	

pomenijo dobro primerljivost s t_{BP} 4.1 do 8.0, najdebelejše črte pomenijo zelo podobne kronologije s t_{BP} nad 8.1.	53
Slika 19: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk v Glažuti.	54
Slika 20: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk na Mokrecu.	54
Slika 21: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk na Mašunu.	55
Slika 22: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk v Škocjanu.	55
Slika 23: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk na Javorniku.	56
Slika 24: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk na Ravniku.	56
Slika 25: Diagrami klime po Walterju za glavne meteorološke postaje. Temperature so podane v °C, padavine pa v mm.	62
Slika 26: Izravnavo podatkov s kubičnim zlepkom s širino intervala 11 let in filtrsko vrednostjo 50% variance. Krivulje indeksnih vrednosti so v območju abruptnih sprememb preveč zglajene - zlepek se predobro prilagaja.	64
Slika 27: Izravnavo podatkov s kubičnim zlepkom s širino intervala 33 let in filtrsko vrednostjo 50% variance. V območju nenadnih sprememb se zlepek zaradi togosti nekoliko slabše prilagodi.	65
Slika 28: Izravnavo podatkov s kubičnim zlepkom s širino intervala 53 let in filtrsko vrednostjo 50% variance. Zlepek se v splošnem slabo prilagaja dejanskim podatkom.	65
Slika 29: Korelacijske vrednosti med temperaturo oz. količino padavin in širino branike po posameznih mesecih. S temno šrafuro je prikazan vpliv temperatur, s svetlo pa padavin. Višja vrednost pomeni večjo odvisnost od klime.	68
Slika 30: Skupen vpliv povprečnih mesečnih temperatur in mesečne količine padavin na širino branike. Vsaka točka na grafu predstavlja presečišče korelacij za temperature in padavine v določenem mesecu. Vrednosti, ki so bolj oddaljene od središča grafa, so bolj pomembne.	69
Slika 31: Grafi odzivnih funkcij po raziskovalnih objektih. Temnejša šrafura predstavlja odziv na povprečne mesečne temperature, svetlejša pa na skupno mesečno količino padavin. Krog in kvadrat nad nekaterimi točkami grafa sta simbola za značilnost, kvadrat je simbol za značilen vpliv temperatur na širino branike, krog pa za značilen vpliv padavin na širino branike.	71
Slika 32: Primerjava med regresijsko, na osnovi značilnih klimatskih parametrov izračunano indeksirano širino branike ter dejansko indeksirano širino branike. Črno pobarvane površine predstavljajo razliko med dejanskimi in prilagojenimi vrednostmi. Na sliki so prikazani grafi za vsak raziskovalni objekt posebej.	72
Slika 33: Primerljivost med statistično značilnimi meseci za povprečne mesečne temperature in skupno mesečno količino padavin ter indeksirano kronologijo širin branik po raziskovalnih objektih.	73
Slika 34: Delež jelk na posameznih raziskovalnih ploskvah, ki so se v klimatsko ugodnem letu	79
Slika 35: Delež jelk na posameznih raziskovalnih ploskvah, ki so se v klimatsko neugodnem letu odzvale z izrazito skromnim prirastkom.	81
Slika 36: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk z bruto posekano količino lesne mase na hektar v oddelku (stolpci) - Javornik, oddelek 45.	87
Slika 37: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk z bruto posekano	

količino lesne mase na hektar v oddelku (stolpci) - Javornik, oddelek 23a/b.	88
Slika 38: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk z bruto posekano količino lesne mase na hektar v oddelku (stolpci) - Snežnik, oddelek 12b/2b.	88
Slika 39: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk z bruto posekano količino lesne mase na hektar v oddelku (stolpci) - Rakov Škocjan, oddelek 3h.	89
Slika 40: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk s hektarsko lesno zalogo (šrafirana površina) - Javornik, oddelek 45 .	91
Slika 41: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk s hektarsko lesno zalogo (šrafirana površina) - Javornik, oddelek 23 a/b.	92
Slika 42: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk s hektarsko lesno zalogo (šrafirana površina) - Snežnik, oddelek 12b.	92
Slika 43: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk s hektarsko lesno zalogo (šrafirana površina) - Škocjan, oddelek 3h.	93
Slika 44: Analiza izpada branik pri jelki z oceno vitalnosti 3 in z izpadom branik na 30 in na 130 cm. Na sliki so z modro označeni izpadi branik. Jelka 101, Glažuta.	98
Slika 45: Analiza močnega izpada branik na celotnem prirastnem plašču pri jelki. Na sliki so nivoji 30-440 cm in primerjava z lokalno standardno kronologijo Glažuta. Z modro so označeni izpadi branik. Analizirana je Jelka 108 iz Glažute.	98
Slika 46: Pojav močnega izpada branik na celotnem prirastnem plašču. Na sliki so nivoji 1260-2590 cm in primerjava z lokalno standardno kronologijo Glažuta. Z modro so označeni izpadi branik. Analizirana je jelka 108 iz Glažute.	99
Slika 47: Pojav močnega izpada branik na celotnem prirastnem plašču. Na sliki so nivoji 3040 do 3420 cm in primerjava z lokalno standardno kronologijo Glažuta. Z modro so označeni izpadi branik. Analizirana je jelka 108 iz Glažute.	99
Slika 48: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri zdravi, hitro rastoči jelki s suličasto oblikovano krošnjo. Jelka 105 - Glažuta, odd. 102.	102
Slika 49: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri srednje prizadeti jelki (razred osutosti 2). Jelka 109 - Glažuta, odd 102.	104
Slika 50: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri močno prizadeti jelki (razred osutosti 3), z mnogimi izpadi branik. Jelka 108 - Glažuta, odd. 102.	106
Slika 52: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri navidezno zdravi jelki (1. razred osutosti). Jelka 205 - Mašun, odd. 17f.	108
Slika 53: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri srednje prizadeti jelki (2. razred osutosti). Jelka 201 - Mašun, odd. 17f.	109
Slika 54: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri močnejše prizadeti jelki (3. razred osutosti). V primerjavi z jelko 201 ima nekoliko krajšo krošnjo. Jelka 207 - Mašun, odd. 17f.	110
Slika 55: Primerjava kronologij iz vzorcev v višini panja (0,30 m) z Mašuna in Glažute.	113
Slika 56: Primerjava kronologij iz vzorcev v prsni višini (1,30 m) z Mašuna in Glažute.	114

Slika 57: Primerjava kronologij iz vzorcev odvzetih na višinah med 4 in 20 m z Mašuna in Glažute.	114
Slika 58: Primerjava kronologij iz vzorcev v krošnji z Mašuna in Glažute.	114
Slika 59: Primerjava širin branik, ki so merjene na izvrtku in kolobarju na jelki št. 107 v Glažuti.	
Korelacija med kronologijama je bila tu najvišja - 0,938.	117
Slika 60: Primerjava širin branik, ki so merjene na izvrtku in kolobarju na jelki št. 105 v Glažuti.	
Korelacija med povprečjem meritev za izvrtek in kolobar je 0,937.	117
Slika 61: Primerjava širin branik, ki so merjene na izvrtku in kolobarju na jelki št. 206 na Mašunu.	
Kronologiji sta povsem skladni, korelacija pa je nizka - 0,235.	117
Slika 62: Primerjava širin branik, ki so merjene na izvrtku in kolobarju na jelki št. 208 na Mašunu.	
Krivulji sta povsem skladni, korelacija pa je nizka - 0,494.	118
Slika 63: Primerjava deleža ranega in kasnega lesa po vertikali pri različno prizadetih jelkah na Mašunu.	
Na levem grafu so branike nastajale v primerljivih fizioloških pogojih, na desnem pa so analizirane branike nastale v istem letu.	125
Slika 64: Primerjava deleža ranega in kasnega lesa po vertikali pri različno prizadetih jelkah v Glažuti. Na levem grafu so analizirane branike, nastale v primerljivih fizioloških pogojih ob strženu drevesa, na desnem grafu pa v istem letu.	128
Slika 65: Grafična ponazoritev interakcije Rastnost drevesa X Nivo odvzema vzorca.	129
Slika 66: Diagrami klime za meteorološko postajo Planina za negativna značilna leta 1922, 1942, 1947 in 1973.	131
Slika 67: Odvisnost deleža kasnega lesa od širine branike. Spremenljivke smo pred analizo logaritemsko transformirali, da smo dosegli normalno porazdelitev podatkov.	133

KAZALO PREGLEDNIC

	S.
Preglednica 1: Sintaksonomska opredelitev raziskovalnih ploskev (AFd je okrajšava za Abieti-Fagetum dinaricum).	25
Preglednica 2: Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah.	25
Preglednica 3: Modificirana Bosshardova lestvica za ocenjevanje zdravstvenega stanja dreves.	27
Preglednica 4: Osnovni podatki o uporabljenih meteoroloških nizih. Z zvezdico so označene glavne meteorološke postaje.	39
Preglednica 5: Osnovni podatki o šestih analiziranih raziskovalnih objektih s pripadajočimi meteorološkimi postajami. Z zvezdico je označen 7.5 km dolg raziskovalni transekt Ravnik.	41
Preglednica 6: Osnovni podatki o lokalnih kronologijah.	47
Preglednica 7: Navzkrižne primerjave med lokalnimi kronologijami. Od zgoraj navzdol si za vsako primerjavo sledijo korelacijski koeficient, t-vrednosti po Baillie-Pilcherju (t_{BP}) in koeficienti časovne skladnosti (GLK%).	48
Preglednica 8: Osnovne statistične primerjave med lokalnimi kronologijami in slovensko dinarsko kronologijo.	49
Preglednica 9: Primerjava osnovnih statističnih parametrov med lokalnimi kronologijami, ki niso sestavni del slovenske dinarske kronologije in slovensko dinarsko kronologijo.	49
Preglednica 10: Primerjava statističnih kazalcev med slovensko regionalno kronologije in obema nemškima.	51
Preglednica 11: Primerjava statističnih kazalcev med lokalnimi kronologijami različno prizadetih dreves po raziskovalnih objektih. V preglednici so pod diagonalo t-vrednosti po Baillie-Pilcherju, nad pa koeficienti časovne skladnosti (Gleichläufigkeit).	52
Preglednica 12: 30-letno padavinsko povprečje za meteorološke postaje Kočevje, Ljubljana, Vrhnika in Planina (vir podatkov: HMZ - klimatološki oddelek).	60
Preglednica 13: 30-letno temperaturno mesečno povprečje za meteorološke postaje Ljubljana, Kočevje, Vrhnika in Planina (vir podatkov: HMZ - klimatološki oddelek).	61
Preglednica 14: Povprečne letne temperature in povprečna letna količina padavin za posamezne meteorološke postaje.	61
Preglednica 15: Opis rastnih posebnosti dreves, ki smo jih uporabili za preizkus kvalitete prilagajanja kubičnih zlepkov različne valovne dolžine dejanskim podatkom.	63
Preglednica 16: V analizah smo uporabili klimatske podatke z različnih meteoroloških postaj z različno dolžina opazovalnega obdobja.	67
Preglednica 17: Osnovni podatki o kazalcih odzivnih funkcij po ploskvah.	70
Preglednica 18: Statistično najpomembnejši meseci za nastanek široke branike.	72
Preglednica 19: Značilna leta po raziskovalnih objektih v zadnjih sto letih. S plusom so označena pozitivna, z minusom pa negativna značilna leta.	77
Preglednica 20: Vpliv padavin na širino branike. Šrafirano je označeno mesto največje gostitve rezultatov.	

Plus predstavlja ugoden vpliv na širino branike, minus pa neugodnega.	83
Preglednica 21: Vpliv temperatur na širino branike. Šrafirano je označeno mesto največje gostitve rezultatov. Plus predstavlja ugoden vpliv na širino branike, minus pa neugodnega.	83
Preglednica 22: Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah, kjer smo preučevali vpliv gospodarjenja.	86
Preglednica 23: Pregled pomembnejših posegov v oddelku 45 v gospodarski enoti Javornik.	89
Preglednica 24: Pregled pomembnejših posegov v oddelku 23 v gospodarski enoti Javornik.	90
Preglednica 25: Pregled pomembnejših posegov v oddelku 3h v gospodarski enoti Škocjan.	90
Preglednica 26: Pregled pomembnejših posegov v oddelku 12b v gospodarski enoti Snežnik.	91
Preglednica 27: Dendrometrični podatki o analiziranih drevesih v Glažuti in Mašunu.	96
Preglednica 28: Izpadi branik in možnost ugotavljanja izpada s pomočjo zaporedij širin branik s kolobarjev, ki ležijo višje v drevesu in s pomočjo standardne lokalne kronologije. Upoštewane so samo jelke z izpadi branik. V koloni "Možnost datacije izpada" je predstavljeno s čim lahko datiramo izpadle branike.	100
Preglednica 29: t-vrednosti po Baillie-Pilcherju med kronologijami za različne nivoje na raziskovalni ploskvi Glažuta.	112
Preglednica 30: t-vrednosti po Baillie-Pilcherju med kronologijami za različne nivoje na raziskovalni ploskvi Mašun.	112
Preglednica 31: Primerjava t-vrednosti (sp. trikotnik matrike) in koeficientov časovne skladnosti (zg. trikotnik matrike) med povprečji po različnih nivojih med dvema rastiščema (G=Glažuta in M=Mašun). Mejna vrednost za značilnost t-vrednosti je 4,0 in koeficienta časovne skladnosti 70,0.	115
Preglednica 32: Primerjava različnih statističnih parametrov med povprečjem za dva izvrtka v višini 1,30 m in med povprečjem za 3-4 meritve na prvem kolobarju nad mestom vrtnja.	116
Preglednica 33: Osnovni dendrometrijski podatki o analiziranih jelkah z Mašuna in Glažute. Pomen posameznih okrajšav je naslednji: $d_{1,3}$ = premer v prsni višini; H= skupna višina drevesa; $L_{krošnje}$ = dolžina krošnje; Soc.pol.= socialni položaj drevesa; Zdr.st.= zdravstveno stanje drevesa po modificirani Bosshardovi lestvici.	121
Preglednica 34: Delež ranega in kasnega lesa pri različno prizadetih jelkah na Mašunu v različnih višinah odvzema vzorca. Analizirane branike so nastale ob strženu drevesa v primerljivih fizioloških pogojih. RL (%) pomeni delež ranega, KL (%) pa kasnega lesa v braniki.	123
Preglednica 35: Delež ranega in kasnega lesa pri različno prizadetih jelkah na Mašunu v različnih višinah odvzema vzorca. Branike v analiziranih vzorcih so nastale v istem letu. RL (%) pomeni delež ranega, KL (%) pa kasnega lesa v braniki.	124
Preglednica 36: Delež ranega in kasnega lesa pri različno prizadetih jelkah v Glažuti v različnih višinah odvzema vzorca. Analizirane branike so nastale ob strženu drevesa v primerljivih fizioloških pogojih. RL (%) pomeni delež ranega, KL (%) pa kasnega lesa v braniki.	126
Preglednica 37: Delež ranega in kasnega lesa pri različno prizadetih jelkah v Glažuti v različnih višinah odvzema vzorca. Branike v analiziranih vzorcih so nastale v istem letu. RL (%) pomeni delež ranega, KL (%) pa kasnega lesa v braniki.	127

Preglednica 38: Primerjava razmerja med ranim in kasnim lesom na raziskovalnih objektih Glažuta in
Mašun v negativnih značilnih letih.

133

1 UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA

Jelovo-bukovi gozdovi dinarskega sveta spadajo med naše najpomembnejše obnovljive naravne vire. Zaradi njihovega velikega gospodarskega pomena jih izkoriščamo že prek 200 let, v zadnjih 100 letih intenzivno. V več kot 200-letni zgodovini izkoriščanja teh gozdov so se razvili in izmenjavali različni sistemi gospodarjenja z njimi. Nekateri so bili gozdu manj škodljivi, drugi izrazito neprijazni in so močno porušili naravno ravnotežje v sestoji. Mnogokrat je sekiro vodila tudi želja po hitrem zaslužku, kar je botrovalo številnim golosekom, ki se v dinarskem svetu težko ali pa sploh ne zaraščajo. Težav, ki jih prinaša napačno gospodarjenje, se pravzaprav zavedamo šele v zadnjih 40-ih letih, premalo, da bi na hitro popravili že narejeno škodo.

Večina naših gozdov je močno antropogeno vplivanih. Naravnih pragozdnih oblik je malo in še te so zaradi relativno ozke varovalne cone brez pravega pragozdnega značaja. V Sloveniji je 9000 ha gozda prepuščenega naravnemu razvoju (*Mlinšek 1989*). Žal je teh 9000 ha razpršenih na mnogo majhnih gozdnih rezervatov, ki le stežka ohranjajo notranjo sestojno klimo in naravno ravnotežje. Kljub temu nam ti majhni fragmenti naravi vrnjenega gozda dajo neprecenljive informacije o življenju od človeka nemotenega gozda.

Predvojna gozdarska praksa je želela z izsekovanjem pregnati bukev iz gozda. Bukev je veljala za nezaželen "plevel". Šele moderne ekološke študije so pokazale, da je bukev pomembna sograditeljica jelovo-bukovih sestojev in nujno potrebna za ustvarjanje sestojne klime in tal. Zaradi napačnega gospodarjenja in dejstva, da se napake v gozdu kažejo še več desetletij, smo danes priče zanimivi mešanici različnih vplivov na gozd. Po eni strani se otepamo z napakami storjenimi pred 50 in več leti, po drugi strani pa se srečujemo z napakami modernega gospodarjenja.

Negativnim vplivom dolgotrajnega gospodarjenja se tako v zadnjih šestdesetih letih pridružuje še globalno in lokalno onesnaževanje okolja. Slovenija je zaradi svoje geografske lege in prevladujočih JZ in SZ vetrov pod močnim vplivom globalnega transporta onesnaženega zraka iz industrijsko močno razvite zahodne in srednje Evrope. Globalnemu transportu onesnaženega zraka se na lokalni ravni pridružijo še škodljive emisije iz domačih termoelektrarn, avtomobilski izpuhi in povečevanje količine ozona v pritalni plasti. Vsi ti negativni dejavniki vplivajo na razvoj, stabilnost in odpornost gozdnega ekosistema. Gozdni ekosistemi so se na nove obremenitve odzvali s pospešenim propadanjem navidezno sicer

zdravih dreves. Negativnim vplivom gospodarjenja in onesnaževanja okolja se pridružuje tudi preštevila divjad, ki s pašo uničuje podrast in onemogoča pomlajevanje in obnovo prizadetega gozda.

Negativni trendi v gozdu se odražajo na drevju. Odziv drevja se kaže v zmanjšanem debelinskem in višinskem prirastku, v odmiranju listov in iglic, v zmanjšani odpornosti proti različnim škodljivcem in klimatskim ekstremom. Znano je, da so iglavci zaradi narave listnega aparata, ki ostane po več let na vejah, bolj občutljivi kot listavci, ki listje, in s tem škodljive snovi nakopičene v listih, vsako jesen odvržejo.

Posebej jelka, ki je med iglavci ekološko najbolj občutljiva drevesna vrsta, se je zelo senzitivno odzvala na spremembe v okolju in nekateri so ji že pripisovali skorajšnje popolno izginotje iz naših gozdov. Nenadno poslabšanje rastnih razmer je povzročilo takojšen propad mnogih jelk, za druge pa se je začelo obdobje več desetletne agonije. Drevesa so si skušala pomagati z oblikovanjem sekundarne krošnje, ki je nadomestila propadajočo primarno. Mnogo jelk je propadlo, nekaterim je uspelo tudi preživeti. Oboje, mrtve in preživele so shranile v sebi zapis, ki dendrokronologu pomaga razložiti pretekle dogodke in morebiti odgovoriti na vprašanje, zakaj je ena jelka propadla, druga pa preživela. Navkljub črnogledim napovedim je jelka preživela. Velika sposobnost preživetja v močno spremenjenem okolju je, zbudila pozornost strokovnjakov in jelka je postala predmet številnih raziskav. Pokazalo se je, da je poznavanje ekologije jelke v luči novega razumevanja gozda vse bolj pomembno. Z razširjanjem našega vedenja o jelki in o gozdu nasploh ne moremo več sprejemati miselnosti o maksimalni zemljiški renti in o jelovih monokulturah. Današnje vedenje o gozdu in njegovem delovanju mu priznava dinamičen razvoj s pestro paleto končnih stanj, ki se prilagajajo konkretnim možnostim rastišča in stanja sestoja.

Žal današnje znanje o gozdu ne more na hitro odpraviti posledic večstoletnega izkoriščanja naših gozdov. Zaradi tega se srečujemo z vedno novimi izzivi in problemi. Zloglasen primer izginjanja jelke iz naših gozdov je samo eden izmed problemov, ki pestijo slovensko gozdarstvo. Vzrokov za izginjanje in sušenje jelke je veliko in njihovi vplivi se med seboj dostikrat mešajo in delujejo celo sinergistično. V času in prostoru delujejo zelo različno in nepredvidljivo, tako imamo ponekod povsem zdrave, lepo rastoče jelke, nekaj metrov stran pa napol suhe in hirajoče. In na vprašanje, zakaj je tako, ne vemo odgovora. Očitno je, da ni vsega kriv samo onesnažen zrak. Verjetno je vzrok za propadanje jelke tudi njena umetna razširjenost znotraj naravnega areala na neugodna rastišča s plitvimi tlemi, ki so podvržena

velikim nihanjem talne vlage, morebiti ima svoj vpliv tudi ogrevanje atmosfere in več zaporednih hudih suš v zadnjih letih. Nesporno dejstvo je, da tudi intenzivno gospodarjenje vpliva na zdravstveno stanje jelk, premočni posegi v gozd znižujejo lesno zalogo sestojev, s tem pa njihovo notranjo klimo in mehansko stabilnost.

Namen pričujoče naloge je preučiti stanje jelke v dinarski fitogeografski regiji z dendrokronološkega in dendroekološkega vidika, zato smo si zastavili naslednje cilje:

- Opraviti dendrokronološko diferenciacijo jelovih rastišč v Sloveniji in izdelati lokalne in regionalno jelovo kronologijo ter opraviti primerjavo slovenskih jelovih kronologij s tujimi.
- Preučiti prirastni odziv zdravih in prizadetih jelk na različnih rastiščih v dinarski fitogeografski regiji.
- Preučiti vpliv klime na širino branik pri jelki.
- Preučiti prostorsko porazdelitev pojava značilnih let pri jelki.
- Preučiti vpliv različnih jakosti sečnje na variiranje širine branik in na možen pojav prirastne depresije.
- Preučiti nihanje širine branike vzdolž letne prirastne plasti ob upoštevanju različnih zdravstvenih stanj dreves in različnih dolžin krošnje.
- Preučiti pojav prirastne depresije kot odraz domnevnega splošnega umiranja gozdov v Evropi in Sloveniji v 60. letih in v dendroekološki luči poiskati možne odgovore in razloge za propadanje jelke v zadnjih štiridesetih letih.
- Preučiti ksilogenezo v zdravem, dinamično razvijajočem se gozdu (supresija, reorientacija) ter v stresnih higrotermičnih pogojih in pod vplivom polucij.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 Biologija in ekologija jelke (*Abies alba* Mill.)

2.1.1 Ekologija jelke

Jelka (*Abies alba* Mill.) je ena naših najpomembnejših drevesnih vrst. V gozdovih visokega krasa sestavlja z bukvijo (*Fagus sylvatica* L.), smreko (*Picea abies* Karst.) in plemenitimi listavci visokodonosne jelovo-bukove gozdove.



Slika 1: Areal jelke (*Abies alba* Mill.) v Evropi. Povzeto po Kramerju in Meuselu 1965.

Jelov areal se širi južno od švicarske Jure, Alp, južne Nemčije in Češke. Proti jugu se razprostira v treh glavnih smereh, navzdol po Apeninskem in Balkanskem polotoku ter v Karpate. Širjenje proti zahodu ji preprečuje toplejša atlantska klima, na sever in vzhod pomanjkanje vlage in preveč kontinentalna klima, južneje pa preveč mediteranska klima in s tem povezano pomanjkanje vlage. V primerjavi z arealom bukve je jelov bistveno manjši.

Jelka se je v našem prostoru prvič pojavila v sredini wurmske poledenitve in ostala prisotna vse do današnjih dni (Šercelj 1962). Njen delež se je sicer močno spreminjal, nikoli več pa ni izginila iz našega gozda.

Danes je jelka v Sloveniji razprostranjena predvsem v goratih predelih v nadmorskih višinah med 600 in 1200 m. Lahko pa jo najdemo tudi v nižjih legah - npr. 200 m nad morjem v dolini Kolpe in celo v bližini morske obale v Novem Vinodolskem.

Jelka najbolje uspeva tam, kjer se mešajo vplivi submediteranske in atlantske ter kontinentalne in atlantske klime - takšna območja ji zagotavljajo visoko talno in zračno vlago. V Sloveniji so takšna območja Snežniško-Javorniški masiv, Mala in Velika gora nad Ribnico in Trnovski gozd. V področjih interferenčne klime pade v Sloveniji med 1000 in 2500 mm padavin, ponekod pa celo do 3500 mm. Sposobnost jelke, da vsrkava padavinsko vodo tudi prek iglic in velika količina padavin je odločilnega pomena za preživetje jelovo-bukovega gozda na poroznih apnenčastih tleh.

V primerjavi z bukvijo in smreko je jelka zelo občutljiva drevesna vrsta, ali kakor se je slikovito izrazil Rubner (*Rubner 1960*), "mimoza med gozdnimi drevesi". Najbolj jo prizadenejo pomanjkanje zračne in talne vlage, kasne zmrzali in kratka vegetacijska doba - potrebuje najmanj tri mesece vegetacijske dobe. Kjer ti osnovni rastni pogoji niso izpolnjeni, tam jelke ni.

Glede tal je jelka zelo tolerantna, raste tako na plitvih rendzinah kot na globokih rjavih tleh, pH vrednosti takšnih tal se ponavadi gibljejo med 4.5 in 7.5. Jelka je naš edini avtohtoni iglavec, ki lahko raste tudi na glinastih tleh. Dejavnik, ki zares omejuje njeno razširjenost, je premajhna količina vlage v tleh.

Koreninski sistem jelke je srčasto oblikovan z močno centralno korenino. V močno skeletnih tleh se oblika koreninskega sistema zlahka prilagodi oblikovanosti matične kamenine, korenine pa poiščejo mesta z najbolj ugodnimi prehrabenimi možnostmi. Tako lahko najdemo glavnino koreninskega sistema v t.im. žepih, ki se pojavljajo v sicer plitvih tleh. Značilnost jelovih korenin je, da se zelo rade zraščajo s koreninami sosednjih jelk. Tak pojav smo redno opazovali na Mašunu in Mokrecu, le redko pa smo ga opazili v Glažuti in na Javornikih. Zaradi zraščanja koreninskega sistema kapnika s sosednjimi sovladajočimi drevesi, lahko kapniki preživijo dolgo obdobje zastiranja, ne da bi pri tem razvili ustrezno veliko krošnjo. Močno povezanost podstojnih jelk z "matičnimi" drevesi sta ugotovila tudi Torelli in Robič (*osebna komunikacija*) pri raziskavah jelke in opravljanju bio-električnih meritev.

Jelka dosega dokaj različne višine in premere. Na najboljših rastiščih zraste do 40 m in več, na slabših pa okoli 24 m. Odrasla jelova drevesa dosega premer med 70-80 cm, le redko pa prek metra in več (npr. debela jelka z Roga). O posebno debelih drevesih je v Sloveniji zbranih nekaj podatkov. Dosedaj najdebelejša analizirana jelka pri nas "debela jelka iz

Trnovskega gozda”, je bila po ocenah stara približno 300 let in dosegla prsni premer 1.86 m, višino 43.8 m ter prostornino 43 m³ (*Sgerm 1971*). Debela jelka s Turna je bila natančno izmerjena, ob poseku je bila stara 370 let, prsni premer je imela 164 cm, višino 45.6 m ter prostornino 36 m³ (*Kotar 1978*).

Oblika jelove krošnje je tesno povezana z razmerami, v katerih drevo raste. Kapniki imajo npr. močno zbite vence vej in po zunanjem videzu spominjajo na narobe obrnjen krožnik, hitro rastoče mlado drevo ima suličasto krošnjo, odrasla jelka pa paraboloidno. Ko starim jelkam višinski prirastek že močno popušča, so ponavadi vršne stranske veje celo višje od vrha samega in zato takšni krošnji pravimo “štorkljino gnezdo”.

Rastni ritem jelke je v mladosti zelo umirjen, krošnja je majhna, višinski prirastki so relativno nizki. Jelka je tipična sencovzdržna drevesna vrsta, ki lahko preživi 180 in več let v senci preostalih dreves. Tudi po tako dolgem obdobju se je sposobna odzvati na vdor svetlobe v sestoj in se razviti v normalno drevo (*lastne raziskave*). Njena izjemna sposobnost preživetja ji omogoča, da v pragozdni razmerah doživi tudi do 600 let (*Kordiš 1993*), vendar naše raziskave tega še niso potrdile.

2.1.2 Jelovo-bukovje v dinarskem območju

2.1.2.1 Splošno

Velika Notranjska planota je ena najbolj svojskih pokrajinskih enot na Slovenskem. S svojo ogromno razsežnostjo in sklenjenostjo v velikem leži kakor orjaški blok v dinarski smeri med Ljubljanskim barjem in zgornjo Kolpo. Je naše najbolj gozdnato področje, obsega velike gozdne komplekse jelovo-bukovih gozdov Notranjskega in Kočevskega Snežnika, se razširi proti jugovzhodu v gozdove Kočevskega Roga in na severu proti Trnovski planoti. Geografsko gledano predstavlja veliko in težko prehodno naravno oviro, o čimer pričajo številne utrdbe iz različnih obdobj osvajanja slovenskega ozemlja (*Melik 1959*).

Kljub velikem deležu gozdne površine razporeditev gozda ni enakomerna in se prepleta s številnimi večjimi in manjšimi kraji in mesti. Večina prebivalstva, ki tu živi, je na takšen ali drugačen način povezana z lesom, njegovo predelavo in prodajo.

2.1.2.2 Geologija, pedologija in hidrografija Krasa

Kljub znatni geološko-petrografski raznolikosti je to v glavnem apneniški blok, sestavljen v

glavnem iz mezozojskih kamenin. V glavnem so to kredni in srednjejurski apnenci ter dolomiti (Kordiš 1993). Bistvena razlika med apnenci in dolomiti je v njihovi topnosti in prepustnosti za vodo ter v kemični sestavi. Pestrost kameninske sestave se odraža tudi v raznolikosti različnih rastlinskih združb jelovo-bukovega dinarskega gozda in v celotni paleti kraških pojavov od vrtač do kraških polj in rek ponikalnic. Značilnost visokega krasa je tudi popolna odsotnost površinskih vodotokov, zato so se morali ekosistemi prilagoditi alternativnemu načinu oskrbe s potrebno vodo. Za oskrbo ekosistemov z vodo so zato še posebej pomembne padavine, ki jih je tu na srečo v izobilju in so dokaj enakomerno porazdeljene prek vsega leta. Tako tudi poleti ti gozdovi le redkokdaj trpijo pomanjkanje vode. Kot posebnost se pojavljajo tudi redki vložki neprepustnih, nekarbonatnih kamenin, kot so skrilavci in peščenjaki, s povsem specifično vegetacijsko sestavo in talnimi tipi.

Posledica pestrosti klimatskih in geoloških dejavnikov so različne oblike tal, ki so ozko pogojene z okoljem, v katerem nastajajo. Najbolj neugoden talni tip so rendzine, kjer prihaja zaradi slabo razkrojenih organskih snovi v A₀ horizontu do rahlo kiselkaste reakcije. Takšna tla tudi slabo vpijajo padavinsko vodo in so zato nagnjena k pomanjkanju vode.

Za razliko od rendzin so ostali talni tipi za rast rastlin veliko bolj ugodni. V dneh vrtač, posebej geološko precej starih, se pojavljajo relativno globoka kolvijalna tla z večjim deležem glinastih delcev in relativno debelo humusno plastjo. Značilnost takih lokacij je nekoliko večja vlažnost in manj toplote - takšna tla in rastišča so najbolj ugodna za uspevanje jelke.

V določenih predelih prihaja zaradi narave visokega krasa do večjih vrtač ali koliševk. To so večje, v primerjavi z okolico nekoliko ugreznjene zaokrožene površine, kjer se poleti nabira hladnejši zrak in ustvarja posebne polmraziščne klimatske razmere. V takih polmraziščnih do mraziščnih legah so biološki procesi razgradnje organske snovi močno upočasneni in zato se razvijejo nekoliko kislila tla bogata s surovim humusom. Takšne površine poraščajo v glavnem različne smrekove acidofilne združbe. V primeru, ko gre samo za rahlo mraziščni značaj rastišča, so takšna rastišča naravnost idealna za uspevanje jelke. Jelka je le na takšnih rastiščih po konkurenčni moči enakovredna bukvi.

Nasprotno hladnim in vlažnim legam se na južno eksponiranih pobočjih pojavljajo tla, ki omogočajo preživetje združbam, prilagojenim na večja temperaturna nihanja in malo dostopne vode. Na takih rastiščih je prevladujoč talni tip plitva prhninasta rendzina z veliko slabo

razkrojene organske snovi. Zaradi nerazgrajene organske snovi so takšna tla ponavadi rahlo kislila in dokaj ugodna za razvoj smreke.

2.1.2.3 *Klima*

Klimatsko je preučevano območje zelo pestro, saj leži na stičišču treh različnih klimatskih vplivov - submediteranskega, celinskega in atlantskega. Vsi trije klimatski tipi se združijo v prehodni tip klime, katerega še dodatno poudarja razgiban relief visokega krasa.

Značilnost prehodnega tipa klime je relativno veliko padavin, enakomerno razporejenih prek vsega leta in z izrazitim jesenskim maksimumom. Količina pomladanskih padavin ni posebej velika, vendar pa zaradi enakomerne porazdelitve padavin prek vsega leta ne prihaja do izrazitih pomanjkanj vode v vegetacijski dobi.

Gorska masiva Risnjaka in Goljakov odločilno prispevata k dobri oskrbljenosti preučevanega območja s padavinami. Tako imamo v tem območju 3000-3500 mm padavin, kar predstavlja slovenski padavinski maksimum.

Prostorska porazdelitev padavin ni enakomerna in upada z oddaljenostjo od morja. Tako ima npr. Kočevje dolgoletno povprečje 1523 mm padavin, medtem ko imajo Gomance kar 3143 mm padavin na leto - na zračni razdalji približno 70 km upade količina padavin kar za polovico.

Povprečne letne temperature imajo na rast in razvoj dinarskega jelovo-bukovega gozda bistveno manjši vpliv kot padavine. Povprečna letna temperatura z gozdom poraščenih visokokraških masivov je med 5° in 8° C in pada z nadmorsko višino. Na zgornji meji vertikalne razprostranjenosti jelke (nadmorska višina okoli 1200 m) je povprečna letna temperatura samo še 5° C.

Značilnost interferenčne klime so temperaturni ekstremi, zlasti minimumi, ki se lahko pojavljajo tudi med vegetacijsko dobo.

Na višinah od 500 do 1000 m se dokaj pogosto pojavlja žled, ki posebej v bukovih drogovnjakih in letvenjakih lomi in podira drevje ter povzroča znatno gospodarsko škodo. V nižjih nadmorskih višinah je dokaj pogost moker sneg, ki lomi vrhove in povzroča težave v smrekovih nasadih.

Oblika terena vpliva na nastanek temperaturnih obratov in s tem na pojav mrazišč. V

mraziščih pride do značilnega obrata vegetacijskih pasov. Mrazišča so naravno rastišče za avtohtono dinarsko smreko, gozdnogojitveno pa predstavljajo, zaradi otežene in dolgotrajne obnove, poseben izziv za gojitelje.

2.1.2.4 *Fitocenološki oris*

Floristično in vegetacijsko so za dinarsko fitogeografsko območje značilni obsežni in strnjeni gozdovi jelke in bukve vključeni v asociacijo *Omphalodo-Fagetum* (TREG. 57) MAR. et al. 93 (sin.: *Abieti-Fagetum dinaricum* (TREG. 57) en. PUNC. 79), ki poraščajo velike visokokraške planote Slovenije. Glavna gradnika jelovo bukovih gozdov sta jelka (*Abies alba* Mill.) in bukev (*Fagus sylvatica* L.), pridružuje pa se jim tudi smreka (*Picea abies* Karst.), gorski brest (*Ulmus glabra* Huds.), gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.) in veliki jesen (*Fraxinus excelsior* L.). Više, kamor dinarski jelovo bukov gozdovi segajo ne več, se pojavljajo bukovja iz asociacij: *Ranunculo platanifolii-Fagetum* MAR et al. 93 (sin.: *Adenostylo glabrae-Fagetum prealpino-dinaricum* TREG. 62), *Stellario glochidispermae-Fagetum* (ZUP. 69) MAR. et al. 93 (sin.: *Aceri-Fagetum dinaricum* (M. WRAB. 60) ZUP. 69) in *Polysticho lonchitis-Fagetum* (HT. 38) MAR. in POLD. et NARD. 93 (sin.: *Fagetum subalpinum dinaricum* (HT. 38) TREG. 57), ki jih skupaj z dinarskimi jelovimi bukovji uvrščajo v zvezo asociacij ilirskih bukovih gozdov *Aremonio-Fagion* (HT. 38) TÖR., POLD. et BORH. 89 (sin.: *Fagion illyricum* HT. (38)50).

Gozdna vegetacija asociacije *Abieti-Fagetum dinaricum* velja za klimaconalno. V širših mejah njenega areala razprostranjenosti pa se lahko aconalno in ekstraconalno pojavljajo tudi druge npr.: *Aceri-Fagetum dinaricum*, *Neckero-Abietetum* TREG. 62, *Ulmo-Aceretum pseudoplatani* BURGER 22, *Hacquetio-Piceetum* ZUP. (76) 94 (sin.: *Piceetum montanum dinaricum* ZUP. 76), *Lonicero caeruleae-Piceetum* ZUP. (76) 94 (sin.: *Piceetum subalpinum dinaricum* ZUP. 76) idr.

Asociacija *Abieti-Fagetum dinaricum* je zaradi pestrosti rastiščnih razmer poddeljena na številne subasociacije, ki izražajo pomembne rastiščne posebnosti. Ker so med njimi tudi znatni razločki v produktivnosti rastišč je nujen diferenciran gozdnogojitveni in gozdnonačrtovalski pristop k gozdu.

2.1.3 Zgodovina človekovega poseganja v dinarsko jelovo-bukovje

Analiza zgodovine gospodarjenja s sestoji je z vidika študije nihanja prirastka pri jelki pomembna zato, ker nam pomaga razložiti in do neke mere razumeti dogodke v sestojih, ki jih sicer ne moremo pojasnjevati izključno z vplivi klime. Znano je dejstvo, da se v slovenskih

gozdovih gospodari prek 200 let, zato vpliva gospodarjenja ne moremo zanemariti. Vpliv človeka se kaže v debelinskem prirastku drevesa, v botanični zgradbi in v biološki ter mehanski stabilnosti sestojev. V kratkem pregledu podajam zgodovinsko ozadje gospodarjenja z gozdovi v kočevskem in notranjskem območju ter v gozdovih v okolici Ljubljane, kot ga povzemamo po Kordišu (1993).

2.1.3.1 Kočevsko območje

Kočevska je bila do 13. stoletja v celoti poraščena z gozdovi. Lastništvo nad njimi so si lastili Ortenburški grofje, ki so jih leta 1420 za krajši čas zamenjali Celjski grofje. Po izumrtju te družine je leta 1456 postal lastnik Kočevske avstrijski cesar, ki je svojo posest dajal v najem različnim najemnikom. Leta 1618 je cesar Ferdinand II. prodal Kočevsko baronu Kislu, ki jo je leta 1641 prodal grofu Auerspergu. Od takrat pa do leta 1932 so bili kočevski gozdovi v lasti te družine.

Gospodarjenje s kočevskimi gozdovi je bilo do začetka 19. stoletja omejeno predvsem na pridobivanje lesa za domačo rabo in delno za izdelovanje lesnih izdelkov. Močnejše izkoriščanje gozdov se je začelo v začetku 19. stoletja, ko je leta 1812 na Kočevskem obratovalo že sedem obratov za pridobivanje pepelike. Ti so močno vplivali na gozdove v njihovi bližnji in daljni okolici, saj je po podatkih iz leta 1809 teh sedem obratov porabilo okrog 40.000 m³ prostorninskega lesa. Leta 1835 je grof Auersperg na mestu današnje Glažute zgradil steklarno. Le-ta je v letu 1848 za svoje obratovanje porabila 8.256 prostorninskih metrov drv. Obrat je prenehal delovati, ko je bila zgrajena železniška proga Ljubljana - Trst in je ta del Evrope preplavilo poceni češko steklo.

Poleg steklarstva in pridobivanja pepelike je bilo tudi fužinarstvo pomemben porabnik prostorninskega lesa. Auersperg je namreč že leta 1795 v Dvoru na Krki zgradil topilnico železa, ki je za svoje delovanje potrebovala lesno oglje. Poraba lesa je bila izjemno velika, saj so za enoletno delovanje porabili od 17 do 34.000 prostorninskih metrov bukovine. Dokler so okoliški gozdovi še nekako zadostovali potrebam železarne, so les pridobivali v revirjih Soteska in Sv. Peter, kasneje pa so morali močnejše posegati v severozahodne in severne predele Roga in pred zaprtjem obrata tudi v Podstenice na Rogu. Oglje so pridobivali iz bukovine, ki je bila pridobljena s posekom na golo. Železarno v Dvoru na Krki so leta 1896, po stotih letih obratovanja, zaradi močne konkurence štajerskih železarn zaprli.

Pridobivanje lesnega oglja pa se po tem letu ni ustavilo, veliko oglja so namreč izvažali v Trst, kjer so ga uporabljali predvsem v gospodinjstvu.

Dograditev železnice Dunaj - Ljubljana - Trst, ki je povzročila zaton steklarstva na Slovenskem, je po drugi strani omogočila nov način izkoriščanja gozdov. Po letu 1857 se je začela razvijati lesna industrija. Najprej so začeli izvažati tesan les, kasneje pa tudi žaganega. Prvo parno žago so Auerspergi zgradili leta 1856 v vasi Travnik ob Loškem potoku. Žagali so predvsem hlode, posekane v revirjih Ravne in Podpreska.

Proti koncu 19. stoletja se je količina posekanega lesa močno povečala. V tem času so bile zgrajene številne žage, posek je znašal leta 1897 95.000 m³. Zaradi povečanega obsega sečnje so zgradili večje število cest in ozkotirnih železnic v gozdove Roga in druge predele Kočevske.

Po drugi svetovni vojni so v večini kočevskih gozdov poskušali prebiralno gospodariti. Rezultat povojnega truda se danes kaže v gozdovih z dokaj pestro strukturo in različnimi zgradbami sestojev - od enomernih in dvoslojnih do delno prebiralnih. Problemi, ki danes najbolj ogrožajo te sestoje, so slabo pomlajevanje, preštevilna rastlinojeda divjad in hiranje jelke. Hiranje jelke se po podatkih Inštituta za gozdove Slovenije nadaljuje. Povprečna osutost jelk v ribniško-kočevski regiji se je tako povečala z 41% v letu 1987 na 47% v letu 1995 (*Bogataj, osebna komunikacija*).

2.1.3.2 Notranjski gozdovi

Za večino notranjskih gozdov je značilno, da so že med leti 1707 in 1853 izgubili pragozdno obliko, kar je prej, kot se je to zgodilo s kočevskimi gozdovi.

Prvi znani lastniki teh gozdov so iz leta 1337, kasneje se zvrsti še veliko lastnikov, zadnji so bili plemiška družina Schönburg-Waldenburg, ki so ji po II. svetovni vojni nacionalizirali gozdove. Po podatku iz Jožefinskega katastra iz leta 1789 je imela snežniška gospoda 22.876 ha gozdov.

Gosposka je svoje gozdove dajala v najem ovčarjem, ki so gozd požigali, da bi pridobili pašnike. Na to njihovo početje spominjajo krajevna imena, kot npr. Mašunska požganina, Pogorišča ipd. Pašo so v snežniških gozdovih opustili med leti 1880-1900 (*Kindler 1957*).

Poleg izkoriščanja gozdov za pašo živine je gosposka dajala gozdove tudi v najem kmetom, ki so jih krčili in delali travnike ali "laze". Gosposki so morali za ta način uporabe gozdov

plačevati letno odškodnino oz. davek. V času vladavine Marije Terezije in Jožefa II. so kmetje postali lastniki lazov. Značilno za ta način izkoriščanja gozdov so večje površine gozda, posekanega na golo in spremenjenega v laze globoko v osrčju snežniških gozdov.

V najzgodnejšem obdobju gospodarjenja s temi gozdovi je še posebej prišlo do izraza brezobzirno izkoriščanje gozdnega bogastva ter slabo ravnanje z gozdom (paša, požiganje, pridobivanje pepelike in oglja).

Urejevalec Brettschneider je v načrtu, izdelanem leta 1890 zapisal, da je bilo leta 1789 ugotovljeno razmerje med lesno zalogo jelke in bukve 24:76 v korist bukve. Takratni sestoji so bili v glavnem dvoslojni, s starimi bukvami in jelkami v zgornjem in obilnim jelovim podmladkom v spodnjem sloju. Zaradi močnih sečenj bukve so močno presvetlili sestoji in spodbudili rast mladih jelk. Tako leta 1864 ugotavljajo, da se je spremenilo razmerje med lesno zalogo jelke in bukve v razmerju 49:51 v korist jelke. Posebno obsežne sečnje so opravili v drugi polovici 19. stoletja, ko so posekali zadnje ostanke starih jelovo-bukovih sestojev. Ker so zaradi velike količine lesa imeli težave kam z njim, so v Leskovi dolini leta 1873 postavili tovarno za suho destilacijo lesa. Ta je delovala približno 20 let, nato pa so jo zaradi nerentabilnosti zaprli.

Posledica močnih posegov v notranjske gozdove so bili enodobni sestoji s prevladujočo jelko. Pestra pragozdna struktura se je umaknila enodobni strukturi in ekološko bolj nestabilnemu gospodarskemu gozdu.

Z vidika razlage nihanja priraščanja jelke je pomembno obdobje med leti 1924 in 1936, ko so sestavljalci gozdnogospodarskih načrtov ugotovili precejšen porast lesnih zalog. V primerjavi z letom 1901, ko je bila lesna zaloga 140 m³/ha, se je v letu 1936 povečala na 215 m³/ha. Porast lesnih zalog pripisujejo bolj umirjenim sečnjam in pa predvsem premeni jelovo-bukovih gozdov v pretežno čiste jelove gozdove z visokim prirastkom. Leta 1924 ugotovljeno razmerje med jelko in bukvijo je bilo 72:28 v korist jelke. V bistvu so se približali obrnjenemu razmerju, kot je bilo tisto pred večjimi posegi v notranjske gozdove.

Po II. svetovni vojni so v vseh gozdnogospodarskih načrtih poskušali uveljavljati načelo prebiralnega gospodarjenja, ki pa zaradi različnih vzrokov ni dalo željenih učinkov. Utemeljitelj prebiralnega gospodarjenja je bil poznan gozdarski strokovnjak Leopold Hufnagel. Njegov koncept prebiralnega gospodarjenja se je relativno hitro izrodil v posek dreves, debelih 50 in več cm. Ker večina sestojev le ni imela izrazito prebiralne strukture in

ker gospodarjenje ni upoštevalo pravil, ki veljajo za prebiralne gozdove, se je prebiralno gospodarjenje relativno kmalu spremenilo v gospodarjenje z enoslojnimi gozdovi.

Kmalu so nastopili problemi z naravnim pomlajevanjem jelke in bukve in zaradi tega so na večjih golosekih poskušali s sadnjo smreke in drugih iglavcev. Za vse notranjske gozdove je značilno, da so zaradi vpliva nemške gozdarske prakse močno izsekavali bukev. Posledice so bile spremenjeno razmerje drevesnih vrst v korist iglavcev ter porušena naravna sestava in stabilnost dinarskih gozdov.

Značilnost gospodarjenja po II. svetovni vojni je močno sekanje v "planskih letih" 1947-1950. Po tem obdobju se je sečnja umirila in bila bolj ali manj v skladu z izračunanim etatom.

2.1.3.3 Območje kraških planot južno od Ljubljane

Nekaj raziskovalnih ploskev smo izbrali tudi v bližnji okolici Ljubljane. Ti jelovo-bukovi gozdovi se po Kordiševih trditvah namreč bistveno razlikujejo od delno pragozdnih gozdov Kočevske in Notranjske. Krmsko-Mokrška, Pokojiška, Rakitniška, Bloška in Logaška planota imajo v primerjavi s Kočevsko in Notranjsko bolj pestro in daljšo zgodovino izkoriščanja. Zaradi nižjih nadmorskih višin so ta območja relativno kmalu (13. in 14. stoletje) močno poselili. Gozdovi so bili v tistem času last gosposke na Igu, v Bistri in v Logatcu. Gozdovi so bili takrat dokaj težko dostopni, zato je gosposka naseljevala podložnike v bližini večjih gozdnih kompleksov, da so jih tako lažje izkoriščali. Posledice poselitve so bile izdatne krčine in nastanek novih naselij. Kolonizacija je trajala vse do konca 15. stoletja. Večina gozdov je bila v tistem času obremenjena s služnostmi in negativen vpliv na gozd se je z naraščanjem prebivalstva samo še povečeval.

Ljubljanski meščani, ki so imeli pravico do lesa za kurjavo iz primestnih gozdov, so te gozdove do začetka 17. stoletja dodobra izčrpali. Zaradi hudega pomanjkanja lesa so morali nove vire poiskati zunaj teh gozdov. Med najpomembnejšimi dobavitelji gradbenega in prostorninskega lesa so bili podložniki cistercijanskega samostana v Bistri ter logaška in ižanska gospoda. Les, ki je bil do tedaj zastonj, so morali sedaj ljubljanski meščani kupovati. Večino kupljenega lesa so plavili po Ljubljanici do Ljubljane.

Največ stavbnega lesa in drv so Ljubljančani kupili v gozdovih samostana Bistra, ki je zato začel omejevati posek, vendar je kmalu prišlo do spora med samostanom in mestom. Spor je bil rešen v korist mesta. Zaradi vse večjih potreb po lesu in vse pogostejših sporov v zvezi z

njegovim pridobivanjem je cesarska oblast skušala rešiti problem z "gozdnimi redi". Nekateri gozdni redi so vsebovali za tisti čas moderna dognanja o gojenju gozda.

Kljub dobremu namenu in deloma strokovnim podlagam pa gozdni redi niso prinesli željenega uspeha. Škode v gozdovih so se še kar nadaljevale in po zemljiški odvezi so kmetje gozdove dobili v svojo last.

Zaradi močnega izsekavanja listavcev je delež iglavcev v lesni zalogi močno naraščal in je leta 1955 znašal 76%. Velike količine posekanega lesa so v prvih povojnih letih zmanjšale lesno zalogo na slabih 200 m³. Zaradi porušenega naravnega ravnotežja je že takrat prihajalo do težav s pomlajevanjem jelke in delno bukve, s preštevilno divjadjo in z vdorom leske. Pred II. svetovno vojno in po njej so težave s pomlajevanjem poskušali rešiti s sajenjem smreke, zato je danes v gozdovih okoli Ljubljane delež smreke med iglavci skoraj 50%. Največji nenaravni smrekovi kompleksi so na Logaški in Pokojiški planoti.

Naravno se smreka širi predvsem na senožetih, kjer zaradi svojega pionirskega značaja dobro uspeva in se uspešno naravno pomlajuje.

V splošnem je zaradi različnih razlogov, predvsem goste poselitve, v bližnji okolici Ljubljane malo strnjenega jelovo-bukovega gozda. Največji kompleksi so Bistra pri Vrhniki (669 ha), Ravnik pri Planini (1523 ha) in Mokrec (1048 ha).

Gozdni kompleks Bistra pri Vrhniki je bil do leta 1782 v lasti cistercijanskega samostana Bistra. Ko je cesar Jožef II. ta red razpusil, je dal posest v upravljanje Verskemu zakladu. Devetdeset let kasneje je te gozdove kupila rodbina Galle, ki jih je imela v lasti vse do leta 1945. Do leta 1824 so v teh gozdovih gospodarili z oplodno sečnjo, ki so jo kasneje zamenjali z sečnjo na golo in sadnjo smreke. Upravitelj König je takrat ocenil, da oplodna sečnja ni ugodna za pomlajevanje jelke, zato je hotel slab jelov pomladek dopolniti s smreko. Posledica tovrstnega gospodarjenja je skoraj 200 ha smrekovih kultur z delno primešanimi listavci. Po letu 1937 je sečnjo na golo z dekretom prepovedala italijanska vojska in lastniki so uvedli nestrokovno prebiralno gospodarjenje. Ta način gospodarjenja je ostal še vrsto let po II. svetovni vojni. Wraber leta 1954 poroča o mestoma dobro ohranjeni naravni vegetaciji, hkrati pa poudarja, da je floristična sestava bistveno osiromašena in spremenjena.

Značilnost gospodarjenja po II. svetovni vojni je močno poseganje v gozd in močan upad lesnih zalog. Šele v zadnjih 40 letih z načrtnim gospodarjenjem lesne zaloge počasi naraščajo.

Gozdovi Ravnika so bili v začetku last logaške graščine, kasneje pa jih je od njih kupil Windischgrätz, lastnik javorniških in hrušiških gozdov. V njegovi lasti so ostali vse do leta 1945. Leta 1883 so izdelali prve gozdnogospodarske načrte in začeli s prebiralnim gospodarjenjem. V sestojih z enomerno strukturo so še naprej uporabljali oplodno sečnjo. Nepomlajene površine so zasadili s smreko. Po I. svetovni vojni so v redkih sestojih, ki so se slabo pomlajevali, vpeljali sečnjo na golo. Goličave so zasajevali s smreko.

Po letu 1945 so v planskih letih večkrat prekomerno posegli v gozd in povzročili močno zmanjšanje lesnih zalog. Po letu 1953 so uvedli prebiralno gospodarjenje, ki pa so ga prilagodili stanju posameznih sestojev.

Značilnost večdesetletnega gospodarjenja je stalno izsekavanje bukve in pospeševanje jelke. Posledica so bili sestoji s prevelikim deležem jelke (leta 1927 88% jelke) in relativno nizkimi lesnimi zalogami (leta 1961 240 m³/ha).

V zadnjih desetletjih delež jelke zaradi različnih razlogov upada in je znašal leta 1980 samo še 54%. Delno jo je zamenjala smreka, delno pa bukev. V zadnjih desetletjih počasi narašča tudi lesna zaloga (leta 1980 326 m³/ha).

V gozdovih Mokreca je 753 ha gospodarskih jelovo-bukovih gozdov, preostalo pa so varovalni gozdovi nad sotesko Iške. Gozdove na Mokrecu naj bi začeli izkoriščati dokaj pozno in to z nepravilnimi izbirnimi sečnjami - možno je, da so uporabljali Hufnaglov koncept prebiralnega gospodarjenja. Po letu 1910 so uvedli sečnjo na golo na največ 1 ha velikih površinah. Goloseke so pogozdili s smreko, ki pa zaradi pogostih snegolomov ni prinesla željenih rezultatov. Leta 1922 so prešli na prebiralno gospodarjenje.

V planskih letih po II. svetovni vojni so mokrške gozdove močno izsekali in lesna zaloga je bila pod 200 m³/ha. Po letu 1953 so močne sečnje ustavili in lesna zaloga je počasi začela naraščati (leta 1983 je znašala 299 m³/ha). Za razliko od prej omenjenih gozdnih kompleksov razmerje med jelko in bukvijo na Mokrecu ni bilo nikoli neugodno in sečnje na golo niso pustile v teh gozdovih večjih posledic. Tako je bilo leta 1930 razmerje med iglavci in listavci 55:45 v korist iglavcev, leta 1982 pa 48:52 v korist listavcev, delež smreke pa dosega komaj 9% skupne lesne zaloge.

2.1.3.4 Povzetek ključnih dogodkov, ki so odločilno vplivali na današnje stanje gozdov

1. Do konca II. svetovne vojne je bila večina gozdov v preučevanem območju v lasti več plemiških rodbin. Način gospodarjenja so dostikrat narekemale razmere na trgu in povpraševanje po lesu.
2. V zgodovini naseljevanja Notranjske, Kočevske in Ljubljane z okolico so bila področja Notranjske in okolice Ljubljane gosto poseljena. Kočevska je bila bistveno manj poseljena in tudi poselitev se je začela kasneje. Gozdovi v bližini naselij so bili obremenjeni s servituti, ki so gozd močno izčrpavali.
3. Gozdovi v osrčjih velikih gozdnih kompleksov Kočevske, Snežnika in Javornikov so zaradi nedostopnosti ohranili pragozdno obliko do 18. stoletja.
4. V gozdovih, obremenjenih s služnostnimi pravicami, so kmetje močno in neprekinjeno sekali skozi več stoletij. Sečnja je bila močno selektivna in posledica so velike površine degradiranih gozdov.
5. Nestrokovne selektivne sečnje so mešane jelovo bukove gozdove spreminjale v pretežno čiste jelove gozdove. Ti imajo danes dokaj nizko lesno zalogo, so biološko in mehansko nestabilni in jelka v njih postopno umira. Bukev je v napredovanju in njen delež v lesni zalogi se povečuje.
6. Zaradi nedostopnosti so gozdovi Kočevske ohranili svojo dokaj naravno zgradbo in mešanost sestojev ter relativno visoke lesne zaloge.
7. Notranjski gozdovi so zaradi ugodne geografske lege (bližina morja) hitro izgubili svoj pragozdni značaj. Močne in selektivne sečnje so bukev skoraj iztrebile, jelova populacija pa se je prekomerno razširila znotraj naravnega areala. Močne sečnje so tudi močno znižale lesno zalogo sestojev.

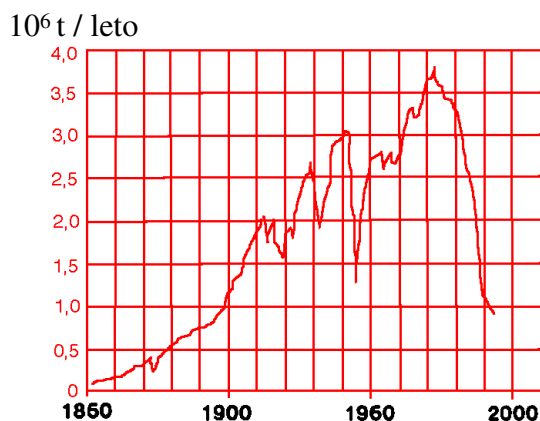
2.2 Propadanje gozdov - možni vzroki in teorije propadanja gozdov

Pri iskanju vzrokov za propadanje jelke v evropskem gozdu so različni avtorji prišlo do šestih možnih in medsebojno sinergistično delujočih vzrokov (Elling 1993).

- *Imisije žveplovega dioksida*

Z začetkom industrijske revolucije v Evropi v sredini 19. stoletja se je količina žveplovega

dioksida v ozračju začela strmo povečevati. Po II. svetovni vojni je količina SO_2 začela strmo naraščati zaradi pridobivanja elektrike v termoelektrarnah na premog. Višek je dosegla v 70. letih. Poleg SO_2 se v povojnih letih obnove, industrializacije in povečevanja prometa v Evropi pojavila še vrsta do tedaj nepomembnih škodljivih plinov (npr. NO_x , ozon, različni klorovodiki in pepel). Z uvajanjem nove zakonodaje in z uvedbo odžvepljevanja dimnih plinov v začetku 70. let se je količina SO_2 v prizadetih območjih močno zmanjšala in je padla na raven iz leta 1900 (Elling 1993).



Slika 2: Spreminjanje deleža SO_2 v ozračju od leta 1850 do danes v Nemčiji (velja samo za območje nekdanje ZRN).

Odziv jelke na SO_2 je v primerjavi z drugimi domačimi drevesnimi vrstami bistveno bolj izrazit. V Nemčiji so ugotovili, da se jelka na območjih z relativno visoko koncentracijo SO_2 v zraku, odziva z izgubo iglic, z izpadi branik in v skrajnem primeru z odmrtnjem drevesa. Dokaz njene občutljivosti je dejstvo, da se je stanje bistveno izboljšalo, ko so v 70. letih na Bavarskem začeli odžvepljevati dimne pline.

- *Napadi parazitskih gliv in epidemije*

Eden od možnih, vendar težko dokazljivih vzrokov za umiranje jelke, je teorija o epidemiji. Jelka naj bi bila domnevno žrtev virusne okužbe (Fink in Braun 1978; Kandler 1983). Po tej domnevi naj bi bile virusne okužbe v neposredni zvezi z upadanjem debelinskega prirastka pri jelki. Teorija je sprožila velik odmev vendar ni bila nikdar dokazana (Torelli, Oven, Zupančič, Križaj et al. 1992).

Teorija je temeljila na dejstvu, da so pri slabo vitalnih jelkah na koreninah skoraj po pravilu opazili parazitske glive, predvsem štorovko. Na tej osnovi so domnevali, da je štorovka glavni krivec za propadanje jelke. S kasnejšimi raziskavami (Holdenrieder 1986; Neger 1988) so to domnevo ovrgli, saj se je pokazalo, da je štorovka sekundarni parazit, ki ne

napada zdravih jelk. Pojav štorovke so opazili predvsem na jelkah, ki so bile precej prizadete in so imele močno presvetljeno krošnjo.

- *Zakisanje tal*

Teorija zakisanja tal in s tem spremembe življenjskih pogojev za vegetacijo v prizadetem območju temelji na dejstvu, da se SO₂, raztopljen v padavinski vodi, spremeni v šibko žveplovo kislino H₂SO₃, ki povzroča znižanje pH vrednosti v tleh, hkrati pa prek padavin vpliva na asimilacijski aparat. Teorija ni bila nikoli potrjena, ker so bila terenska opažanja v nasprotju s temeljno domnevo teorije. Velikokrat se je namreč zgodilo, da so pod hirajočimi jelkami našli vitalne in hitrorastoče mlade jelke. Kljub temu pa so raziskave pokazale (Bosch, Pfannkuch, Baum in Rehfuess 1983; Zech 1983; Bauch 1986), da lahko na revnih tleh zaradi vpliva kislega dežja pride do izpiranja K in Mg v tleh in s tem do pomanjkanja teh dveh pomembnih elementov v listnem aparatu.

Verjetnost, da bi v preučevanih gozdovih prišlo zaradi kislega dežja do zakisanja tal in pomanjkanja K, Mg in Ca ionov, je zaradi geološko-petrografske sestave preučevanega območja zanemarljiva.

- *Kasne zmrzali in poletne suše*

V Nemčiji so opazali močan upad prirastka pri jelki v treh značilnih negativnih letih 1929, 1940 in 1956. Ko so iskali vzroke za to, so podrobno preučili leti 1955 in 1956. Izkazalo se je, da sta bila december in januar pozimi 1955/56 relativno topla, februar pa izjemno mrzel, s temperaturami tudi okoli -30°C. V tem letu je bil pri vseh preučevanih jelkah prirastek izjemno majhen in je kazal v primerjavi s predhodnimi leti stresni odziv jelke na hud mraz v februarju (Elling 1993). V letih, ki so sledila, si je večina jelk opomogla in normalno priraščala naprej. Zanimivo je, da smreka v tem letu sploh ni reagirala na neugodne vremenske razmere.

Ekološke študije jelke so pokazale, da je jelka izredno občutljiva na pomanjkanje vlage v tleh in zraku. Na osnovi opažanj so postavili teorijo o pomanjkanju vlage v tleh. Teorijo je vsaj delno potrdilo tudi sušno in vroče leto 1976, ko se je število odmrlih jelk sunkovito povečalo. Kasnejše raziskave so pokazale, da verjetno suša ni bila primarni vzrok za tako veliko število odmrlih jelk, ampak je šlo po vsej verjetnosti za splet neugodnih dejavnikov (onesnaževanje ozračja z SO₂, huda suša in napad parazitskih gliv). To dejstvo so kasneje potrdila opazovanja zdravih jelk, ki so sušo dokaj uspešno preživele. Močnejše prizadete jelke, ki so imele zaradi okužbe s parazitskimi glivami delno odmrli koreninski sistem, niso

bile sposobne zagotoviti dovolj vode za asimilacijskih aparat in so zato odmrle. Ugotovitve torej kažejo, da vodni stres ni primarni razlog za odmrtnje dreves, ampak gre za splet različnih, za rast jelke neugodnih dejavnikov.

- *Spreminjanje cenotskega položaja zaradi upadanja vitalnosti*

Eden od možnih vzrokov za propadanje jelke je lahko tudi spreminjanje socialnega položaja v sestoji, ki je posledica slabljenja vitalnosti. Zaradi večletnega vplivanja negativnih dejavnikov pride zaradi splošne oslabelosti drevesa in presvetljene krošnje do nazadovanja prirastka, presvetlitve krošnje in končno do spremembe socialnega položaja. V primerjavi z jelkami, ki so manj prizadete, prizadeta jelka ni več konkurenčno sposobna in začne izgubljati konkurenčni boj. Raziskave (Abetz 1985; Gerecke 1990) so pokazale, da je za uspešen konkurenčni boj najbolj ugodna relativno velika jelova krošnja. Takšne jelke tudi lažje preživijo neugodne razmere in so po prenehanju negativnega vpliva sposobne ponovno vstopiti v konkurenčni boj.

V zgodovini propadanja jelke ločimo tri obdobja umiranja gozdov. Prvo obdobje je obdobje t.im. **klasičnega umiranja gozda**. Pod tem pojmom razumemo stresne, zelo hitre upade debelinskega prirastka v letih 1929, 1940 in 1956 (Elling 1993). Značilna za ta obdobja sta hiter padec nato pa hiter dvig prirastka. Pri tem tipu umiranja je možno, da se prirastek po močnem padcu ne povrne več na prejšnji nivo, ampak ostane trajno na nižjem nivoju. Če je padec večji kot 60% glede na prejšnja štiri leta in traja še naslednja tri leta, lahko govorimo o abruptnih prirastnih spremembah (Schweingruber 1986; Schweingruber, Albrecht, Beck, Hessel et al. 1986). Pri iskanju vzrokov za tako nenadno reakcijo jelk so prišli do spoznanja, da so bile zime v letih 1928/29, 1939/40 in 1955/56 relativno tople, z zelo hladnim februarjem. Februarja je pri jelki zimska dormanca že zaključena in drevo čaka na ugodne pogoje za začetek rasti. Očitno je, da ravno zaradi spleta neugodnih okoliščin, toplega decembra in januarja ter zelo mrzlega februarja, prišlo do poškodbe kambija. Za Bavarski gozd (Nemčija) navajajo, da je trajalo kar dve do tri leta, da si je jelka opomogla (Elling 1993). Kljub temu se zdi da zmrzali niso edini razlog za tako imenovano klasično umiranje gozda.

V 60-tih letih začnejo v številnih evropskih jelovih gozdovih opazovati znake pešanja debelinskega prirastka jelke, ki pripelje do popolnega upada debelinskega priraščanja v letih 1972-1974. Ta pojav so poimenovali **novodobno umiranje gozda**. Značilnost tega obdobja je

močna in dolgotrajna prirastna depresija ter izpad branik pri mnogih preučevanih jelovih drevesih. Zanimivo je, da so pri preučevanih drevesih opazili prvi izpad branik okoli leta 1940, vendar le pri nekaterih, močneje prizadetih drevesih. Leto 1976, evropsko negativno značilno leto, je stanje samo še poslabšalo. Močna prirastna depresija je trajala vse do leta 1981, ko se začne prirastek nenadoma izboljševati. Porast prirastka opazijo v več državah srednje Evrope (Elling 1993). Po letu 1983 pri jelkah ne opazijo več izpadov branik (Elling 1993) in zato to obdobje pogostokrat imenujemo **obdobje povečevanja prirastka**. Značilno za to obdobje je počasno, a stalno povečevanje prirastka jelke. Pozitivni trend opažajo v večini srednjeevropskih držav in tudi v Sloveniji (Prelc, Veselič in Jež 1993). Izboljšanje lahko opazimo pri rahlo in srednje prizadetih jelkah, medtem ko močno prizadete jelke neustavljivo propadajo. Naše raziskave kažejo (Torelli in Čufar 1995), da izboljšanja stanja jelke ne smemo nekritično obravnavati, saj v večini študij manjkajo podatki o mortaliteti dreves. Na dveh stalnih raziskovalnih ploskvah v Bistri in na Ravniku je bila mortaliteta v obdobju 1988-1994, ko naj bi se stanje jelke začelo izboljševati, zelo visoka - 28% v Bistri in 17% na Ravniku.

2.3 Propadanje jelke

S problemom umiranja jelke smo se v Sloveniji prvič resneje srečali v petdesetih letih, ko so nekateri gozdarji začeli opazovati povečan obseg sušenja jelke. Tako v gozdnogospodarskem načrtu za enoto Ravnik preberemo, da urejevalec prvega veljavnega gozdnogospodarskega načrta za obdobje 1960-1970 opaža povečan obseg sušenja jelke (Kočar 1989; Kočar 1990). Ta pojav opažajo tudi pri kasnejših revizijah načrta v letih 1970, 1980 in 1990 (Kermavnar 1992).

Pojav, ki so ga takrat na novo odkrili, ni bil nov. Kordiš (1993) omenja, da je v virih zasledil podatek, da se je jelka v gospodarskih sestojih sušila že v začetku tega stoletja. Takrat še niso pripisovali temu pojavu nobene večje teže in nihče ni zaslutil, da je to v bistvu začetek globalnega odmiranja jelke, katerega posledic in vzrokov še danes ne znamo dovolj dobro razložiti.

V Sloveniji so v šestdesetih letih prvič pisali o problemu umiranja jelke (Mlinšek 1964), v osemdesetih letih so v Sloveniji začeli sistematično preučevati globalno umiranje gozdov (Šolar 1986). Na osnovi nacionalne inventure umiranja gozdov se je prvič dalo objektivno oceniti obseg poškodovanosti slovenskih gozdov (glej npr. Levanič 1990). V istem obdobju se

je na osnovi povečanega zanimanja za jelko začel raziskovalni projekt študija jelke in spremljanja trendov v dveh jelovih populacijah - na Ravniku in Pokojišču. Na skupno 295 sistematično izbranih drevesih je bila v obdobju 1988 - 1994 zabeležena visoka mortaliteta v jelovi populaciji in nagel prehod jelk iz razreda zdravih (električna upornost=ER 6-10 k Ω) v razred prizadetih (ER 10-13k Ω) in močno prizadetih (ER nad 13 k Ω) (Torelli 1995; Torelli in Čufar 1995; Torelli, Čufar in Oven 1995). Na osnovi svojih raziskav domnevajo, da je onesnaževanje okolja le eden izmed možnih vzrokov umiranja jelke. Rezultat skoraj desetletnega sistematičnega spremljanja stanja jelke v dinarskem območju so številne raziskave na jelki (Šolar 1986; Čufar 1990; Torelli, Robič, Zupančič, Oven et al. 1990; Ferlin 1991; Čufar, Robič, Torelli in Kermavnar 1994; Logar 1994; Oven in Torelli 1994; Čufar, Levanič in Torelli 1995; Čufar, Robič, Torelli in Kermavnar 1995; Levanič in Čufar 1995; Torelli in Čufar 1995; Torelli, Čufar in Oven 1995; Čufar, Robič, Torelli in Kermavnar 1996).

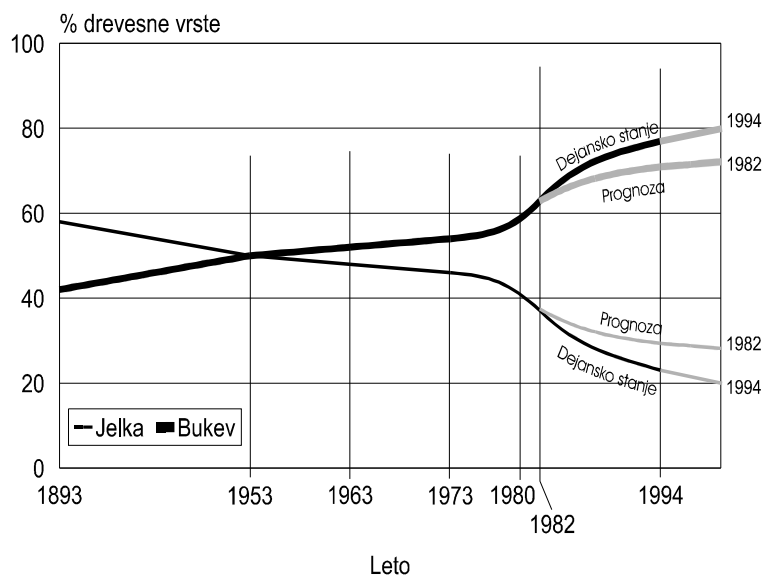
Dodatne študije (Robič in Bončina 1990) so pokazale, da je zelo pomemben vzrok za moteno obnovo gozda tudi preštevilna rastlinojeda divjad, ki onemogoča naravno obnovo jelovih sestojev.

V iskanju možnih razlogov za propadanje nekdanj vitalne jelove populacije se mnogi avtorji (Schweingruber 1986; Barbu 1995; Enescu 1995; Wiedenbach 1995) strinjajo, da so glavni vzroki za propadanje neustrezno gospodarjenje z jelovo-bukovimi gozdovi in neustrezna sestojna klima ob sočasnem neugodnem delovanju globalnega onesnaževanja okolja. Svoje k mehansko in biološko oslabeledim sestojem dodajo še pogoste gradacije lubadarjev in v zadnjem času pogoste suše.

Glede na različne teorije o propadanju gozda so zanimive študije naravne alternacije drevesnih vrst, predvsem jelke in bukve v pragozdu Pečka (Kotar 1994). Pragozd Pečka je tipičen dinarski jelovo-bukov gozd, kjer praktično nikoli niso gospodarili in je zato obdržal bolj ali manj nespremenjeno pragozdno strukturo. Kotar ugotavlja, da je v pragozdu Pečka prišlo v zadnjih 100 letih do močne naravne zamenjave deleža jelke in bukve. To pojasnjuje z naravno dolgoročno dinamiko pojavljanja in izginjanja jelke v pragozdu (SLIKA 3). Vendar pa je po letu 1980 zmanjševanje deleža jelke v skupni lesni zalogi veliko večje kot bi bilo pri naravni izmenjavi jelke z bukvijo. Po letu 1982 je jelka propadala v šopih in skupinah v razgraditvenem kakor tudi v optimalnem razvojnem stadiju pragozda. To pa nas opozarja, da

v tem primeru - ker gre za pragozdni ostanek - ni glavni vzrok propadanja neustrezno gospodarjenje. Kot možen vzrok za pospešeno propadanje jelke v obdobju 1982-1994 v pragozdu Pečka so lahko številna sušna obdobja v vegetacijski dobi. V tem času (1982-1994) beležimo v Sloveniji nadpovprečno število izrazito sušnih let. Izredno hitro zmanjševanje deleža jelke v pragozdu Pečka po letu 1982 je torej rezultat naravne alternacije, velikega števila sušnih let v tem obdobju, onesnaženega ozračja ter popolne odsotnosti vraščanja mladih jelk, kar je posledica prevelike gostote populacije jelenjadi. Če ne bo prišlo do sprememb oziroma prenehanja delovanja teh dejavnikov, bo jelovo-bukov pragozd Pečka prerasel v bukov gozd z nepomembnim deležem jelke.

Te študije tako neposredno dokazujejo, da je zamenjava drevesnih vrst v pragozdu nekaj povsem naravnega in izginjanja ene drevesne vrste še ne moremo enačiti samo z njenim propadanjem. Hkrati pa študija tudi opozarja, da lahko neugoden splet okoliščin (suša, divjad, onesnaževanje..) močno vpliva na strukturo sestojev in mešanost drevesnih vrst.



Slika 3: Spreminjanje razmerja med jelko in bukvijo v pragozdu Pečka v zadnjih 100 letih. S sivo barvo so prikazane prognoze poteka razmerja med jelko in bukvijo na osnovi stanja iz leta 1982 in 1994. Delež jelke v letu 1994 je bil v primerjavi s prognozo iz leta 1982 še nekoliko manjši, kar verjetno lahko pripišemo številnim sušnim letom.

2.3.1 Simptomi propadanja

Tipični simptomi pešanja vitalnosti jelke so presvetlitev oz. redukcija krošnje, osip iglic, upad debelinskega in višinskega prirastka ter pojav suhih vej in vejic (Schüt 1988). Do presvetlitve

pride zaradi predčasnega odpadanja najstarejših iglic. Po podatkih iz literature (*Bauch 1975*) živijo iglice na zdravih jelkah 11-12 let, na umirajočih pa le 3-4 leta. Zaradi zmanjšane listne površine upade fotosinteza in s tem neto produkcija, kar ima za posledico pomanjkanje asimilatov za živa tkiva in upad prirastka (*Čufar 1990; Torelli, Robič, Zupančič, Oven et al. 1990*).

Proces propadanja krošnje poteka od spodaj navzgor in od znotraj navzven. Odziv jelke na presvetljevanje krošnje je aktivacija supresiranih (spečih) popkov in iz njih razvoj epikormskih vej. Formira se sekundarna krošnja. Ustrezno razvita sekundarna krošnja upočasni propadanje jelke.

Pomemben simptom pešanja vitalnosti je močno upočasnjena rast terminalnega poganjka ob normalni rasti stranskih vej v vrhu krošnje. Posledica je patološka deformacija oblike krošnje tako imenovano "štorkljino gnezdo".

Z nadaljnjimi analizami propadajočih jelk so ugotovili, da prihaja do delnega ali popolnega izpada branik in do pojava anormalnega mokrega srca (*Čufar 1990*). Ugotavljajo tudi, da prihaja do številnih poškodb genskega materiala (*Druškovič 1986*), vendar te ugotovitve niso dokazane. Prizadete jelke imajo bistveno omejeno možnost fruktifikacije in odganjajo prej kot neprizadete jelke (*Čufar, Robič, Torelli in Kermavnar 1994; Čufar, Robič, Torelli in Kermavnar 1996*). Z bioelektričnimi meritvami prevodnosti živih tkiv (*Torelli, Robič, Zupančič, Oven et al. 1990*) so ugotovili, da imajo delno in močno prizadete jelke višjo električno upornost (nad 9 k Ω) kot zdrave.

S slabšanjem stanja jelke prihaja tudi do številnih fizioloških in morfoloških sprememb pri nastajanju lesa in skorje. Tako ugotavljajo, da je pri jelki, ki je močno poškodovana od žveplovega dioksida prehod med ranim in kasnim lesom ostrejši, da je branika ožja, da pa je delež kasnega lesa večji, število traheid se povečuje, njihova dolžina se skrajšuje, hkrati pa se zmanjšuje premer lumnov (*Liese, Schneider in Eckstein 1975*). Število pikenj v traheidah se s stopnjo poškodovanosti povečuje.

3 MATERIAL IN METODA

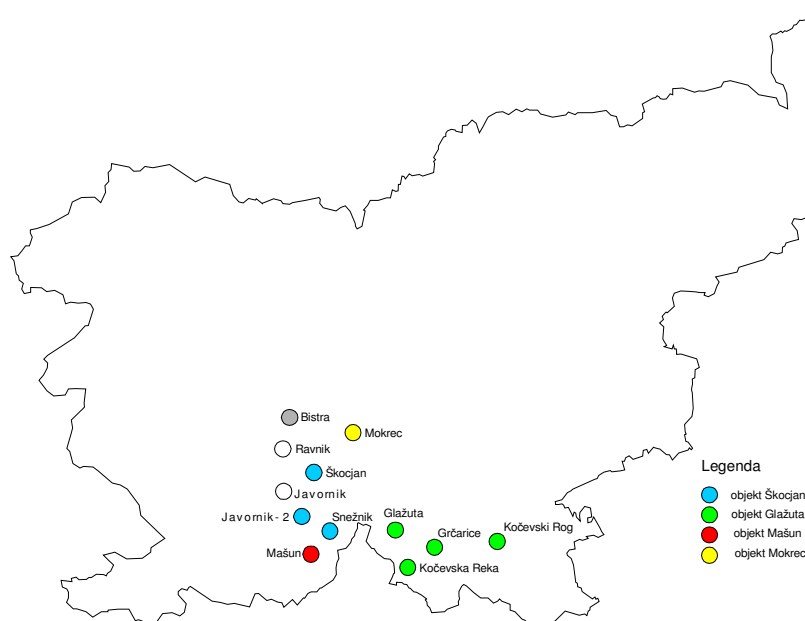
3.1 Raziskovalne ploskve

Dendrokronološke raziskave jelke smo opravili v Dinarskem fitogeografskem območju. Delno ali v celoti ga pokrivajo tri območne enote Zavoda za gozdove Slovenije - OE Ljubljana, OE Kočevje in Postojna in se med seboj glede na zgodovino gospodarjenja z dinarskim jelovo-bukovim gozdom precej razlikujejo. Po geološko-petrografskih značilnostih so preučevane ploskve bolj ali manj homogene. Na vseh raziskovalnih ploskvah je prevladovala apnenčasta matična podlaga z različno globokimi rjavimi tlemi.

3.1.1 Izbira raziskovalnih ploskev

3.1.1.1 Opis sestojev in lokacija raziskovalnih ploskev

Raziskovalni objekti so bili locirani v Dinarski fitogeografski regiji, ki obsega območje v trikotniku Ljubljana - Postojna - Ilirska Bistrica in Ljubljana - Ribnica - Kočevje - Novo mesto. Na sliki 4 so v karti Slovenije vrisane vse raziskovalne ploskve. Ploskve smo po geografski pripadnosti združili v skupine in jih v vseh nadaljnjih analizah obravnavali skupaj. Ploskve s krogom bele barve so obravnavane kot samostojen objekt. Ploskev Bistra, krog sive barve, je bila obravnavana samo pri oblikovanju regionalne standardne kronologije.



Slika 4: Lokacija raziskovalnih ploskev. Z različnimi odtenki sive barve so označene ploskve, ki smo jih v nadaljnjih obdelavah obravnavali kot eno skupino. Neobarvani krogi so samostojni raziskovalni objekti.

Sintaksonomsko sodijo obravnavani sestoji v asociacijo Abieti-Fagetum dinaricum, ki se naprej deli v številne subasociacije (PREGLEDNICA 1). V preglednici 2 so osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah. Več o njih je v obrazcu Opis sestojev prilogi 1.

Preglednica 1: Sintaksonomska opredelitev raziskovalnih ploskev (AFd je okrajšava za Abieti-Fagetum dinaricum).

Ime projekta	GGE	Odd./ Odsek	Sintakson
DENDROKRONOLOŠKE ANALIZE			
BISTRA	Vrhnik	12	AFd dentarietosum
	Bistra	6,7,11	AFd dentarietosum
RAVNIK	Ravnik	13,14,17, 18,19,20, 21,22,24, 25,26,28 in 29	AFd galietosum odoratae (=omphalodetosum), dentarietosum, hacquetietosum in asaretosum (=clematidetosum)
JAVORNIK	Javornik	7a	AFd omphalodetosum, AFd orvalaetosum
MOKREC	Mokrec	38	AFd omphalodetosum, AFd hacquetietosum
	Mokrec	44	AFd omphalodetosum, AFd mercurialetosum, AFd hacquetietosum
	Mokrec	33	AFd omphalodetosum, AFd mercurialetosum, AFd hacquetietosum
MAŠUN	Mašun	17b	AFd lycopodietosum in delno AFd homogynetosum
	Mašun	15d,e	AFd lycopodietosum, AFd omphalodetosum po grebenu oddelka pa Neckero-Abietetum
	Mašun	16b	AFd omphalodetosum in AFd mercurialetosum
	Mašun	6e	AFd omphalodetosum
	Mašun	5d	AFd mercurialetosum
	Mašun	3b	AFd homogynetosum in AFd mercurialetosum
GLAŽUTA	Glažuta	123	AFd festucetosum, AFd aceretosum
	Glažuta	107	AFd festucetosum, AFd aceretosum, AFd neckeretosum
	Grčarice	160	AFd neckeretosum
	Grčarice	154	AFd typicum, AFd aceretosum, AFd scopolietosum
	Ravne	6+8	AFd aceretosum delno AFd neckeretosum
	Gotenica	91	AFd festucetosum, AFd aceretosum, AFd omphalodetosum
	Rog	20b	AFd omphalodetosum
	Rog	53a	AFd omphalodetosum
ŠKOCJAN	Javornik	23	AFd omphalodetosum, AFd mercurialetosum
	Javornik	45	AFd omphalodetosum, AFd mercurialetosum
	Snežnik	12b+2b	AFd omphalodetosum, AFd mercurialetosum
	Škocjan	3h	AFd asaretosum
DEBELNE ANALIZE			
KOČEVJE	Glažuta	102	AFd festucetosum AFd aceretosum AFd neckeretosum
	Mašun	17b	AFd lycopodietosum in delno AFd homogynetosum

Preglednica 2: Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah.

Ime projekta	Št. ploskev	Št. dreves	GG	GGE	Odd Odsek	Azimut (v °)	Dolžina transeкта (v m)
DENDROKRONOLOŠKE ANALIZE							
BISTRA	2	38	Ljubljana	Vrhnika	12		
				Bistra	6,7,11		
RAVNIK	1	40		Ravnik	13,14,17, 18,19,20, 21,22,24, 25,26,28 in 29	Transekt dolžine 7.5 km	
JAVORNIK	1	16	Postojna	Javornik	7a	175°	350
MOKREC	4	13	Ljubljana	Mokrec	38	200°	270
		13		Mokrec	44	X	krožen transekt
		13		Mokrec	33	170°	400
MAŠUN	6	15	Postojna	Mašun	17b	240°	200
		15		Mašun	17b	30°	400
		15		Mašun	15d,e	330°	600
		15		Mašun	16b	315°	850
		15		Mašun	6e	360°	80
		15		Mašun	6e	60°	350
		15		Mašun	5d	305°	500
		15		Mašun	3b	205°	400
GLAŽUTA	2	15	Kočevje	Glažuta	123	20°	600
		15		Glažuta	107	230°	400
	2	15		Grčarice	160	290°	300
		15		Grčarice	154	325°	500
	2	15		Ravne	6+8	100°	650
		15		Gotenica	91	120°	600
	2	15		Rog	20b	180°	550
		15		Rog	53a	155°	700
ŠKOCJAN	4	15	Postojna	Javornik	23	180°	800-850
		15		Javornik	45	X	krožen transekt
		15		Snežnik	12b+2b	160°	900
		15		Škocjan	3h	X	krožen transekt
DEBELNE ANALIZE							
KOČEVJE	1	9	Kočevje	Glažuta	102	X	X
	1	9	Postojna	Mašun	17b	X	X

3.2 Testna drevesa

3.2.1 Kriteriji za izbiro dreves

V raziskavo so bila vključena odrasla jelova drevesa s primerljivim cenotskim statusom (vladajoča ali sovladajoča po Kraftu) iz sestojev v fazi debeljaka. Vsa drevesa so bila brez vidnih mehanskih poškodb na deblu. Posebej je bil zabeležen pojav epikormskih vej (sek. krošnja). V analizi smo upoštevali drevesa vseh stopenj osutosti razen sušic. Prizadetost vseh dreves je bila ocenjena vizualno po modificirani Bosshardovi metodi (Bosshard 1986). Glede na stopnjo prizadetosti smo vsa drevesa razdelili v tri skupine (PREGLEDNICA 3). Drevesa na

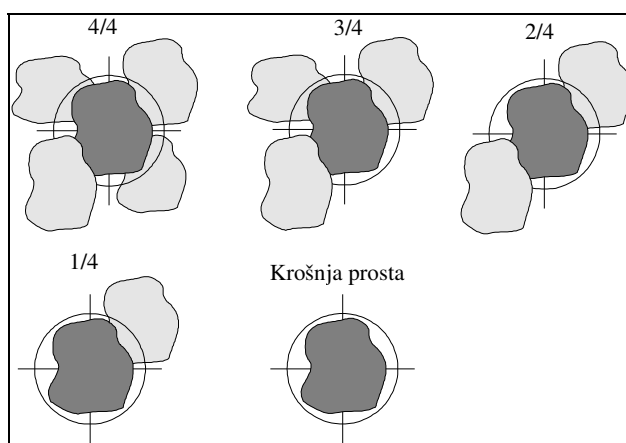
ploskvah Bistra in Ravnik so bila izmerjena tudi z bioelektrično metodo (Torelli, Robič, Zupančič, Oven *et al.* 1990).

Da bi bil vzorec v okviru ploskve čimbolj reprezentativen, smo vzorčili v transektih. Na vsakih 20-25 m smo izbrali drevo najbližje transektu. Drevo smo izbrali, če je ustrezalo omenjenim kriterijem. Normalna dolžina transekta je bila med 400 in 600 m.

Preglednica 3: Modificirana Bosshardova lestvica za ocenjevanje zdravstvenega stanja dreves.

Ocena	Opis ocene
1	Navidezno zdravo drevo, osutost krošnje do 25%
2	Intermediarno drevo, osutost krošnje 26-75%
3	Močno prizadeto drevo, osutost krošnje nad 75%
4	Sušica

Poleg zdravstvenega stanja in cenotskega statusa smo drevesom ocenili še utesnjenost krošnje in izmerili premer. Pri ocenjevanju utesnjenosti krošnje smo upoštevali tudi morebitne sveže panje v bližini analiziranih dreves. Pojav takih panjev smo zabeležili in približno ocenili njihovo starost. Pojav panjev v bližini dreves nam je pomagal pojasniti morebitna močnejša nihanja prirastka v zadnjih 10-30 letih. Utesnjenost krošnje smo ocenjevali po četrtinah (SLIKA 5).



Slika 5: Grafični prikaz vizualnega ugotavljanja utesnjenosti krošnje: 4/4 pomeni, da je krošnja z vseh strani utesnjena, 1/4 pa, da je utesnjena samo ena četrtina krošnje.

3.3 Dendrokronološke analize

3.3.1 Vzorci

3.3.1.1 Odvzem vzorcev

Izvrte, debeline 5 mm, smo odvzeli v prsni višini drevesa (1.30 m) s prirastoslovnim svedrom znamke SUUNTO, dolžine 350 in 400 mm in zunanjim premerom 12 mm. Vrtali smo vedno do stržena, z dveh nasprotnih strani vzporedno s padnico.

Vzorec smo takoj po odvzemu zalepili v lesen nosilec z utorom, opremili s 15 mestno šifro in shranili. Šifra je bila za vse ploskve sestavljena po naslednjem ključu:

Primer:

A95GLA001011ABI

ŠIFRA	POMEN ŠIFRE
A	Smer vrtanja
95	Leto zadnje popolne branike
GLA	Šifra projekta
001	Številka drevesa
01	Višina odvzema izvrtka
1	Zaporedna številka ponovitve meritve (velja samo pri ponovitvah meritve)
ABI	Drevesna vrsta (po lastnem šifrantu)

Na nekaterih raziskovalnih ploskvah smo imeli možnost dobiti kolobarje. Kolobarje debeline 5-7 cm smo odvzeli na višini 5.10 m ali 4.10 m. Po odvzemu smo kolobar opremili s šifro in shranili.



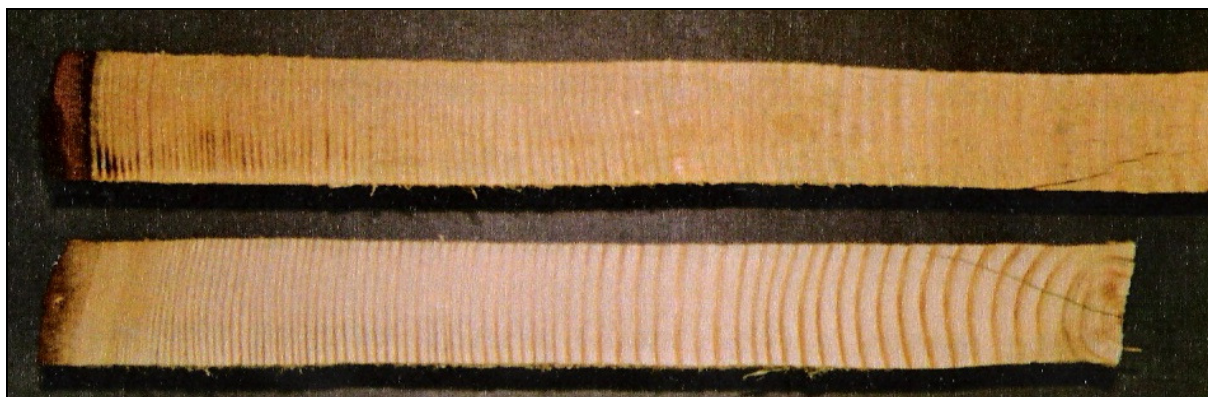
Slika 6: Odvzem vzorcev - izvrtkov v gozdu (a) in oprema za oceno in izmero drevesa ter odvzem izvrtkov (b).

3.3.1.2 Laboratorijska priprava vzorcev za meritve

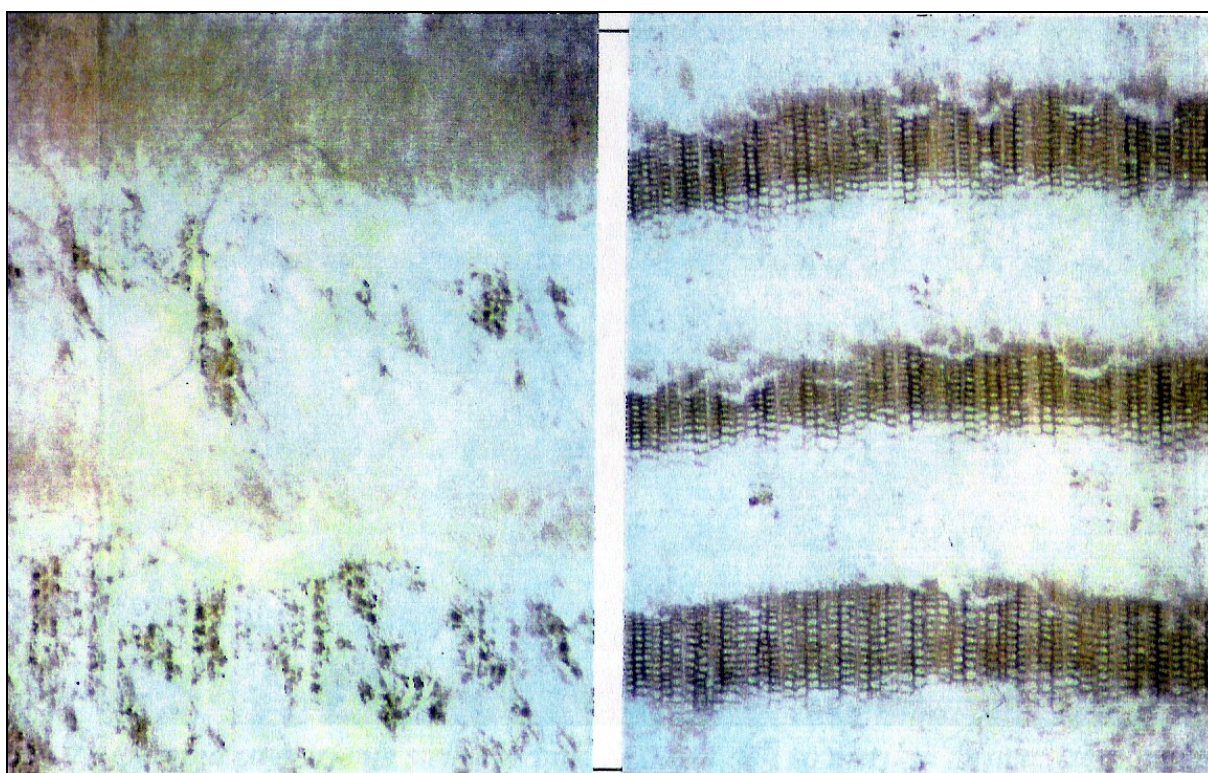
Na terenu odvzete in v lesene nosilce zalepljene izvrtke smo pred nadaljnjimi obdelavami posušili do zračne suhosti, skrčke lesa smo pri tem zavestno zanemarili. Posušene izvrtke smo površinsko obdelali z ročnim vibracijskim brusilnikom in brusnimi papirji granulacije P180, P400 in P800. Brusili smo najprej z grobim brusnim papirjem, nato pa s srednje finim vodobrusnim papirjem št. P400 in na koncu še z ultrafinim vodobrusnim papirjem št. P800. Po brušenju smo s pomočjo stereomikroskopa ločili posamezne traheide, tako da so bile jasno vidne tudi najožje, 0.04 - 0.05 mm široke branike.

Površinsko osušene kolobarje je bilo potrebno najprej poravnati s tračno žago, nato pa smo jih poskobljali. Izbrane smeri merjenja smo pred merjenjem še dodatno obrusili z ročnim vibracijskim brusilnikom in z brusnimi papirji po postopku, kot je opisan za pripravo izvrtkov.

V primeru, da z brušenjem nismo dosegli dobre vidnosti branik, smo površino še dodatno obdelali s krednim prahom. Kreda smo nadrobili na vzorec, potem pa prah utrl v les.



Slika 7: Neobrušen vzorec (a) in ustrezno pripravljen vzorec (b) - makro pogled.



Slika 8: Neobrušen vzorec (a) in obrušen vzorec (b) pod stereomikroskopom.

3.3.2 Računalniška obdelava vzorcev

3.3.2.1 Merjenje širine branik

Površinsko ustrezno pripravljene vzorce smo izmerili na merilni mizici LINTAB (proizvajalec Rinn, Nemčija) z natančnostjo 1/100 mm, ki je prek CENTRONICS kabla povezana z osebnim računalnikom. Sestavni deli opreme za merjenje širine branik so še stereomikroskop znamke OLYMPUS, barvna raziskovalna video kamera SONY, povezana z barvnim SONY Trinitron monitorjem ter osebni računalnik 80486 z VGA barvno grafično kartico, črnobelim

VGA zaslonom, s 4 Mbyti RAMa in 40 Mbytnih trdim diskom. Merilni računalnik je prek računalniške mreže povezan z računalnikom PENTIUM 75 s 16 Mbyti RAMa, 17 inčnim barvnim monitorjem in 850 Mbytnim trdim diskom. Na njem potekajo vsa iz vrednotenja, merilni računalnik pa služi le za zajemanje podatkov in sprotno kontrolo pravilnosti meritev.

Na obeh računalnikih teče program TSAP/x (*Rinn 1989*) s katerim podatke grafično in numerično preverjamo, navzkrižno primerjamo (sinhroniziramo) in analiziramo z različnimi matematično-statističnimi metodami. Program omogoča tudi prenos podatkov v druge dendrokronološke programske pakete - DPL (*Holmes 1994*), DENDRO (*Levanič, neobjavljeno*) in VSHOW (*Leuschner, neobjavljeno*).



Slika 9 : Oprema za merjenje širine branik. Sestavni deli so merilna mizica, stereomikroskop, barvna video kamera, barvni video monitor in osebni računalnik.

3.3.2.2 Grafična kontrola točnosti meritev v programu TSAP

Grafična kontrola podatkov je prvi in nujni korak preverjanja točnosti meritev. Vsaka serija meritev je bila ponovljena dvakrat in takoj preverjena na zaslonu. Vsa večja odstopanja smo preverili, in če se odstopanj ni dalo razložiti, smo ponovili meritev. Ko sta si bili dve meritvi dovolj podobni, smo eno vzeli v nadaljnje obdelave, drugo pa shranili v arhiv in je v

nadaljnjih analizah nismo več uporabljali. Tako je podatke vedno mogoče preveriti.

Nadzor točnosti meritev je potekal neposredno na računalniškem zaslonu, in sicer tako, da smo krivulje premikali levo in desno po zaslonu in iskali najboljše prekrivanje. Pri tem nam je delo olajšalo dejstvo, da smo poznali leto odvzema vzorcev.

Problem je nastopil pri močno prizadetih in prizadetih drevesih, kjer je pogosto prišlo do izpada branik in je bilo treba izpade identificirati s standardno krivuljo zdravih dreves.

Postopek grafične kontrole podatkov je zaradi omejene širine ekrana omejen na 120 let naenkrat. Program sicer omogoča prikaz neomejeno dolge časovne serije, vendar je prikaz, daljši od 120 let, močno pomanjšan in zato ni dovolj pregleden, da bi lahko razložili pomembne podrobnosti. Daljše kronologije smo kontrolirali tako, da smo določili časovno okno, skozi katerega smo opazovali kronologijo in se pomikali vzdolž njega. Posebno problematične kronologije smo izrisali s tiskalnikom na papir in jih ročno sinhronizirali in datirali.

3.3.2.3 *Sinhronizacija kronologij*

Preverjena zaporedja širin branik smo s pomočjo računalnika in programa TSAP/x primerjali med seboj in iskali sinhrono lego. Sinhronizacija je postopek, s katerim ugotovimo leto nastanka branike. Za sinhrono velja tista lega, kjer je t-vrednost po Baillie-Pilcherju (*Baillie in Pilcher 1973*) največja, in kjer se hkrati obe primerjani krivulji tudi vizualno dobro ujemata.

V praksi poteka sinhronizacija tako, da v bazi podatkov izberemo zaporedje širin branik zdrave, dobro rastoče jelke brez izpadov branik. Potem izberemo iz baze še naslednjih pet krivulj in jih eno za drugo primerjamo z izbranim zaporedjem širin branik. Pri tem prvo zaporedje širin branik služi le za osnovo. Ko najdemo sinhrono lego vsem analiziranim zaporedjem širin branik, shranimo sinhrono pozicije na računalniški medij. Postopek ponavljamo do konca. V drugem koraku naredimo navzkrižno primerjavo sinhronih leg. Če se ujemajo, podatke shranimo na disk in arhiviramo, v nasprotnem pa poiščemo problematične kronologije, jih izrišemo in ročno sinhroniziramo. Zaporedja širin branik, ki se jih ne da sinhronizirati, izločimo in shranimo posebej. Pri sinhronizaciji smo za vsa analizirana zaporedja širin branik vodili zapisnik, kjer smo beležili različne pomembne informacije, ki se jih ne da shraniti v računalniku.

Postopek sinhronizacije zaporedij širin branik nam omogoča tudi iskanje izpadlih branik, kar

ni mogoče z nobeno drugo metodo. Iskanje manjkajočih branik je zapleten in zamuden postopek, za katerega potrebujemo dobro pokrito lokalno kronologijo. S pomočjo lokalne kronologije lahko poiščemo, kje na primerjanem zaporedju širin branik pride do zamikov v primerjavi z lokalno kronologijo. S premikanjem zaporedja širin branik ob lokalni kronologiji lahko že na zaslonu ugotovimo, ali je na določenem mestu prišlo do izpada branike ali ne. Če je prišlo do izpada, manjkajočo braniko označimo s posebno vrednostjo (npr. 999) in to vpišemo v zapisnik.

3.3.2.4 Lokalne in regionalne kronologije

Napak očiščena, sinhronizirana in datirana zaporedja širin branik smo združili v lokalne kronologije, ki so bile osnova za večino izvrednotenj. Lokalna kronologija je v večini primerov enostavna aritmetična sredina vseh zaporedij širin branik v določenem letu. Vanjo smo vključili samo tista zaporedja širin branik, ki so si bila zelo podobna; t-vrednost po Baillie-Pilcherju je morala biti večja ali enaka določeni spodnji meji, optična podobnost je morala biti velika.

Lokalne kronologije smo izračunali v programu TSAP/x. Program poleg srednje vrednosti shrani v datoteko tudi informacijo, koliko posameznih vrednosti je bilo v določenem letu osnova za povprečno vrednost. To je t.im. globina vzorca, ki dobi poseben pomen pri oblikovanju regionalnih kronologij, kjer imajo lokalne kronologije z večjo globino tudi večjo težo (ponder).

Pri oblikovanju regionalne kronologije smo v bistvu uporabili podoben postopek kot pri oblikovanju lokalnih kronologij. Lokalne kronologije, ki so si bile zelo podobne, smo združili v regionalno kronologijo, pri tem so imele lokalne z večjo globino vzorca večji pomen. Regionalna kronologija je torej tehtana aritmetična sredina lokalnih kronologij.

Glede na zahteve analiz smo oblikovali lokalne kronologije po skupinah prizadetosti dreves in jih uporabili v analizah. Tudi te so bile enostavna aritmetična sredina več zaporedij širin branik v posameznem letu.

Pri preučevanju razmerja med širino branike in klimo smo uporabili zaporedja širin branik zdravih in delno prizadetih jelk, ki smo jih standardizirali z ARMA modelom. Tako smo dobili lokalne kronologije, očiščene določenih шумov, ki ovirajo izvrednotenja.

3.3.2.5 Standardizacija kronologij s programom ARSTAN

Standardizacijo zaporedij širin branik smo opravili s programom ARSTAN (Cook 1985; Holmes, Adams in Fritts 1986; Holmes 1994). Po osnovni matematično-statistični domnevi je vsaka časovna vrsta, s tem pa tudi dendrokronološka, agregat sestavljen iz različnih komponent. Le-te so v primeru časovne vrste širine branik naslednje (Cook in Kairiukstis 1989):

$$R_t = A_t + C_t + \delta D1_t + \delta D2_t + E_t$$

Pri tem posamezni znaki pomenijo:

R_t	Opazovana časovna vrsta širine branik.
A_t	Trend v časovni vrsti, ki je odvisen od starosti drevesa. Vrednost je močno odvisna od konkurence v sestoju in rastnih pogojev v življenju.
C_t	Vsi različni klimatski vplivi okolja na širino branike.
$D1_t$	Motnja, ki jo povzročajo lokalni rastni pogoji.
$D2_t$	Motnja, ki jo povzroča širša okolica drevesa.
E_t	Nepojasneni del variabilnosti širine branike.
δ	Binarni simbol. Vrednost 1 pomeni prisotnost, 0 pa odsotnost motnje.

Podani model je linearen - bolj natančno glej (Cook, Briffa, Shhiyatov in Mazepa 1989). Pri tem je potrebno poudariti, da so nekatere zveze med statističnimi znaki multiplikativne (npr. odnos med aritmetično sredino in standardnim odklonom) in da moramo zaradi tega časovno vrsto najprej logaritemsko transformirati in tako postaviti statistične parametre v ustrezen linearen odnos.

Od zgoraj omenjenih elementov enačbe so trije stalno prisotni (A_t , C_t in E_t), medtem ko sta $D1_t$ in $D2_t$ lahko prisotna ali odsotna, odvisno od binarnega znaka δ .

Na osnovi teoretičnega modela lahko izvedemo standardizacijo podatkov in oblikujemo standardizirano kronologijo. Postopek standardizacije je sestavljen iz iskanja primerne regresijske krivulje in računanja razlik med prilagojenimi in dejanskimi vrednostmi. Sodobni programi (npr. ARSTAN) pa poleg te osnovne funkcije opravijo še analizo časovne vrste s pomočjo ARMA modela za analizo časovnih vrst (Box in Jenkins 1970).

Standardizacija v programu ARSTAN (Holmes, Adams in Fritts 1986; Holmes 1994) poteka po naslednji shemi. Najprej določimo tip funkcije, s katero bomo izravnali podatke. Možnosti

je več in v našem primeru so se najboljše izkazali kubični zleпки z različnimi širinami intervala, pri tem smo uporabili tako gibljiv zlepek, da smo ohranili 50% variabilnosti izvirnih podatkov (*Richard Holmes, os. kom.*).

S kubičnimi zleпки lahko zaporedje širin branik izravnamo in odstranimo trend. Večina togih funkcij je v primeru bolj ali manj naravnih gozdnih sestojev neuporabna, zato se je v praksi najbolj uveljavila izravnavna s kubični zleпки in drsečimi sredinami različnih širin intervala. Kubični zlepek je v bistvu krivulja, sestavljena iz več krivulj - kubičnih polinomov. Kubični zlepek prve stopnje mora zadostiti nekaterim osnovnim matematičnim zahtevam: mora imeti prevoje, mora biti zvezno odvedljiv, drugi odvod mora biti minimalen (*Cedilnik 1991*). S spreminjanjem števila točk, ki morajo biti med konci kubičnih polinomov, določamo kubičnemu zleпку togost prilagajanja dejanskim podatkom. Kubične zlepkе sta leta 1981 v dendrokronologijo uvedla Cook in Peters (*Cook in Peters 1981*), ker sta se zavedala pomanjkljivosti standardizacije podatkov s togimi funkcijami.

Program ARSTAN omogoča tudi dvojno standardizacijo, ko v prvem koraku prilagodimo podatkom togo funkcijo (npr. linearno ali pa modificirano eksponentno), v drugem pa kubični zlepek. Dvojna standardizacija v primeru naših jelk ni dala zadovoljivih rezultatov, ker je poleg starostnega trenda pri naših drevesih močno prisotna tudi močna konkurenca v sestoji. Zaradi tega smo uporabili samo enojno izravnavo s kubičnimi zleпки.

Po izravnavi sledi računanje indeksnih vrednosti in nato oblikovanje povprečne kronologije. Pri izbiri povprečja sta na voljo dve možnosti, in sicer izračun navadne aritmetične sredine in izračun t.im. robustne aritmetične sredine (*Mosteller in Tukey 1977*), ki ne upošteva vrednosti, ki so izrazito nad ali pod aritmetično sredino.

Rezultat analize kronologij s programom ARSTAN so tri krivulje in izčrpen izpis vseh vmesnih rezultatov in statističnih kazalcev. Prva krivulja, imenovana standardna krivulja (STD), predstavlja navadno aritmetično ali robustno aritmetično sredino indeksiranih kronologij v analizi.

Druga krivulja (RES) bazira na avtoregresivni izravnavi indeksnih kronologij. Načeloma je avtokorelacija popolnoma odstranjena s ponovno avtoregresivno izravnavo. Ta postopek se imenuje "čiščenje" (an. rewhitening).

Tretja krivulja (ARS) je izpeljana iz kronologije RES. Pri tem se s postopkom multivariatne avtoregresivne analize poudarijo skupne lastnosti vseh krivulj. Ta kronologija ima zaradi tega

najboljši klimatski signal in smo jo uporabljali za preučevanje vpliva klime na širino branike.

3.3.3 Matematično - statistične metode za obdelavo kronologij

3.3.3.1 Izračun koeficienta *t* po Baillie-Pilcherju

Izračun koeficienta *t* ali *t*-vrednosti je parametričen statistični test, ki sta ga leta 1973 v dendrokronologijo uvedla Baillie in Pilcher (1973). Namen izračunavanja *t*-vrednosti je dobiti objektivno mero za ugotavljanje podobnosti med dvema kronologijama. S primerjanjem krivulj na osnovi *t*-vrednosti si močno olajšamo optično navzkrižno datiranje velikega števila kronologij. Primerjava poteka vedno med dvema krivuljama in temelji na izračunu korelacijskega koeficienta, korigiranega s kvadratnim korenom iz števila stopinj prostosti.

$$cc = \frac{\sum (s_i - s) \cdot (r_i - r)}{\sqrt{\sum (s_i - s)^2 \cdot \sum (r_i - r)^2}}$$

$$t = \frac{cc \cdot \sqrt{n-2}}{(1-cc)}$$

cc	navzkrižna korelacija	s_i	širina branike v <i>i</i> -tem letu pri vzorcu <i>s</i>	r_i	širina branike v <i>i</i> -tem letu pri vzorcu <i>r</i>
n	število skupnih let v primerjavi	<i>s</i>	povprečna širina branike vzorca <i>s</i>	<i>r</i>	povprečna širina branike vzorca <i>r</i>

V skladu s predlogom Baillie in Pilcherja smo serije širin branik pred izračunom navzkrižne korelacije standardizirali z netehtano drsečo sredino z intervalom 5 let. *t*-vrednost lahko zavzame vrednosti med 0 in 100. Nivo značilnosti za *t*-vrednost je vnaprej določen, in sicer: *t*-vrednosti od 3-5 so označene z *, vrednosti med 5 in 10 z ** in vrednosti nad 10 s ***. *t*-vrednosti smo izračunavali s programom TSAP/X. Primerjalne analize *t*-vrednosti, kakor jih izračunavajo različni programi (Sander in Levanič 1996), so pokazale, da različni programi izračunajo različne *t*-vrednosti, zato je pri podajanju *t*-vrednosti nujno potrebno navesti, s katerim programom so bile *t*-vrednosti računane.

3.3.3.2 Koeficient časovne skladnosti (*Gleichläufigkeit*)

Koeficient časovne skladnosti (Huber 1943; Eckstein in Bauch 1969) je po definiciji mera ujemanja dveh kronologij na opazovanem intervalu. Pri tem primerjamo dva vzorca rasti med seboj. Izražamo ga v odstotkih in zavzema vrednosti med 0 in 100%. Bolj ko sta si dve

kronologiji podobni, večjo vrednost ima koeficient časovne skladnosti.

Koeficient časovne skladnosti smo izračunavali s pomočjo programa TSAP/X po naslednji formuli:

$$\Delta_i = (x_{i+1} - x_i) \begin{cases} \Delta_i > 0: G_{ix} = +1/2 \\ \Delta_i = 0: G_{ix} = 0 \\ \Delta_i < 0: G_{ix} = -1/2 \end{cases}$$

$$G_{(x,y)} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (G_{ix} + G_{iy})$$

$G_{(x,y)}$	koeficient časovne skladnosti med dvema kronologijama	Δ_i	razlika med dvema zaporednimi leti	G_{ix}, G_{iy}	atributiven znak kronologije X in Y, ki je odvisen od predznaka razlike Δ_i
-------------	---	------------	------------------------------------	------------------	--

Kriterialne vrednosti za posamezen nivo značilnosti se izračunajo po naslednji formuli:

$$50.0 + \frac{x \cdot 50.0}{\sqrt{n}}$$

pri tem je $x_{95\%}=1.654$; $x_{99\%}=2.326$; $x_{99.9\%}=3.090$

3.3.3.3 Srednja stopnja občutljivosti (*Mean sensitivity*)

Srednja stopnja občutljivosti je kazalec, ki so ga vpeljali posebej za potrebe dendrokronologije. Z njim merimo relativne razlike med širino primerjane in predhodne branike. Douglass je definiral srednjo stopnjo občutljivosti kot povprečni odstotek spremembe med primerjano in predhodno braniko (povzeto iz *Fritts 1976, str. 257-258*). Povprečna stopnja občutljivosti se izračuna po naslednji formuli:

$$ms_x = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \left| \frac{2(x_{t+1} - x_t)}{x_{t+1} + x_t} \right|$$

Pri tem x_{t+1} in x_t predstavljata preučevano in predhodno braniko. Vrednosti za srednjo stopnjo občutljivosti so v rangi med 0 in 2, kjer 0 pomeni, da ni nobenih razlik v sosledju (vse vrednosti so enake), 2 pa pomeni da ničelni vrednosti sledi neničelna. V splošnem velja, da nižje vrednosti pomenijo, da so zaporedja širin branik bolj izravnana, višje vrednosti pa, da je v rasti prihajalo do velikih sprememb v priraščanju.

3.3.3.4 Analiza glavnih komponent (PCA)

Z analizo glavnih komponent (PCA=Principal Component Analysis) lahko kompleksne in medsebojno odvisne odnose med spremenljivkami poenostavimo do take mere, da postanejo odnosi med njimi relativno enostavno razložljivi in grafično prikazljivi s pomočjo XY grafa. Rezultat analize glavnih komponent so lastni vektorji, ki so med seboj ortogonalni in neodvisni. Pri tem pojasnjuje prvi lastni vektor največji del skupne variabilnosti preučevanih kronologij (*Hartung in Elpelt 1984*). S pomočjo analize glavnih komponent ugotavljamo podobnost med kronologijami glede na širino branike v določenem obdobju. Rezultat prikažemo na dvo- ali tro-dimezijskem grafu in ga poskušamo interpretirati na osnovi ekoloških značilnosti preučevanega rastišča. Analiza glavnih komponent je potekala avtomatsko v programu ARSTAN. Rezultati so bili ročno preneseni v ustrezen program za risanje grafov.

3.3.3.5 Avtokorelacijska analiza

Avtokorelacijska analiza kronologij nam omogoča vpogled v dogajanje znotraj kronologije in študij časovnih odvisnosti v njej. V principu primerjamo preučevano kronologijo s samo seboj, in sicer z zamikom -1, -2, -3,..., (N-2), (N-1) let. Rezultat se ponavadi prikaže v obliki korelograma. Izračun poteka po standardni formuli (*Schlittgen in Streitberg 1987*). Pred analizo je potrebno iz časovne vrste odstranimo vse t.im. "outlierje". Iz gibanja avtokorelacijskih koeficientov lahko razberemo velikost in trajanje morebitnih ciklov (npr. redčenje) (*Fritts 1976; Kotar, Puhek in Godler 1995*).

3.4 Analiza odvisnosti širine branike od klimatskih dejavnikov

3.4.1 Meteorološki podatki

Za preučevanje odnosa med širino branike in klimo je najbolj priporočljiva uporaba srednjih mesečnih temperatur in skupne mesečne količine padavin (*Fritts 1976*). Meteorološke podatke smo dobili na Meteorološkem zavodu R Slovenije. Obdobja zajemanja podatkov so bila različna (PREGLEDNICA 4). Meteorološki podatki od leta 1950 dalje so zajeti v skladu z navodili svetovne meteorološke organizacije WMO. Podatki pred letom 1950 niso merjeni v skladu s temi propozicijami, vendar so podatki preverjeni in očiščeni napak. Ponekod je prišlo do izpada meritev v času med II. svetovno vojno in nekaj let po njej. Takšni manjkajoči podatki so ponavadi nadomeščeni s 30-letnim povprečjem. Podatki o padavinah in

temperaturah za Postojno obstajajo samo za obdobje po II. svetovni vojni, ker meritve pred tem obdobjem niso zanesljive. V raziskavi smo uporabili podatke iz različnih meteoroloških postaj znotraj preučevanega območja (PREGLEDNICA 4).

Preglednica 4: Osnovni podatki o uporabljenih meteoroloških nizih. Z zvezdico so označene glavne meteorološke postaje.

Meteorološka postaja	Geografska lokacija	Nadmorska višina	Obdobje opazovanja	
			temperature	padavine
Ljubljana*	46°04' / 14°31'	299 m	1891-1995	1891-1995
Vrhnika	45°58' / 14°18'	293 m	1896-1990	1896-1990
Planina	45°50' / 14°15'	456 m	1895-1988	1896-1988
Kočevje*	45°39' / 15°52'	461 m	1872-1993	1872-1995
Babno polje	45°39' / 14°33'	756 m	1952-1991	1952-1991
Postojna*	45°46' / 14°12'	553 m	1951-1993	1951-1995

3.4.2 Preizkus homogenosti klimatskih podatkov

Pred analizo odvisnosti širine branike od klimatskih dejavnikov je bil potrebno klimatske časovne vrste preveriti in ugotoviti morebitna odstopanja. To smo storili z računalniškim programom DPL s proceduro HOM. Namen preverjanja homogenosti meteoroloških podatkov je odkriti nenadne, s klimo nepovezane dogodke (npr. predstavitev meteorološke hišice) in jih odstraniti. Program primerja letne kumulativne difference temperaturne vrste s primerjalno postajo. V primeru, da grafična primerjava obeh temperaturnih vrst poteka pod kotom 45° pomeni, da sta preučevani vrsti primerljivi in podatki homogeni (*Fritts 1976*). V primeru preverjanja homogenosti mesečnih količin padavin je postopek nekoliko drugačen. Najprej se izračuna letno povprečje za mesečne količine padavin za eno postajo, nato še za drugo in potem se izvede analiza "Dvojnih vsot" (*Searcy in Hardison 1960; Buishard 1982*). Kumulativne vsote primerjanih meteoroloških postaj se nanesejo na XY graf, in če poteka črta približno pod kotom 45°, so padavinske vrste homogene.

3.4.3 Analiza značilnih let in intervalov

Analizo značilnih let smo opravili v skladu z mednarodno metodologijo (*Schweingruber, Eckstein, Serre-Bachet in Bräker 1990*). Definicija značilnega leta je po Schweingruberju naslednja: značilno leto je tisto, ko 80% ali več dreves reagira z zmanjšanjem oz. s povečanjem prirastka v primerjavi s prejšnjim letom. Pri izračunu značilnih let smo upoštevali omejitev (*Eckstein in Bauch 1969*), da mora biti v analiziranem letu prisotnih najmanj 13

vzorcev, da lahko računamo pojav značilnih let. Izračune smo opravili avtomatsko s programom DENDRO (Levanič, *neobjavljeno*). Program omogoča poljubno določitev spodnje meje za značilno leto in določitev minimalnega števila vzorcev v določenem letu, na osnovi katerega se še lahko računa značilno leto. Izpis iz programa je enostavna tekstna datoteka za nadaljnjo integracijo v urejevalnike besedila in datoteka v formatu dBASE za risanje grafov in različne analize.

Analizo značilnih let smo opravili na nestandardiziranih kronologijah. Pri računanju značilnih let smo širine branik s pomočjo programa DENDRO (Levanič, *neobjavljeno*) pretvorili v zaporedje znakov +, - in =. Predznak se določi glede na odnos med širino branike v predhodnem in preučevanem letu. Analizirana branika je lahko glede na predhodno preučeno braniko ožja, enako široka ali širša. V skladu s to odločitvijo program analiziranemu letu pripiše ustrezen predznak.

3.4.4 Odzivne funkcije

S pomočjo odzivnih funkcij smo preučili vpliv klime na širino branike. Obstajajo različne metode za preučevanje vpliva klime na širino branike. Teorija odzivnih funkcij je obširno opisana v Frittsu (Fritts 1976) in Hugesu (Huges, Kelly, Pilcher in LaMarche 1982). V grobem gre za regresijski odnos med neodvisnimi mesečnimi vrednostmi za padavine in temperature in odvisno spremenljivko širino branike. Kot neodvisno spremenljivko lahko definiramo tudi širino branike iz preteklih let

Zaradi specifične narave klimatskih podatkov (visoka medsebojna odvisnost), jih je potrebno pred analizo postaviti v med seboj neodvisen odnos. To storimo s pomočjo analize glavnih komponent (PCA). V postopkih, ki sledijo uporabljamo namesto izvirnih podatkov lastne vektorje, ki po številu ustrezajo številu vhodnih klimatskih podatkov. Slabost klasičnih odzivnih funkcij je, da rezultate analize težko posplošimo na podatke, ki niso bili vključeni v analizo (Gordon, Gray in Pilcher 1982).

Slabosti odzivnih funkcij, ki temeljijo na metodi glavnih komponent, so poskušali odpraviti z uvedbo metode Bootstrapp (Efron 1976; Guiot 1991). Osnovna ideja metode je, da bi se dalo majhno velikost vzorca z velikim številom neodvisnih spremenljivk nadomestiti z večkratnim slučajnostnim izborom vzorca iz osnovne množice. Postopek naj bi se ponovil najmanj 50 krat. Rezultat je 50 nizov regresijskih koeficientov, 50 multiplih korelacijskih koeficientov in 50 neodvisnih preverjanj korelacijskih koeficientov. Na osnovi ponovitev se izračunajo

povprečne vrednosti izračunanih koeficientov z ustreznimi intervali zaupanja. Rezultati so v primerjavi s klasično odzivno funkcijo bistveno bolj zanesljivi.

Izračune odzivnih funkcij smo opravili s programom PRECON (*Fritts in Dean 1992*). Program omogoča izračun odzivnih funkcij po metodi BOOTSTRAPP in grafični prikaz v programu Graph in the Box. V analizo smo vključili vzorce s šestih raziskovalnih lokacij (PREGLEDNICA 5). Vsa vključena drevesa so spadala v razred navidezno zdravih dreves, zato je število dreves v analizi manjše od števila vseh dreves na izbrani lokaciji. Kronologije širin branik smo pripravili za analizo v programu TSAP in jih izvozili v datoteko Tucson 100 za obdelavo v programu ARSTAN.

Vse analize smo izvedli pod naslednjimi pogoji:

- V analizi smo upoštevali mesece od septembra prejšnjega leta do vključno avgusta tekočega leta,
- kronologije so bile standardizirane s kubičnim zlepkom širine 33 let in prepustnostjo 50% variabilnosti podatkov,
- dolžina preučenega obdobja je bila odvisna od dolžine opazovanja na najbližji primerljivi meteoroloških postaji,
- zaradi verodostojnosti analiz smo podatke analizirali v različnih časovnih obdobjih,
- v analizah smo upoštevali povprečne mesečne temperature in mesečno količino padavin,
- vse izračune smo opravili s kronologijami tipa ARS.

V analizah smo upoštevali šest raziskovalnih objektov z več ponovitvami znotraj objekta.

Preglednica 5: Osnovni podatki o šestih analiziranih raziskovalnih objektih s pripadajočimi meteorološkimi postajami. Z zvezdico je označen 7.5 km dolg raziskovalni transekt Ravnik.

Lokacija	Število ploskev	Število vseh dreves	Število analiziranih dreves	Preučevano obdobje	Meteorološka postaja
JAVORNIK	1	16	9	1952-1991	Babno polje
MOKREC	3	42	15	1895-1994	Ljubljana
MAŠUN	6	89	30	1951-1995	Postojna
ŠKOCJAN	4	60	19	1897-1988	Ravnik
RAVNIK	1*	41	11	1897-1988	Ravnik
GLAŽUTA	8	117	40	1900-1995	Kočevje

3.5 *Debelna analiza*

Debelne analize smo opravili na dveh med seboj različnih raziskovalnih ploskvah. Prva ploskev je bila na Kočevskem v Glažuti v odd. 102. Sestoji se nahajajo na skalovitejših severo- vzhodnih pobočjih, imajo redek do vrzelast sklep. V spodnjih slojih prevladuje bukev, jelka se slabo pomlajuje. Prevladujoča rastlinska združba je *Abieti-Fagetum dinaricum aceretosum*. V zgornjem sloju prevladuje srednje vitalna jelka in delno smreka. Lesna zaloga iglavcev je visoka v 3. razširjenem debelinskem razredu (RDR), listavcev pa v 1. RDR.

Druga ploskev je bila na Postojnskem, na Mašunu v odd. 17 f. Rastišče v tem oddelku ima dokaj mraziščen značaj, jelka dobro uspeva, veliko je naravno primešane smreke, listavcev je malo. Prevladujoča rastlinska združba je *Abieti-Fagetum dinaricum lycopodietosum*. Sestoji imajo zelo visoko lesno zalogo in močan prirastek iglavcev v 3. RDR. Preskrbljenost z vodo je dobra. V sestojih je poudarjena hidrološka funkcija.

Razrez dreves je potekal po modificirani metodi za izvedbo debelne analize. Kolobar v prsni višini smo izpustili in ga nadomestili z dvema izvrtkoma v prsni višini. Sicer pa smo drevo razrezali na sekcije dolžine 4-8 m. Prvi kolobar smo vzeli na panju, zadnjega pa kar se da visoko v krošnji, ponavadi 0.5-1 m pod vrhom drevesa. Na vsakem kolobarju smo opravili 2-4 meritve, odvisno od ekscentričnosti in možnosti izpada branik.

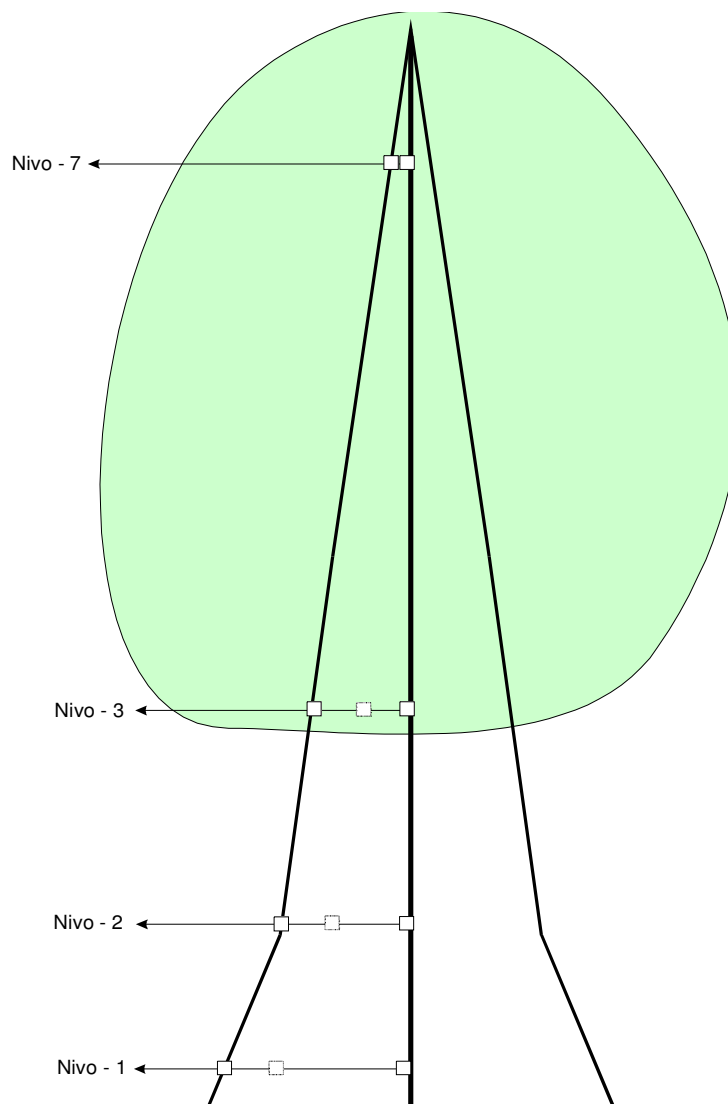
Pred meritvami smo kolobarje v delavnici razrezali na 2-3 dele, jih ustrezno označili in površinsko obdelali po standardnem postopku za obdelavo dendrokronoloških vzorcev (poglavje 3.3.1.2). Meritve, sinhronizacijo in grafične predstavitev smo opravili s prej opisanimi računalniškimi programi (poglavje 3.3.2).

3.6 *Ksilotomske metode in analize*

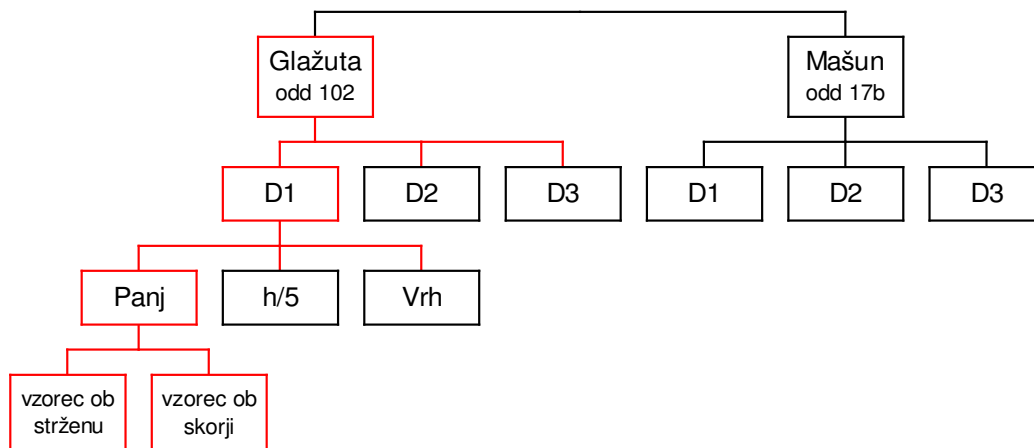
3.6.1 Shema odvzema anatomskih vzorcev

Za anatomsko analizo širine branik smo izbrali vzorce s treh do štirih nivojev v drevesu, s treh različno prizadetih dreves in z dveh različno gospodarjenih rastišč. V analizo so bila vključena drevesa, ki smo jih uporabili tudi za debelno analizo (glej poglavje 3.5). Na vsakem nivoju smo iz kolobarja odvzeli vzorec ob strženu in ob skorji (SLIKA 10). Tako smo ob skorji dobili enako star les z različnih nivojev in s poudarjenimi fiziološkimi gradienti, ob strženu pa vzorce, ko naj bi branike zaradi neposredne bližine krošnje nastajale v primerljivih fizioloških razmerah dobre oskrbljenosti s hrano in rastnimi hormoni.

Skupaj smo za analizo pripravili 36 vzorcev. Poleg tega smo odvzeli tudi vzorce kompresijskega lesa (tam, kjer se je pojavljal) in vzorce branik iz predhodno določenih značilnih let. Kompresijski les in negativna značilna leta se ne pojavljajo na vseh preučenih drevesih, zato teh dveh posebnosti nismo vključili v standardno shemo vzorčenja, ker vse primerjave ne bi bile možne (SLIKA 11).



Slika 10: Shema odvzema vzorcev v drevesu. S polnim kvadratom so označena tisti vzorci, ki smo jih vedno odvzeli, s črtkanim kvadratom pa so označeni vzorci, ki smo jih odvzeli le, če se je v branikah pojavila posebnost, ki nas je še posebej zanimala (npr. kompresijski les, izjemno ozka branika,...).



Slika 11: Shema odvzema anatomskih vzorcev. Z rdečo linijo je poudarjena tipična analiza drevesa na panju. Način vzorčenja se od drevesa do drevesa in od nivoja do nivoja ni razlikoval, zato vse možne povezave niso vrisane.

3.6.2 Priprava vzorcev za anatomske analize

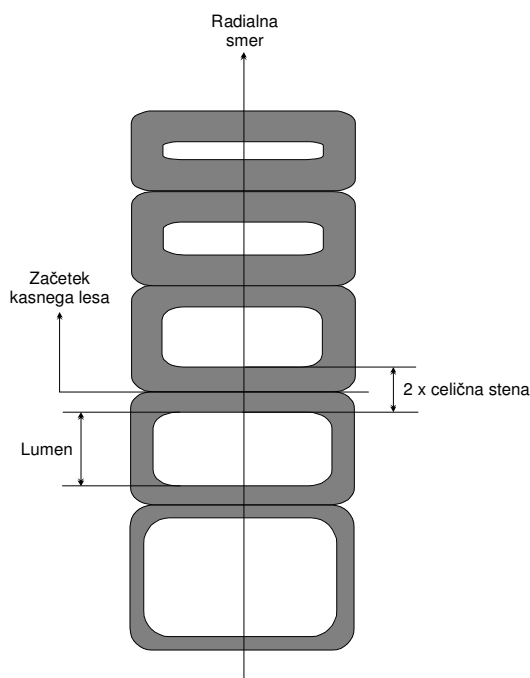
Na kolobarjih smo pred razrezom označili mesto odvzema vzorca za mikroskopsko analizo. Vzorce smo izrezali iz kolobarja z namizno tračno žago, jih oštevilčili ter shranili v raztopini alkohola, očetne kisline in formaldehida. S tem smo les fiksirali in preprečili morebitno okužbo vzorcev. Mikroskopske preparate smo pripravili z mikrotomom firme LEICA mod. SM2000R. Tehnika analize slike mikroskopskih preparatov zahteva vzorce, debele največ 30 μm , odrezane pravokotno na smer poteka vlaken. Odrezani vzorci ne smejo biti raztrgani ali kakorkoli poškodovani, ker bi bili sicer rezultati napačni. Za analizo anatomske strukture vzorcev smo pripravili neobarvane trajne preparate.

3.6.3 Analiza lesnega tkiva

Analizo mikroskopskih preparatov smo opravili s pomočjo navadnega svetlobnega mikroskopa pri povečavah od 15 do 45x. Mikroskop smo priredili tako, da smo lahko sliko preparata projicirali na digitalizator firme CHERRY, ki je bil preko kabla RS-232 povezan z merilnim računalnikom. Na računalniku smo s programom MALES (Pernuš, neobjavljeno) zajeli podatke in jih shranili v ASCII datoteki, s pomočjo programa DENDRO (Levanič, neobjavljeno) pa smo jih pripravili za obdelavo v programu TSAP/x in ostalih analitsko-statističnih programih (npr. STATISTICA for Windows in EXCEL 7.0).

Tehnika merjenja širine ranega in kasnega lesa branike je potekala po delno modificirani Morkovi metodi (Mork 1928), ki povsem matematično določi mejo med ranim in kasnim lesom. Po definiciji je ta tam, kjer je dvakratna dvojna širina celičnih sten večja od premera

lumna celice v radialni smeri (SLIKA 12).



Slika 12: Ugotavljanje meje med ranim in kasnim lesom. Meja med ranim in kasnim lesom je tam, kjer dvakratna dvojna širina celičnih sten preseže premer lumna celice v radialni smeri. Na sliki je to označeno s črto.

Na osnovi ugotovitev iz literature, da je meja med ranim in kasnim lesom močno odvisna od niza, v katerem mejo ugotavljamo (*Knigge in Koltzenburg 1964*), smo se odločili, da bomo širino ranega in kasnega lesa določili na več nizih celic v braniki. Dokončno je bila meja določena kot povprečje mej po posameznih nizih.

Zanesljivost merjenja je bila preverjena s pomočjo kronologij za analizirano drevo in nivo. Vprašljive meritve smo po potrebi ponovili. Preverjene meritve smo potem s pomočjo kronologij za posamezne nivoje odvzema vzorcev datirali in jih tako natančno postavili v čas. S tem smo branikam določili čas nastanka in omogočili preučitev posebnosti branik, nastalih v zaostrenih fizioloških pogojih negativnih značilnih let.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 Dendrokronološke analize

Dendrokronološke analize smo naredili na vseh preučevanih raziskovalnih ploskvah v dinarski fitogeografski regiji. Želeli smo postaviti mrežo lokalnih kronologij in na tej osnovi sestaviti eno ali več standardnih jelovih kronologij za preučeno območje.

Prvi rezultat dendrokronoloških analiz so bile lokalne kronologije za vsako raziskovalno ploskev posebej. Za sestavo lokalnih kronologij smo uporabili le neprizadeta in zmerno prizadeta drevesa ter izločili propadajoča drevesa in drevesa z močnim upadom prirastka ter izpadi branik. Za tako sestavljene lokalne kronologije lahko trdimo, da so odraz rastnih razmer v širši okolici raziskovalnih ploskev.

Dobljene standardne lokalne jelove kronologije smo želeli primerjati s tujimi, in sicer z 850 letno južnonemško kronologijo (*Becker in Giertz-Siebenlist 1970*) in z 226 letno kronologijo iz Bavarskega gozda (*Eckstein in Sass 1988*).

Za primerjavo in da bi preučili zvezo med osutostjo krošnje in širino branike, smo za vsako raziskovalno ploskev sestavili po tri lokalne kronologije, in sicer kronologijo neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih dreves. Pri tem nas je še posebej zanimalo, kaj se je dogajalo s prirastkom v zadnjih šestdesetih letih in kdaj je prišlo do diferenciacije na različno prizadete jelke.

4.1.1 Lokalne standardne jelove kronologije

Pri sestavljanju lokalnih kronologij in pri uvrščanju posameznih zaporedij širin branik v lokalno kronologijo smo upoštevali naslednje kriterije:

- Zaporedje širin branik izbranega drevesa je bilo vključeno v kronologijo rastišča, če je bila t-vrednost po Baillie-Pilcherju večja od 8.
- Pred vključitvijo posameznih zaporedij širin branik v lokalno kronologijo smo prvih nekaj branik ob strženu odstranili, ker predstavljajo juvenilni les, ki je nastal z delovanjem mladega kambija v fiziološki bližini krošnje.
- V lokalno kronologijo smo vključili samo drevesa, ki niso kazala izrazitega upadanja prirastka v zadnjih letih. Tako skoraj po pravilu lokalne kronologije sestavljajo

kronologije dreves 1. in delno 2. razreda osutosti.

Preglednica 6: Osnovni podatki o lokalnih kronologijah.

Parameter	Bistra	Ravnik	Javornik	Mašun
Časovni interval	1751-1992	1890-1993	1852-1994	1821-1994
Dolžina kronologije	242	104	143	174
Št. dreves v analizi *	37	22	16	77
Povprečna širina branike	1,641	2,562	1,956	1,092
Mediana	1,660	2,725	1,980	1,850
Minimalna vr.	0,15	0,49	0,47	0,74
Maximalna vr.	5,43	5,24	4,00	3,32
Srednja občutljivost	0,148	0,131	0,200	0,100
Standardni odklon	0,953	1,232	0,847	0,720
Asimetrija	0,416	0,212	0,144	0,429
Sploščenost	0,297	-1,119	-0,841	-0,944
Avtokorelacijski koef. r_1	0,930	0,925	0,841	0,948

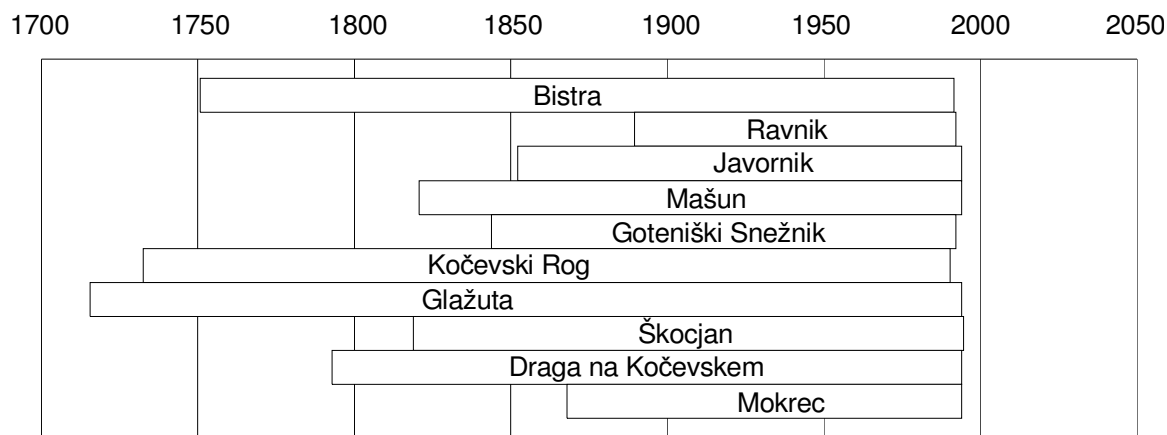
Parameter	Draga	Glažuta	Got. Sn.	Koč. Rog
Časovni interval	1793-1994	1716-1994	1844-1993	1731-1991
Dolžina kronologije	202	279	150	259
Št. dreves v analizi	7	113	4	6
Povprečna širina branike	1,728	1,404	1,264	1,773
Mediana	1,605	0,980	1,200	1,830
Minimalna vr.	0,44	0,21	0,47	0,46
Maximalna vr.	3,99	3,73	3,69	3,03
Srednja občutljivost	0,120	0,138	0,191	0,140
Standardni odklon	0,869	0,935	0,486	0,664
Asimetrija	0,552	0,591	1,191	-0,193
Sploščenost	-0,498	-0,900	3,183	-1,047
Avtokorelacijski koef. r_1	0,952	0,966	0,693	0,893

Parameter	Škocjan	Mokrec
Časovni interval	1819-1995	1868-1994
Dolžina kronologije	177	127
Št. dreves v analizi	58	29
Povprečna širina branike	1,899	2,252
Mediana	1,880	2,270
Minimalna vr.	0,67	0,83
Maximalna vr.	3,63	2,57
Srednja občutljivost	0,134	0,126
Standardna odklon	0,597	1,045
Asimetrija	0,167	-0,156
Sploščenost	-0,701	-0,965
Avtokorelacijski koef. r_1	0,845	0,931

* Pri sestavljanju kronologij smo upoštevali samo navidezno neprizadeta drevesa in tista drevesa, ki so kljub uvrstitvi v razred intermediarnih dreves izkazovala normalno priraščanje zadnjih dveh desetletjih, zato je število dreves manjše od dejansko analiziranega števila dreves.

Na sliki 13 so v obliki ležečih stolpcev prikazane vse v raziskavo zajete lokalne kronologije in

stopnja prekrivanja med njimi.



Slika 13: Prekrivanje lokalnih standardnih kronologij v času.

Z navzkrižnimi primerjavami smo ugotavljali stopnjo podobnosti med posameznimi lokalnimi kronologijami (PREGLEDNICA 7). V tabeli so prikazani osnovni statistični parametri navzkrižnih primerjav - t-vrednost po Baillie-Pilcherju, koeficient časovne skladnosti (GLK%) in korelacije.

Preglednica 7: Navzkrižne primerjave med lokalnimi kronologijami. Od zgoraj navzdol si za vsako primerjavo sledijo korelacijski koeficient, t-vrednosti po Baillie-Pilcherju (t_{BP}) in koeficienti časovne skladnosti (GLK%).

Projekt		BISTRA	RAV- NIK	JAVOR- NIK	MAŠUN	GOT. SN.	KOČ ROG	GLAŽU -TA	ŠKO- CJAN	DRAGA
RAVNIK	r	0,30	/							
	t_{BP}	6,8	/							
	GLK	74,8	/							
JAVORNIK	r	0,12	0,28	/						
	t_{BP}	6,8	4,4	/						
	GLK	68,8	63,7	/						
MAŠUN	r	-0,12	-0,17	0,72	/					
	t_{BP}	8,0	7,3	8,4	/					
	GLK	69,3	69,1	69,6	/					
GOT. SN.	r	0,15	0,27	0,81	0,64	/				
	t_{BP}	3,3	4,2	8,2	6,1	/				
	GLK	62,4	70,1	74,0	64,7	/				
KOČ. ROG	r	-0,08	0,21	0,78	0,74	0,70	/			
	t_{BP}	7,6	6,9	6,2	11,2	6,3	/			
	GLK	58,5	69,0	69,0	71,5	66,5	/			
GLAZUTA	r	0,57	0,60	0,36	0,08	0,42	0,26	/		
	t_{BP}	11,7	9,4	9,5	16,6	8,0	16,0	/		
	GLK	75,2	74,0	72,3	79,1	71,6	79,5	/		
ŠKOCJAN	r	0,28	0,52	0,66	0,59	0,71	0,63	0,66	/	
	t_{BP}	10,7	8,7	8,5	15,7	6,9	12,4	24,4	/	
	GLK	74,8	76,5	68,9	73,8	68,1	79,0	80,1	/	
DRAGA	r	0,12	0,55	0,66	0,531	0,67	0,52	0,53	0,76	/
	t_{BP}	8,1	8,6	9,3	11,3	8,5	12,2	19,3	15,1	/
	GLK	71,3	73,0	67,5	73,3	72,5	76,5	75,7	82,0	/
MOKREC	r	0,37	-0,05	0,55	0,37	0,60	0,42	0,65	0,83	0,86
	t_{BP}	9,0	3,1	8,7	12,7	5,1	9,9	15,6	14,1	12,2
	GLK	70,1	68,0	67,3	66,3	65,5	72,3	72,6	77,9	78,4

Na osnovi rezultatov navzkrižnih primerjav med lokalnimi kronologijami (PREGLEDNICA 7) ugotavljamo, da se kronologije večinoma dobro ujemajo. Razen pri lokalnih kronologijah BISTRA, GOTENIŠKI SNEŽNIK in JAVORNIK, so t-vrednosti vedno višje od 5.0. Lokalne kronologije GLAŽUTA ŠKOCJAN, MAŠUN, KOČEVSKI ROG, DRAGA in MOKREC se med seboj dobro ujemajo, zato smo jih združili v standardno dinarsko jelovo kronologijo.

4.1.2 Slovenska dinarska jelova kronologija

Slovenska dinarska jelova kronologija je aritmetična sredina vrednosti za prej omenjene lokalne kronologije, podobnost z njimi je podana v preglednici 8.

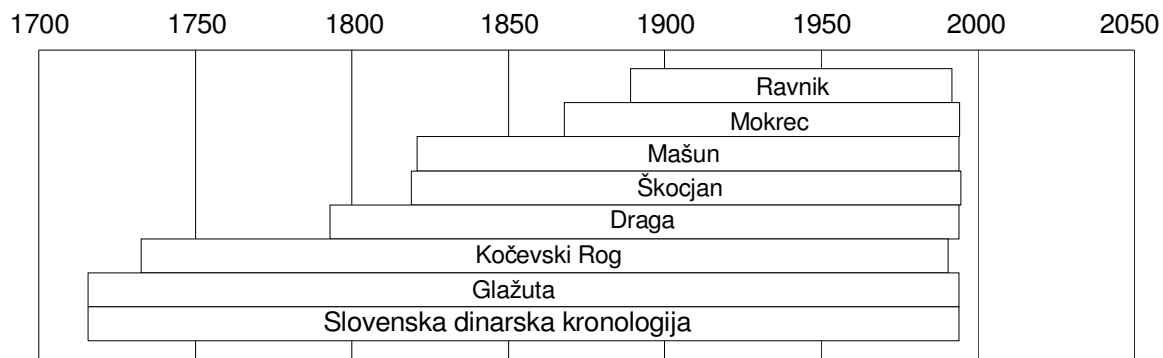
Preglednica 8: Osnovne statistične primerjave med lokalnimi kronologijami in slovensko dinarsko kronologijo.

Lokalna kronologija	t _{BP}	GLK%	Prekrivanje	Obdobje
RAVNIK	9,5	81	104	1890-1993
MAŠUN	14,6	78	174	1821-1994
KOČEVSKI ROG	23,5	85	259	1731-1991
GLAŽUTA	14,5	78	279	1716-1994
ŠKOCJAN	19,6	81	177	1819-1995
DRAGA	11,6	77	201	1793-1994
MOKREC	11,8	82	127	1868-1994

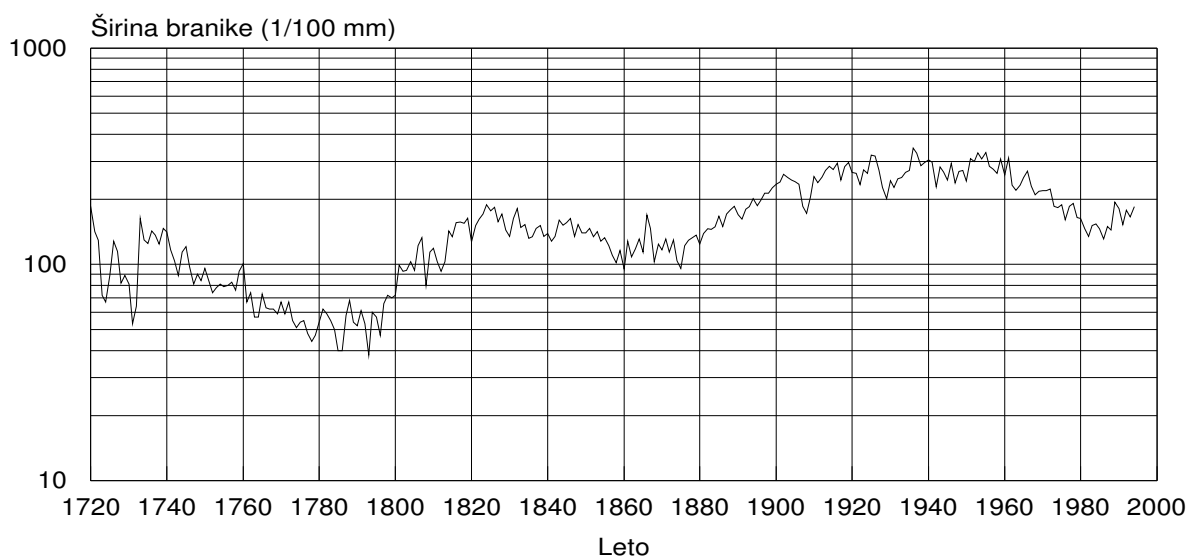
V slovensko dinarsko kronologijo nismo vključili lokalnih kronologij z rastišč BISTRA, JAVORNIK in GOTENIŠKI SNEŽNIK, ker so bili statistični kazalci, ki so bili osnova za vključitev lokalne kronologije v regionalno, prenizki (PREGLEDNICA 9).

Preglednica 9: Primerjava osnovnih statističnih parametrov med lokalnimi kronologijami, ki niso sestavni del slovenske dinarske kronologije in slovensko dinarsko kronologijo.

Lokalna kronologija	t _{BP}	GLK%	Prekrivanje	Obdobje
BISTRA	6,7	65	241	1751-1992
JAVORNIK	4,2	65	142	1852-1994
GOTENIŠKI SNEŽNIK	7,6	68	149	1844-1993

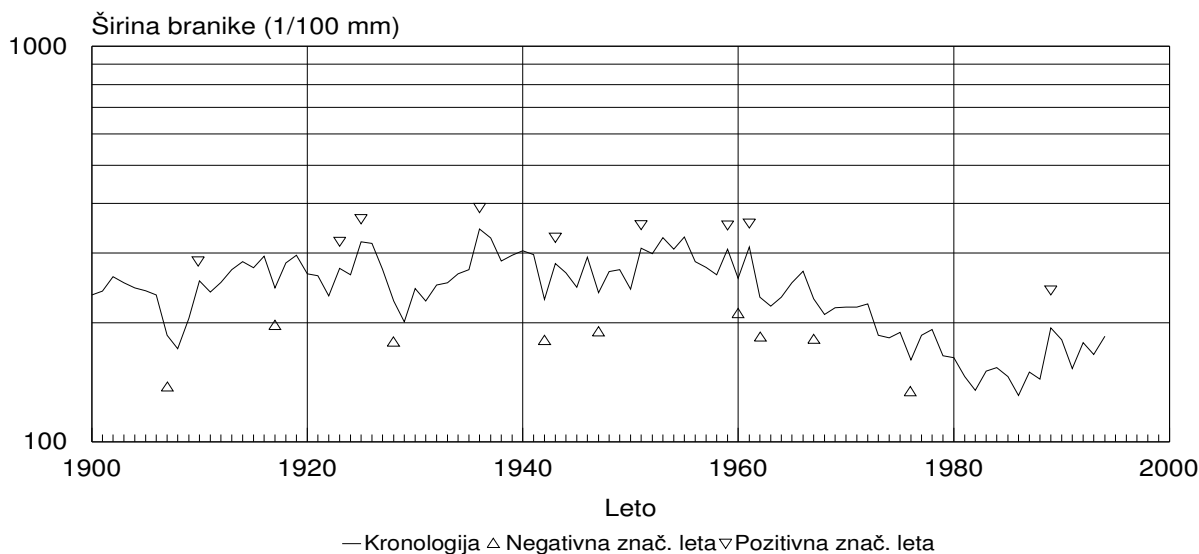


Slika 14: Pokritost slovenske dinarske jelove kronologije z lokalnimi kronologijami.



Slika 15: Slovenska dinarska jelova kronologija za obdobje 1720-1995.

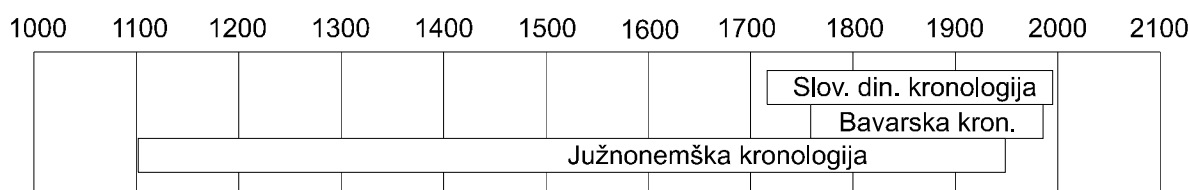
Na sliki 15 je prikazana slovenska dinarska jelova regionalna kronologija. Njena pokritost je najboljša v obdobju 1840-1995 in zadovoljiva v obdobju 1840-1790. Obdobje pred letom 1790 pokriva le 10 dreves. Pri dinarski regionalni jelovi kronologiji smo preučili tudi pojavljanje pozitivnih in negativnih značilnih let v obdobju 1900-1995 (SLIKA 16). Pozitivna značilna leta so označena s trikotnikom, ki kaže navzdol, negativna pa s trikotnikom, ki kaže navzgor. **Pozitivna značilna leta** so bila: 1910, 1923, 1925, 1936, 1943, 1951, 1959, 1961, 1989; **negativna** pa: 1907, 1917, 1928, 1942, 1947, 1960, 1962, 1967, 1976.



Slika 16: Slovenska dinarska jelova kronologija z vrisanimi pozitivnimi in negativnimi značilnimi leti.

4.1.3 Primerjava slovenske dinarske kronologije s tujimi jelovimi kronologijami

Slovensko kronologijo smo primerjali z dvema nemškima kronologijama. Prva velja za celotno južno Nemčijo (*Becker in Giertz-Siebenlist 1970*) in je z dolžino 850 (1101-1950) let med najdaljšimi jelovimi kronologijami v Evropi. Druga standardna kronologija je bila narejena za območje Bavarskega gozda (*Eckstein in Sass 1988*), je dolga 226 let in pokriva obdobje 1760-1985.



Slika 17: Primerjava dolžine slovenske dinarske kronologije z južnonemško jelovo kronologijo in jelovo kronologijo iz Bavarskega gozda.

Preglednica 10: Primerjava statističnih kazalcev med slovensko regionalno kronologije in obema nemškima.

Kronologija	t_{BP}	GLK%	Prekrivanje	Obdobje
Južnonemška	5,4	62,8	225	1101-1950
Bavarski gozd	6,4	60,6	234	1760-1985

4.1.4 Dendrokronološka primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk

Primerjave med lokalnimi kronologijami različno prizadetih jelk smo izvedli na šestih raziskovalnih lokacijah. V analizo vključena drevesa smo glede na osutost krošnje razvrstili v tri skupine.

Z navzkrižnimi primerjavami med kronologijami različno prizadetih jelk (PREGLEDNICA 11) smo ugotovili, da se podobnost med kronologijami znotraj raziskovalne ploskve v splošnem zmanjšuje s povečevanjem stopnje prizadetosti drevesa.

Primerjava statističnih kazalcev za posamezne stopnje prizadetosti med ploskvami je pokazala, da so si lokalne kronologije za prizadete jelke med seboj tako podobne, kot so si podobne lokalne kronologije neprizadetih jelk.

Rezultat navzkrižnih primerjav med lokalnimi kronologijami po skupinah prizadetosti na Ravniku je še posebej zanimiv, ker kljub dobri vizualni podobnosti med kronologijami nismo dobili visokih t-vrednosti.

Glažuta

	Nepriz.	Priz.	M. priz.
Nepriz.		74,9	79,5
Priz.	5,9		74,3
M. priz.	15,4	8,6	

Škočjan

	Nepriz.	Priz.	M. priz.
Nepriz.		87,0	74,3
Priz.	33,7		71,6
M. priz.	9,3	5,9	

Mokrec

	Nepriz.	Priz.	M. priz.
Nepriz.		90,6	81,9
Priz.	13,4		81,8
M. priz.	13,6	11,3	

Javornik

	Nepriz.	Priz.	M. priz.
Nepriz.		60,4	66,2
Priz.	6,8		77,8
M. priz.	7,6	10,7	

Mašun

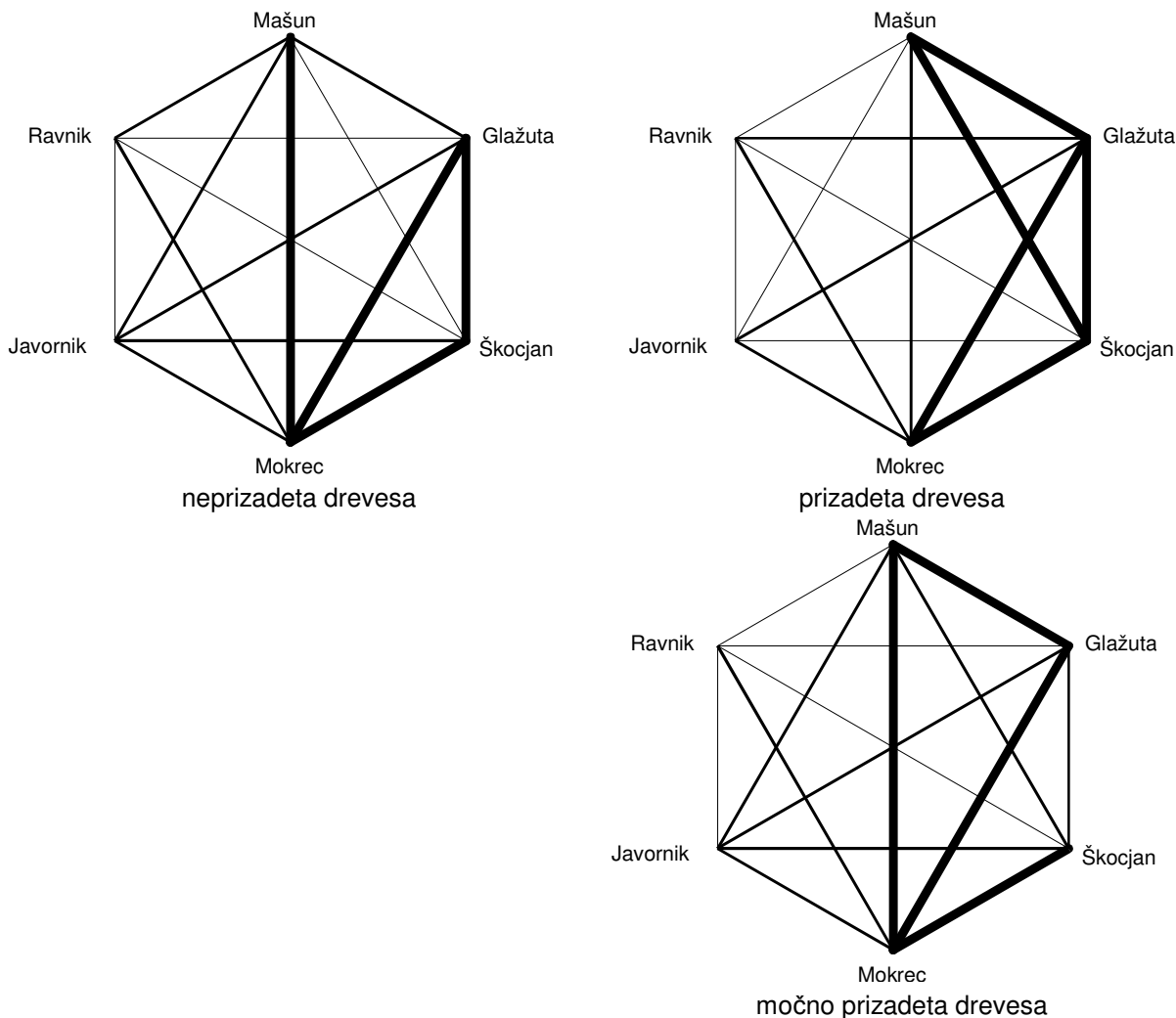
	Nepriz.	Priz.	M. priz.
Nepriz.		78,1	74,2
Priz.	6,9		80,5
M. priz.	5,2	11,2	

Ravnik

	Nepriz.	Priz.	M. priz.
Nepriz.		67,5	67,2
Priz.	2,5		61,0
M. priz.	1,8	2,7	

Preglednica 11: Primerjava statističnih kazalcev med lokalnimi kronologijami različno prizadetih dreves po raziskovalnih objektih. V preglednici so pod diagonalo t-vrednosti po Baillie-Pilcherju, nad pa koeficienti časovne skladnosti (Gleichläufigkeit).

Primerjava t-vrednosti po Baillie-Pilcherju pokaže, da so lokalne kronologije prizadetih in močno prizadetih dreves med seboj primerljive (SLIKA 18). Ugotavljamo tudi, da je kvaliteta kronologij prizadetih in neprizadetih dreves enakovredna lokalni kronologiji neprizadetih dreves, saj je delež t-vrednosti večjih od 4.0 pri neprizadetih in močno prizadetih drevesih enak (73%).

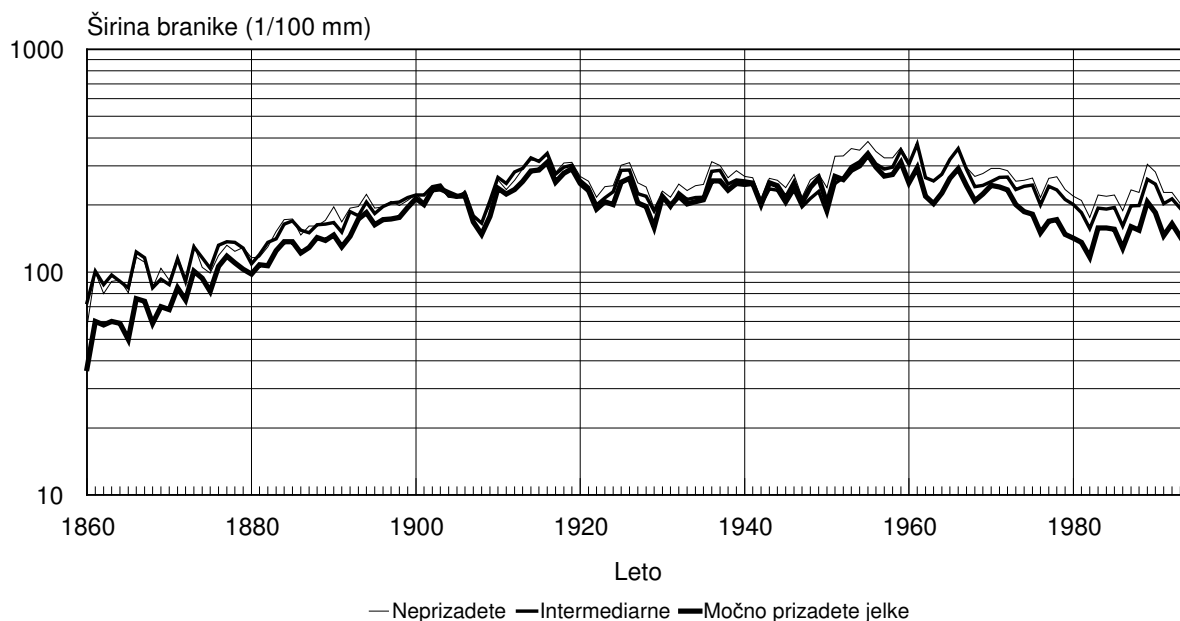


Slika 18: Primerjava t-vrednosti po Baillie-Pilcherju med raziskovalnimi ploskvami glede na različno prizadetost dreves. Najtanjše črte pomenijo slabo primerljivost in t_{BP} do 4.0, srednje debele črte pomenijo dobro primerljivost s t_{BP} 4.1 do 8.0, najdebelejše črte pomenijo zelo podobne kronologije s t_{BP} nad 8.1.

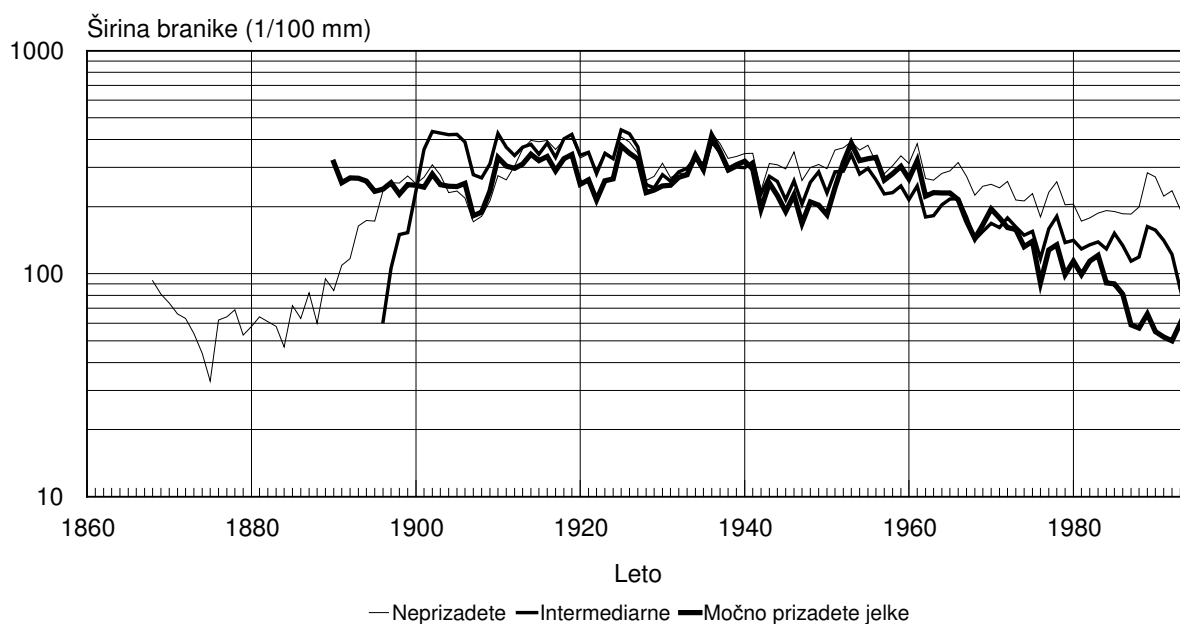
4.1.5 Vizualna primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih dreves

Analiza širin branik in dolgoročnih nihanj v lokalnih kronologijah za posamezne stopnje prizadetosti jelk kaže, da je bilo obdobje 1962-67 odločilno za začetek propadanja jelke. V letih 1962-63-64 se je pojavil močan upad prirastka s kratkim skokom navzgor do leta 1966. Leta 1967 pride ponovno do močnega upada prirastka in takrat se začne izrazita diferenciacija znotraj jelove populacije. Del preučevane populacije so bile verjetno bolj vitalne jelke ali pa tiste na kakorkoli ugodnejšem rastišču, ki so bile sposobne preživeti obdobje prirastne depresije, ki traja od leta 1967 do 1989. Drugi del populacije je na poslabšanje rastnih pogojev reagiral z močnim zmanjšanjem prirastka in številnimi izpadi branik. Mnogo jelk je v tem

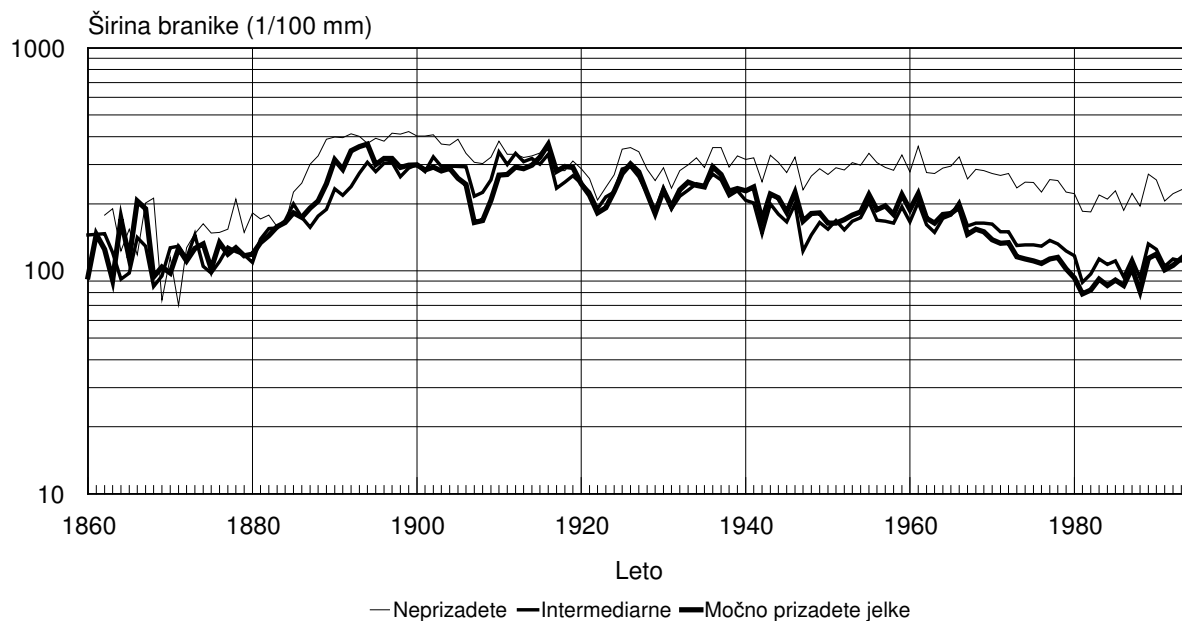
obdobju propadlo, vendar o njih žal nimamo podatkov. Naše ugotovitve veljajo torej le za jelke, ki so obdobje prirastne depresije preživele.



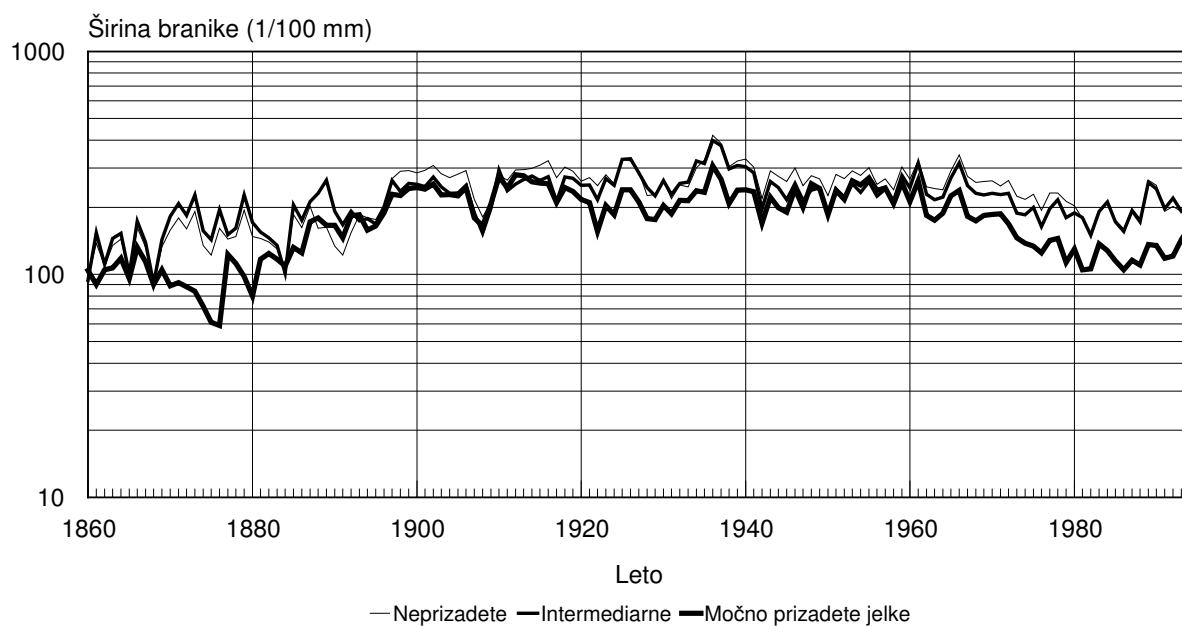
Slika 19: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk v Glazuti.



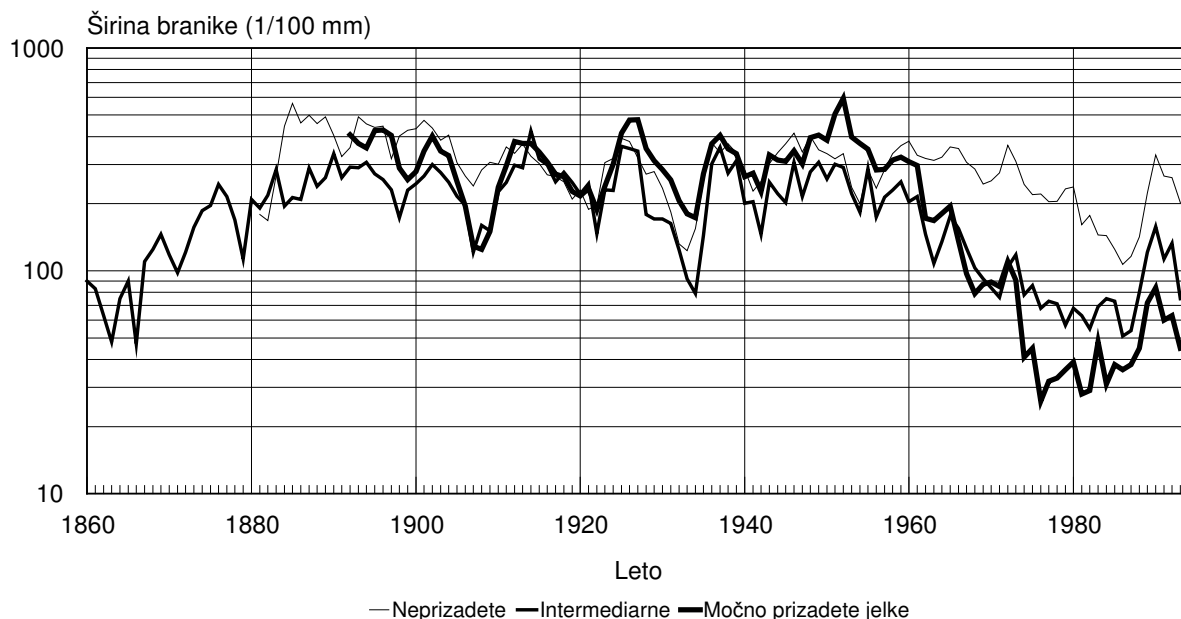
Slika 20: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk na Mokrecu.



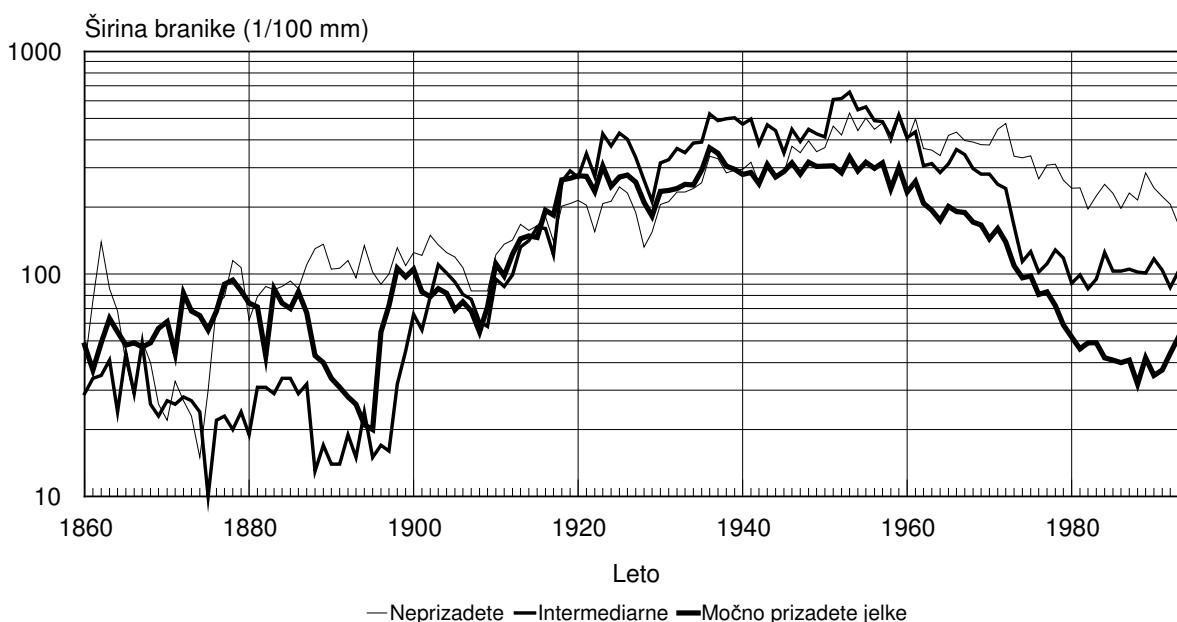
Slika 21: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk na Mašunu.



Slika 22: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk v Škocjanu.



Slika 23: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk na Javorniku.



Slika 24: Primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk na Ravniku.

Močna suša v letu 1976 je povzročila drugo diferenciacijo v jelovi populaciji. Pri neprizadetih jelkah je prirastek rahlo upadel, vendar do bistvene spremembe prirastka ni prišlo. Prizadete jelke so se odzvale na dva načina: (1) z rahlim upadom že tako nizkega prirastka in (2) z močnim upadom priraščanja in v skrajnem primeru z odmrtnjem jelk. Ko se je obdobje depresije okoli leta 1986 prevesilo v drugo polovico in se je prirastek začel povečevati, je prišlo do zadnje diferenciacije jelove populacije. Navidezno neprizadeti del jelove populacije se je odzval s povečanjem debelinskega prirastka, srednje prizadeti del je bil sposoben

reagirati na ugodnejše razmere in je do neke mere povečal prirastek, ki pa je bil še vedno bistveno nižji kot pred nastopom depresije. Najmanj vitalen del pa se na pozitivne spremembe ni odzval in upadanje prirastka se je nadaljevalo.

Nadalje za skupine dreves na slikah 19-24 opazamo tudi nekatere posebnosti skupin, povezanih z rastnim ritmom različno prizadetih jelk. V prvo skupino spadajo jelke, ki so v mladosti dobro rasle in so imele široke prirastke in je v zadnjih 40 letih prišlo do močnega upada prirastka. V drugo skupino spadajo jelke, ki so bile v mladosti dolgo zastrte in so obdobje depresije dobro prestale. V tretjo skupino jelk pa štejemo tiste, ki niso nikoli dobro rasle in so verjetno zaradi človekovega poseganja v gozd uspele preživeti. Le-te so bile skoraj po pravilu vedno v skupini jelk, ki so obdobje depresije slabo preživele in se niso bile več sposobne odzvati na izboljšanje rastnih razmer v zadnjih letih.

4.1.6 Razprava

Analiza trendov lokalnih kronologij za različne stopnje poškodovanosti jelke na vseh analiziranih ploskvah v dinarski fitogeografski regiji je pokazala, da je v zadnjih 50 letih prišlo do velikih sprememb v rastnem ritmu analiziranih dreves. Pojav prirastne depresije v 60. letih in izboljšanja prirastka v 80. letih lahko opazujemo pri jelki v vsej Evropi. Pri iskanju vzrokov za tako močan upad prirastka jelke ne moremo mimo dejstva, da je splet zaporednih neugodnih higrotermičnih dejavnikov povzročil močno prirastno depresijo in diferenciacijo v jelovi populaciji. Kljub temu pa se zdi, da ni vzrok za prirastno depresijo samo v spletu neugodnih vremenskih razmer, ampak tudi v onesnaževanju ozračja in v neprimernem gospodarjenju z gozdom. Domnevamo, da gre za sinergistično delovanje neugodnih dejavnikov - klime, onesnaževanja okolja in neustreznega gospodarjenja z gozdom. Našo domnevo utemeljujemo na spoznanju, da je v zadnjih 100 letih večkrat prišlo do podobnih močnih suš npr. leta 1917, 1928 in 1942, pa kljub vsemu ni prišlo do pojava prirastne depresije.

Pri vseh dosedanjih analizah smo predvsem opazovali tisti del jelove populacije, ki je preživel obdobje prirastne depresije. Pri tem pa skoraj redno pozabljamo na odmrli del jelove populacije, tako poročajo o visoki mortaliteti na raziskovalnih ploskvah Bistra in Ravnik kjer

je v obdobju 1988-1994, ko ponekod poročajo o izboljšanju jelke, propadlo 25 oz. 17% testnih dreves (*Torelli in Čufar 1995*). Poleg visoke mortalitete dreves na obeh raziskovalnih ploskvah to hkrati tudi pomeni, da s posekom slučajnih pripadkov odstranjujemo odmrli del populacije in s tem umetno izboljšujemo sliko propadanja jelke.

V tujini se srečujejo s podobnimi trendi priraščanja jelke in ostalih drevesnih vrst, zato je zanimivo narediti kratek pregled možnih vzrokov za povečevanje prirastka v zadnjih dveh desetletjih. V študiji European Forest Institute (EFI) iz leta 1996 ugotavljajo (*Spiecker, Mieliäinen, Köhl in Skovsgaard 1996*), da je v vsej Evropi pri različnih drevesnih vrstah prišlo v 70. letih do prirastne depresije in porasta prirastka v 80. letih (glej npr. *Badeau, Becker, Bert, Dupuey et al. 1996; Kotar 1996; Pretzsch 1996; Schneider in Hartmann 1996*).

Na osnovi študije EFI so postavili dve teoriji povečanja prirastka v zadnjih desetletjih. Prva hipoteza temelji na spremembah v rabi krajine in načinih gospodarjenja z gozdom. Raba gozda v kmetijske namene (steljarjenje, nabiranje zelišč, vejevja...) je povzročila osiromašenje gozdnih rastišč in s tem padec naravne rodovitnosti. Zaradi opustitve takšnih oblik rabe gozda in zaradi zmanjševanja kmetijskih površin so se posegi v gozd zmanjšali in prišlo naj bi do postopnega izboljševanja naravne rodovitnosti rastišč.

Tudi gozdnogojitvena praksa lahko preko različnih gozdnogojitvenih ukrepov poveča prirastek drevja. Po nekaterih teorijah naj bi se produktivnost mladih sestojev povečala tudi na račun vse večje uporabe gnojil v mladih sestojih, vendar ta teorija vsaj v Sloveniji ne drži. Povečevanje pestrosti rastlinskih vrst v gozdu ima nujno tudi pozitiven vpliv na kvaliteto gozdne zemlje in njeno sposobnost za zadrževanje hranil in vode.

Druga hipoteza razlaga povečanje prirastka s klimatskimi motnjami in povečano količino depozitov iz atmosfere v tla. V zadnjih letih poskušajo povečanje prirastka, ki traja nekje od sredine 80. let pojasniti tudi z naraščanjem količine CO₂ in NO_x v ozračju, vendar jasnih rezultatov o vplivu teh kemičnih spojin še ni. Na eni strani opazujejo v Pirenejih povečanje prirastka pri zelo nizkih količinah dušikovih spojin v zraku, po drugi strani pa ponekod ugotavljajo, da je prirastek večji prav zaradi dušikovih spojin.

Ogljikov dioksid ima v procesu fotosinteze pomembno vlogo. Stimulira fotosintezo, zmanjšuje dihanje, lajša vodni in svetlobni stres drevja. Ali ima povečana količina ogljikovega dioksida pozitiven vpliv na povečanje prirastka, je težko reči, saj je čisti vpliv CO₂ na rast dreves težko zaznaven, hkrati pa je modificiran z različnimi dejavniki okolja.

Številne študije, ki so raziskovale vpliv CO₂ in NO_x na rast drevja, niso dale jasnih odgovorov na to pomembno vprašanje.

Zaradi opisanih dejstev je možno, da je do izboljšanja prirastka prišlo tudi zaradi povečanih emisij dušikovih oksidov in ogljikovega dioksida v ozračje in v tla. Ta teorija še ni docela preverjena, zato jo je potrebno še natančno preveriti in interpretirati močna nihanja prirastka tudi v tej luči.

4.2 Odvisnost širine branike od klimatskih dejavnikov

4.2.1 Podatki o klimi

Spreminjanje širine branike posameznega drevesa je v veliki meri odvisno od klimatskih dejavnikov tekočega in preteklih let, zato velja vpliv klimatskih dejavnikov na širino branike posebej preučiti in poiskati tiste, ki imajo največji vpliv.

V analizi smo uporabili podatke iz petih meteoroloških postaj: Ljubljana, Vrhnika, Kočevje, Planina in Postojna. Vse meteorološke postaje, razen postojnske, spadajo med tiste, kjer se klimatski podatki merijo že vsaj 100 let (PREGLEDNICA 12 IN 13). V analizah smo upoštevali podatke o povprečnih mesečnih temperaturah in skupni mesečni količini padavin.

Preglednica 12: 30-letno padavinsko povprečje za meteorološke postaje Kočevje, Ljubljana, Vrhnika in Planina (vir podatkov: HMZ - klimatološki oddelek).

	Obdobje	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Avg.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Skupaj
Ljubljana	1981-1992	70,58	69,92	97,92	90,17	117,50	171,50	91,00	135,17	122,33	160,33	122,33	89,75	1339
	1951-1980	84,87	91,27	88,80	109,57	116,80	136,17	131,83	137,27	133,93	117,03	133,93	107,90	1389
	1921-1950	81,30	73,67	85,87	117,13	126,27	143,93	111,40	133,93	154,77	150,93	151,53	105,43	1436
	1891-1920	85,10	71,27	99,03	112,67	108,40	138,47	137,83	142,90	134,80	157,07	115,30	108,53	1411
Kočevje	1963-1993	83,66	87,59	114,50	127,06	122,13	146,22	118,78	138,34	142,31	152,84	169,63	116,84	1520
	1932-1962	99,43	104,30	94,03	113,83	140,93	156,90	120,57	132,50	147,97	176,43	150,03	138,90	1576
	1901-1931	81,93	71,86	102,34	121,45	109,21	130,97	118,00	130,31	159,62	164,79	149,21	114,17	1454
	1872-1900	82,27	81,60	115,47	125,13	131,93	164,67	116,30	121,80	155,10	191,77	136,40	114,37	1537
Vrhnika	1956-1990	108,09	102,51	115,14	135,89	124,63	159,89	135,60	144,17	141,94	137,63	158,71	131,46	1596
	1926-1955	102,23	95,67	108,17	103,13	137,57	139,77	118,17	130,67	172,40	172,30	165,23	122,83	1568
	1896-1925	90,50	94,70	134,37	144,63	123,40	163,27	130,93	151,13	160,90	175,83	149,57	142,23	1661
Planina	1956-1988	143,12	119,33	133,55	157,45	139,03	167,36	145,58	146,85	157,18	170,45	189,06	162,27	1831
	1926-1955	127,83	113,80	131,23	117,60	159,33	152,17	142,47	135,63	176,83	200,50	191,93	150,23	1800
	1896-1925	101,33	107,07	150,37	161,77	166,70	173,43	134,20	151,40	167,50	199,53	171,83	154,17	1839
Postojna	1951-1993	103,91	90,67	109,23	126,01	126,12	147,41	114,65	121,35	144,73	161,24	159,72	136,71	1542

Analiza preglednice 12 pokaže, da se padavinski režim na meteoroloških postajah v zadnjih 100 letih ni bistveno spremenil. Le v Ljubljani v obdobju 1982-1992 beležimo nekoliko nižje celoletno padavinsko povprečje.

Preglednica 13: 30-letno temperaturno mesečno povprečje za meteorološke postaje Ljubljana, Kočevje, Vrhnika in Planina (vir podatkov: HMZ - klimatološki oddelek).

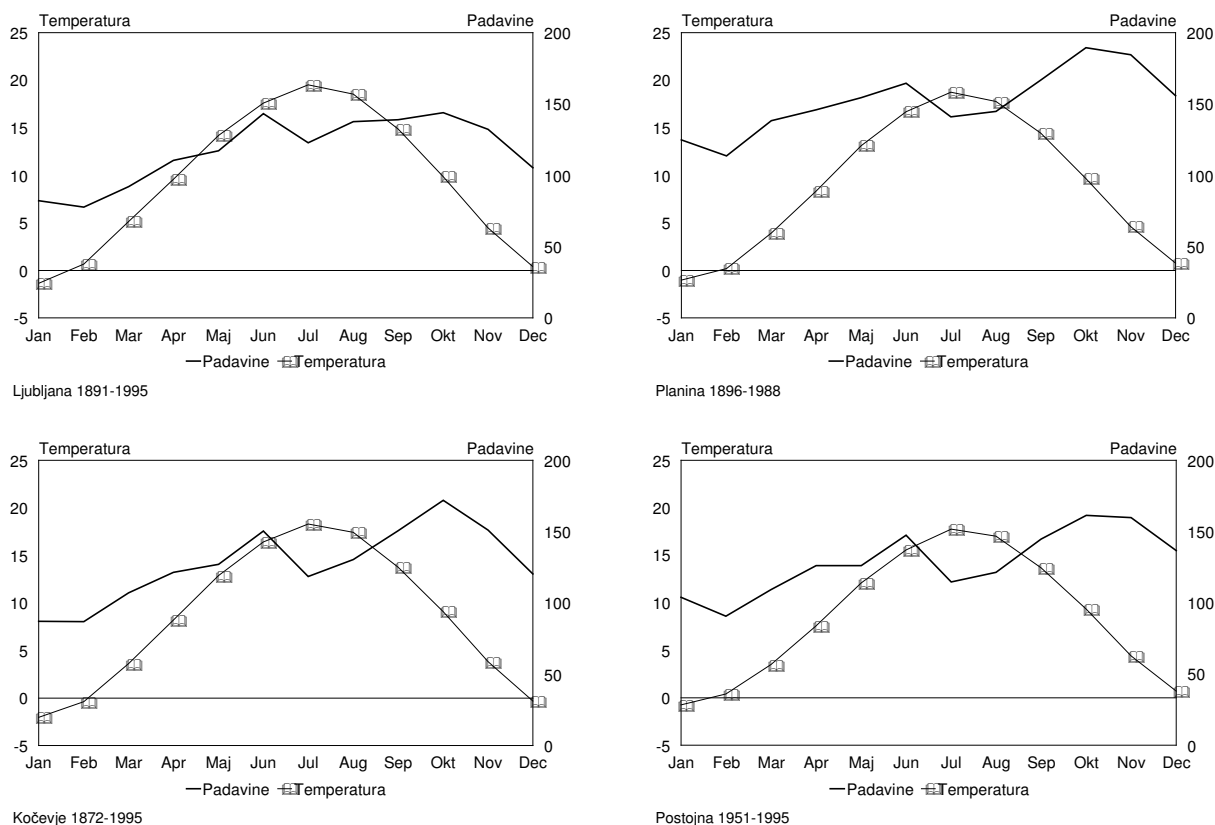
	Obdobje	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun.	Jul.	Avg.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.	Pov-prečje
Ljubljana	1891-1920	-1,82	0,23	5,06	9,30	14,18	17,68	19,51	18,52	14,71	9,91	4,09	0,64	9,33
	1921-1950	-1,57	0,61	5,31	9,93	14,54	18,03	20,08	18,68	15,10	9,75	4,77	0,05	9,61
	1951-1980	-1,05	1,14	5,12	9,78	14,38	17,99	19,60	18,79	15,19	10,10	4,96	0,27	9,69
	1981-1992	-0,79	0,73	5,74	10,08	14,83	17,75	20,82	20,02	16,06	10,66	4,18	0,79	10,07
Kočevje	1872-1901	-2,56	-1,21	3,05	8,29	12,55	16,90	18,90	17,74	13,86	9,35	3,23	-0,92	8,26
	1902-1931	-1,30	-0,02	4,06	8,00	13,27	16,32	18,37	17,50	13,47	9,17	4,13	0,56	8,63
	1932-1961	-2,76	-0,46	3,65	8,46	12,81	16,46	18,02	17,27	13,86	8,84	3,88	-0,30	8,31
	1962-1993	-1,52	0,08	3,68	8,03	12,85	16,04	17,96	17,20	13,82	8,99	4,05	-0,53	8,39
Vrhnika	1896-1925	-0,83	0,72	5,29	9,13	14,77	17,90	19,80	18,61	14,64	10,02	4,44	1,33	9,65
	1926-1955	-1,62	0,18	4,66	9,84	14,28	18,21	19,91	18,99	15,56	10,00	5,15	0,45	9,63
	1956-1990	-1,16	0,84	4,85	9,23	13,95	17,20	19,33	18,36	14,78	10,01	4,70	0,22	9,36
Planina	1896-1925	-0,75	0,08	4,24	7,90	13,32	16,76	18,76	17,64	13,83	9,32	4,07	1,21	8,87
	1926-1955	-1,51	0,10	4,06	9,15	13,47	17,45	19,52	18,56	15,38	10,16	5,27	0,50	9,34
	1956-1988	-1,02	0,36	3,64	7,96	12,63	16,00	17,97	17,12	14,12	9,48	4,56	0,65	8,62
Postojna	1951-1993	-0,7	0,4	3,5	7,6	12,1	15,6	17,7	17,0	13,7	9,3	4,4	0,7	8,4

Analiza temperaturnih sprememb na meteoroloških postajah je pokazala, da se dolgoletna povprečja po obdobjih nekoliko spreminjajo. V Ljubljani se je povprečna letna temperatura nekoliko dvignila, domnevamo, da zaradi ogrevanja v zimskih mesecih, na Vrhniki je temperatura v zadnjem obdobju padla, na drugih meteoroloških postajah pa ni prišlo do bistvenih sprememb.

Preglednica 14: Povprečne letne temperature in povprečna letna količina padavin za posamezne meteorološke postaje.

Meteorološka postaja	Obdobje	Povp. mesečna temperatura	Letna količina padavin
Ljubljana	1891-1992	9,6°C	1404 mm
Kočevje	1872-1993	8,4°C	1523 mm
Vrhnika	1896-1990	9,5°C	1608 mm
Planina	1895-1988	8,9°C	1824 mm
Postojna	1951-1993	8,4°C	1541 mm

Za meteorološke postaje Ljubljana, Kočevje, Planina in Postojna smo naredili diagrame klime po Walterju (SLIKA 25).



Slika 25: Diagrami klime po Walterju za glavne meteorološke postaje. Temperature so podane v °C, padavine pa v mm.

4.2.2 Standardizacija zaporedij širin branik s kubičnimi zlepk

Za študij vpliva klime na širino branike je potrebno zaporedja širin branik najprej standardizirati. S tem iz dendrokronoloških krivulj odstranimo vpliv starosti drevesa in zastrtosti v sestoju. V standardiziranih zaporedjih širin branik ostane bolj ali manj čist klimatski vpliv, ki ga lahko preučujemo z odzivnimi funkcijami. Ugotavljajo, da z uporabo različnih metod standardizacije dendrokronoloških podatkov pridemo do različno kvalitetnih rezultatov odziva širine branike na klimo, zato je pomembno, kakšen tip standardizacije osnovnih podatkov uporabimo (*Fritts, Blasing, Hayden in Kutzbach 1971*).

Za standardizacijo dendrokronoloških podatkov so sprva uporabljali togo modificirano eksponentno in linearno funkcijo (*Fritts, Mosimann in Bottorff 1969*), ki se je v semiaridnih območjih Arizone dobro izkazala, drugje pa ne. Zato so poskušali z drugimi načini prilagajanja podatkov, npr. z drsečimi sredinami in z ortogonalnimi polinomi (*Cook in Briffa 1989*). V zadnjih letih se v dendrokronološki praksi vse bolj uporabljajo kubični zleпки (an.= cubic spline function) (*Cook in Peters 1981*) in drseče sredine z različnimi utežmi (binomsko

jedro, Gaussovo jedro...). Zaradi fleksibilnosti kubičnih zlepkov se da z njimi odstraniti vpliv starosti, zastrtosti in konkurence v sestoji in s tem dendrokronološki signal očistiti šumov, ki ne nosijo klimatske informacije (*Blasing, Duvick in Cook 1983*). S spreminjanjem širine intervala določamo kubičnemu zlepku togost in s tem spreminjamo kvaliteto njegovega prilagajanja dejanskim podatkom.

V primerjavi z metodami, ki za standardizacijo uporabljajo ponderirano drsečo sredino, ima izravnava dendrokronološke serije s kubični zlepki tri bistvene prednosti:

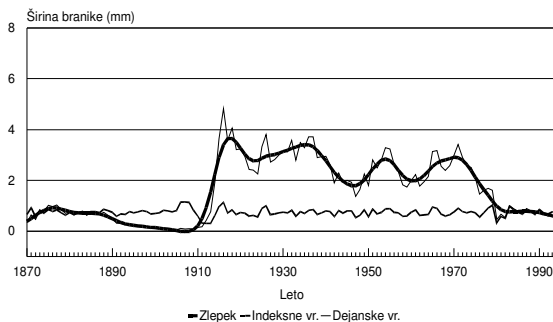
- ni potrebno izračunavati uteži kot pri drsečih sredinah,
- ni izgube podatkov na začetku in koncu časovne vrste (izguba podatkov se pri drseči sredini povečuje s širino intervala),
- parametre filtriranja lahko enostavno spreminjamo s spreminjanjem enega samega parametra p (*Cook in Peters 1981*).

Za preizkus vpliva togosti kubičnega zlepka na kvaliteto standardizacije kronologij smo v analizo vzeli štiri drevesa (13, 14, 16 in 19) z objekta Glažuta, ki so rasla v različnih pogojih zastrtosti in so različno reagirala na spremenjene razmere v sestoji v zadnjih desetletjih (PREGLEDNICA 15).

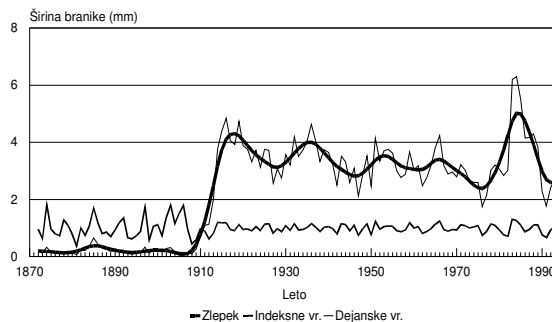
Preglednica 15: Opis rastnih posebnosti dreves, ki smo jih uporabili za preizkus kvalitete prilagajanja kubičnih zlepkov različne valovne dolžine dejanskim podatkom.

Drevo	Opis rastnih posebnosti
13	Močno zastrto v mladosti, z rahlimi nihanji navzgor, sledi močan in abrupten skok debelinskega prirastka, v zadnjem desetletju močno hiranje.
14	V mladosti močno in dolgo zastrta, sledi kratko obdobje bujne rasti in nato več desetletno pešanje.
16	Krajša zastrtost v mladosti, v zadnjih dveh desetletjih motena rast z izrazitimi skoki prirastka.
19	Drevo je bolj ali manj enakomerno raslo skozi vse življenje.

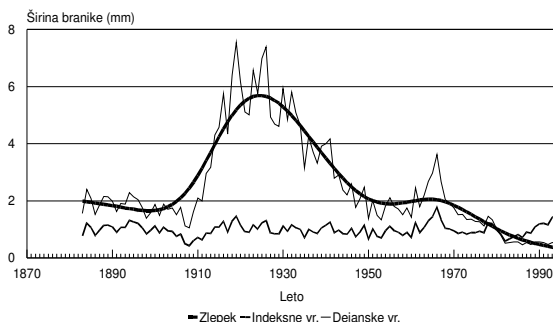
S tako izbranimi drevesi smo želeli preizkusiti vpliv različnih širin intervala pri kubičnem zlepku na ohranjanje klimatske informacije v lokalnih kronologijah.



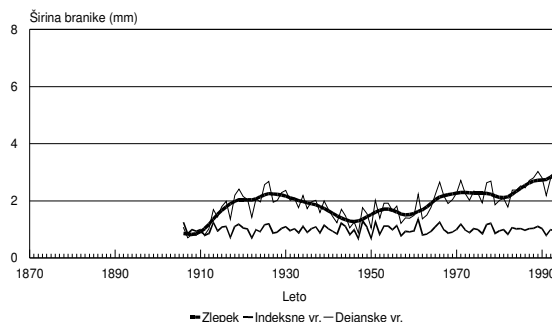
Glažuta JELKA 13



Glažuta JELKA 16

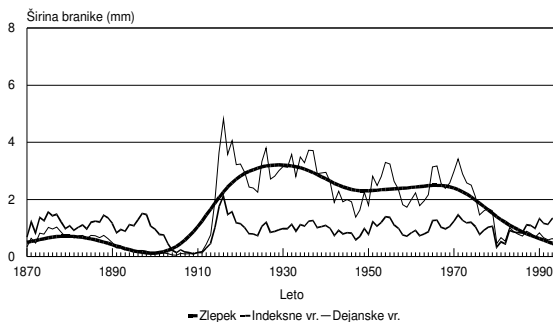


Glažuta JELKA 14

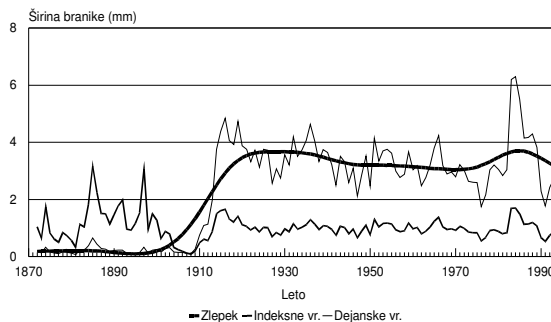


Glažuta JELKA 19

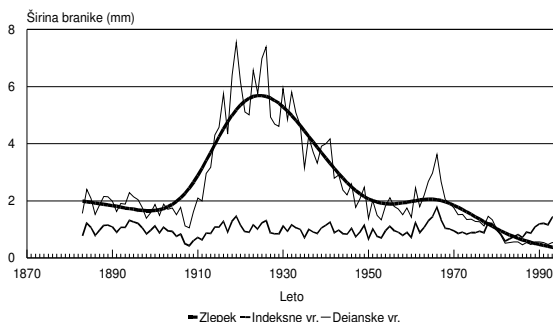
Slika 26: Izravnava podatkov s kubičnim zlepkom s širino intervala 11 let in filtrsko vrednostjo 50% variance. Krivulje indeksnih vrednosti so v območju abruptnih sprememb preveč zglajene - zlepek se predobro prilagaja.



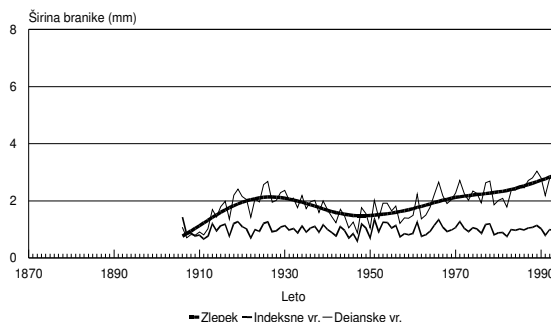
Glazuta JELKA 13



Glazuta JELKA 16

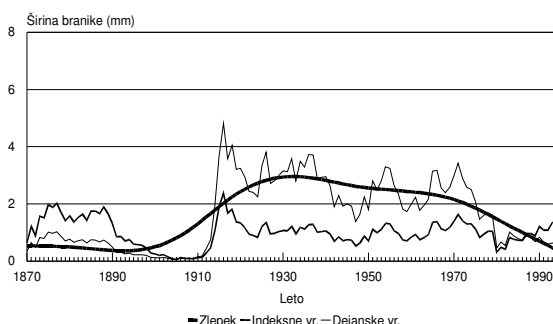


Glazuta JELKA 14

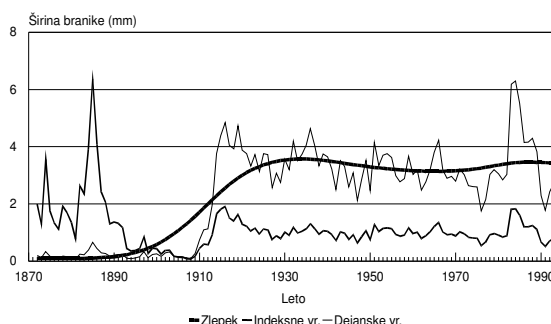


Glazuta JELKA 19

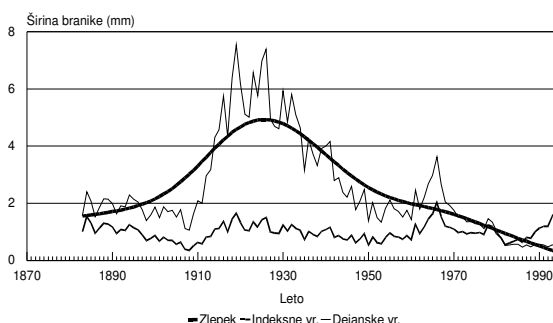
Slika 27: Izravnava podatkov s kubičnim zlepkom s širino intervala 33 let in filtrsko vrednostjo 50% variance. V območju nenadnih sprememb se zlepek zaradi togosti nekoliko slabše prilagodi.



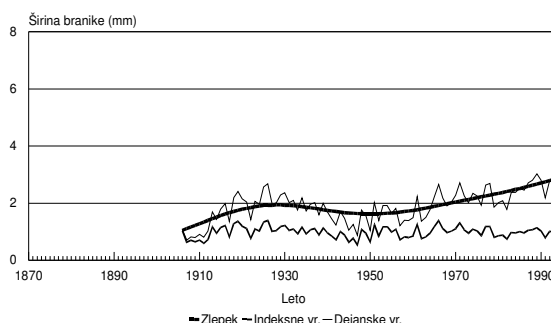
Glazuta JELKA 13



Glazuta JELKA 16



Glazuta JELKA 14



Glazuta JELKA 19

Slika 28: Izravnava podatkov s kubičnim zlepkom s širino intervala 53 let in filtrsko vrednostjo 50% variance. Zlepek se v splošnem slabo prilagaja dejanskim podatkom.

Na podlagi slik 26-28 lahko sklepamo naslednje:

Kubični zlepek s širino intervala 11 let (SLIKA 26) se dobro prilagaja v območju nenadnih in intenzivnih sprememb. Krivulja residualov je zelo umirjena. Zaradi velike prilagodljivosti kubičnega zlepka je odstranjen tudi del klimatske informacije, zato tako kratke širine intervalov niso priporočljive.

Kubični zlepek s širino intervala 33 let (SLIKA 27) se v primerjavi s kubičnim zlepkom širine intervala 11 nekoliko slabše prilagaja v območju nenadnih in intenzivnih sprememb, medtem ko se povsem dobro prilega v območju bolj umirjene rasti. Krivulja ostankov je zaradi večje togosti zlepka nekoliko bolj razgibana v področju nenadnih sprememb. Zlepek s to širino intervala pusti v indeksirani kronologiji nekoliko preveč variabilnosti, ki ni neposredno vezana na klimatska nihanja, vendar je zaradi večje togosti bolj primeren za dendroklimatološke študije.

Kubični zlepek s širino intervala 53 let (SLIKA 28) se slabo prilagaja v območju nenadnih in intenzivnih sprememb. Krivulja residualov je temu primerno razgibana. Zlepek odstrani samo manjši del variabilnosti vhodnih podatkov.

Zgornje primerjave kažejo, da je optimalna širina intervala 33 let. Pri krajši širini intervala prihaja do prevelike prilagojenosti dejanskim podatkom in s tem do izgube klimatske informacije, pri širših intervalih pa do slabega prilagajanja v področju sunkovitih skokov v rasti. Problem prilagajanja podatkov hitrim in intenzivnim skokom sta natančneje obdelala Blasing in Duvick (1983). Predlagata da bi kronologije razdelili na dva dela; tistega pred skokom in po njem. Pri tem naj bi leta, ko je prišlo do nenadne spremembe, izpustili. Predlagata tudi dvojno standardizacijo s kubičnim zlepkom širine 70 let v prvem koraku in s kubičnim zlepkom širine 30 let v drugem. Po drugi strani je Briffa (Briffa, Jones, Wigley, Pilcher *et al.* 1983) dobil dobre rezultate s 30 letnim intervalom, pri tem pa ni delil kronologije na dva dela. Naše analize so pokazale, da se 33-letni kubični zlepek dokaj dobro prilagodi nenadnemu skoku v rasti in, da je indeksna krivulja dokaj umirjena in niha skladno okoli vrednosti 1.

4.2.3 Odzivne funkcije

4.2.3.1 Splošno

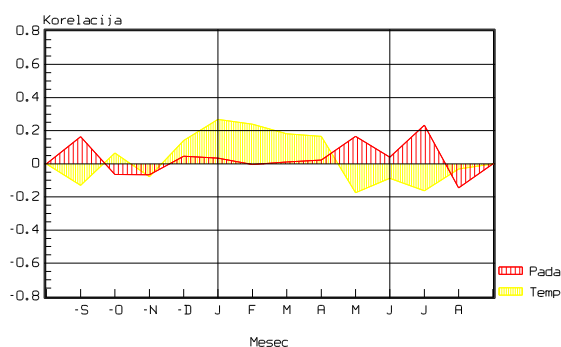
Analize smo opravili na šestih raziskovalnih objektih (PREGLEDNICA 16). V raziskavi smo upoštevali njim najbližjo meteorološko postajo. Analizirano obdobje je odvisno od trajanja opazovalnega obdobja na izbrani meteorološki postaji.

Preglednica 16: V analizah smo uporabili klimatske podatke z različnih meteoroloških postaj z različno dolžina opazovalnega obdobja.

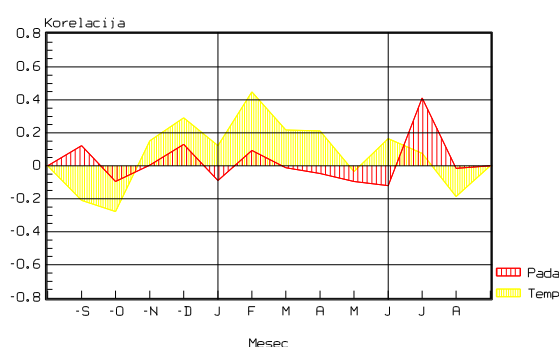
Raziskovalni objekt	Preučevano obdobje	Meteorološka postaja
JAVORNIKI	1952-1991	Babno polje
MOKREC	1895-1994	Ljubljana
MAŠUN	1951-1995	Postojna
ŠKOCJAN	1897-1988	Ravnik
RAVNIK	1897-1988	Ravnik
GLAŽUTA	1900-1995	Kočevje

4.2.3.2 Enostavne odvisnosti

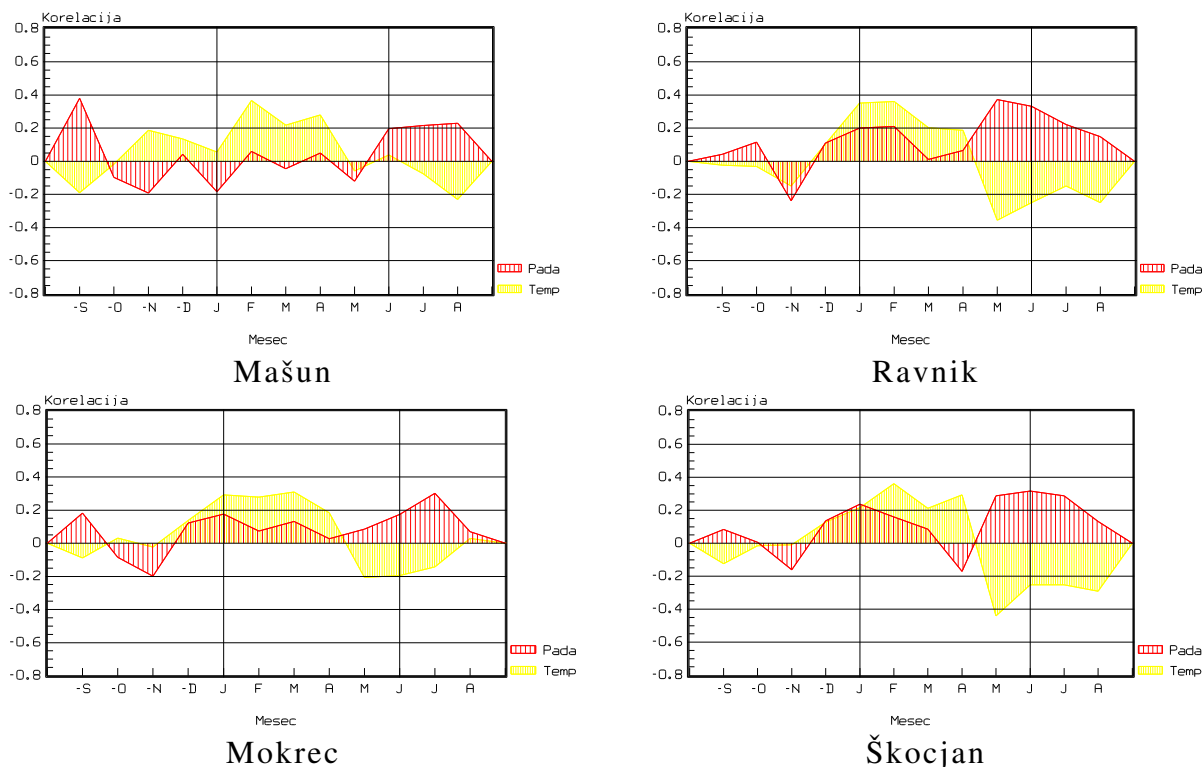
V prvi fazi analize odziva širine branike na klimo smo preučili enostaven odnos med različnimi klimatskimi parametri in širino branike v posameznem letu (SLIKA 29). V analizi smo upoštevali povprečne mesečne temperature in skupno količino mesečnih padavin. Analizirano obdobje je segalo od septembra prejšnjega leta do avgusta preučevanega leta. V analizah in grafičnih prikazih pomeni višja korelacija večji vpliv na širino branike.



Glažuta

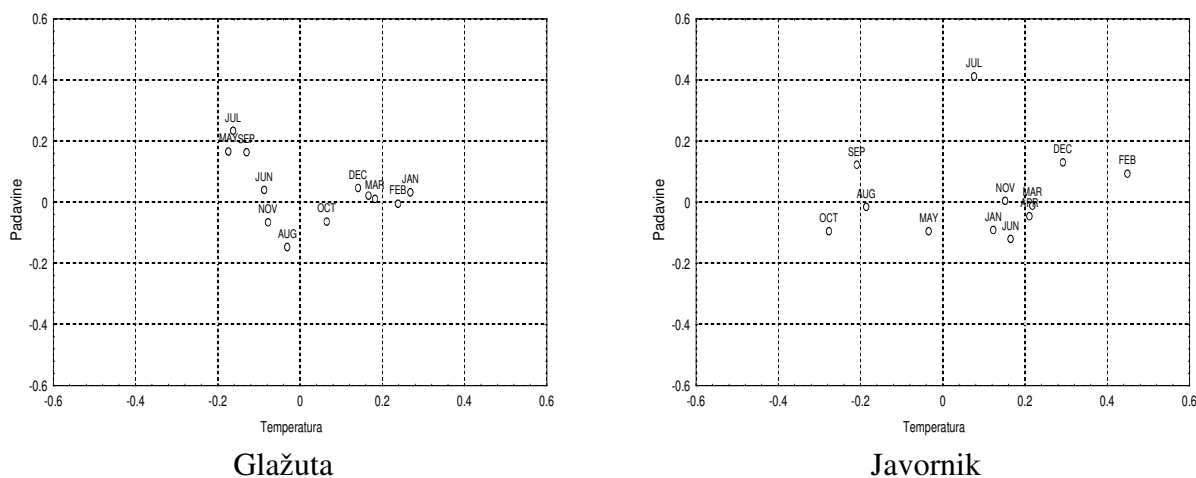


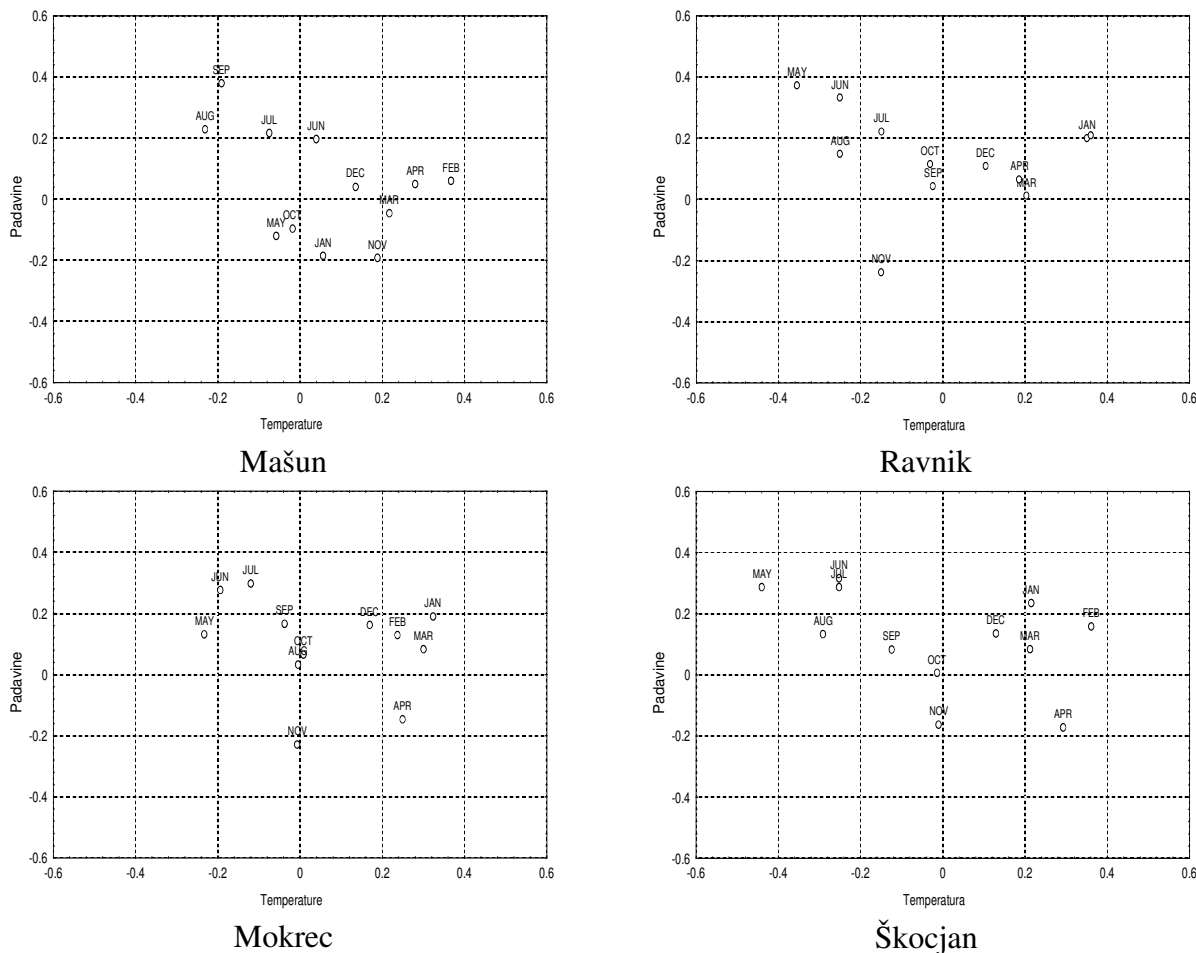
Javornik



Slika 29: Korelacijske vrednosti med temperaturo oz. količino padavin in širino branike po posameznih mesecih. S temno šrafuro je prikazan vpliv temperatur, s svetlo pa padavin. Višja vrednost pomeni večjo odvisnost od klime.

Skupen vpliv korelacij med temperaturo in padavinami ter širino branike smo ponazorili s kombiniranim prikazom obeh neodvisnih spremenljivk na enem grafu (SLIKA 30). Na slikah lahko vidimo, da imajo vrednosti, ki so bolj odmaknjene od središča grafa, močnejši in bolj značilen vpliv kot tiste, ki so bližje sredini. Vse kombinacije korelacij, ki ležijo v pasu ± 0.2 na abscisi in ordinati so neznailne, tj. ne vplivajo na širino branike.





Slika 30: Skupen vpliv povprečnih mesečnih temperatur in mesečne količine padavin na širino branike. Vsaka točka na grafu predstavlja presečišče korelacij za temperature in padavine v določenem mesecu. Vrednosti, ki so bolj oddaljene od središča grafa, so bolj pomembne.

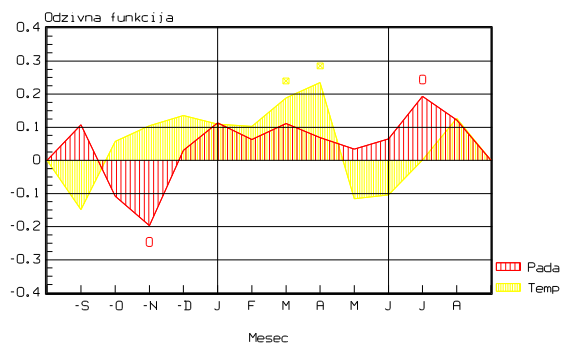
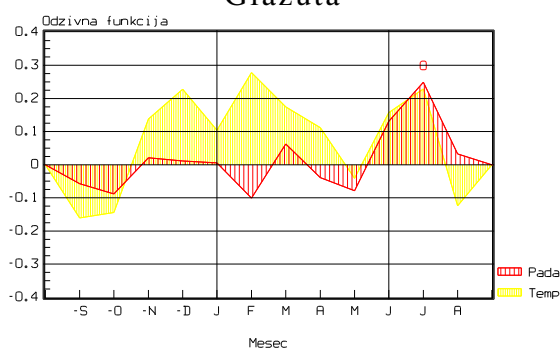
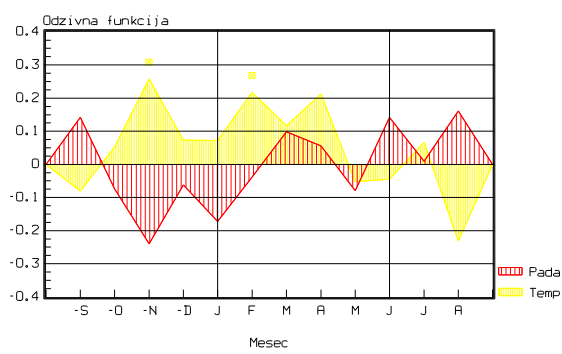
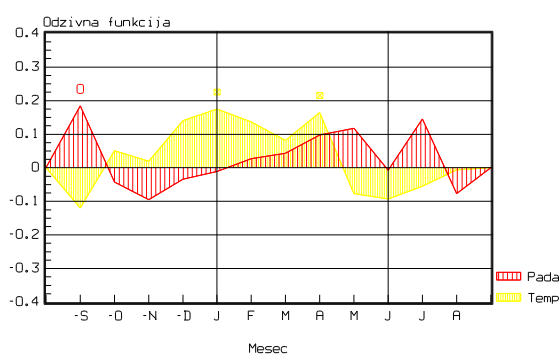
4.2.3.3 Kompleksne odvisnosti

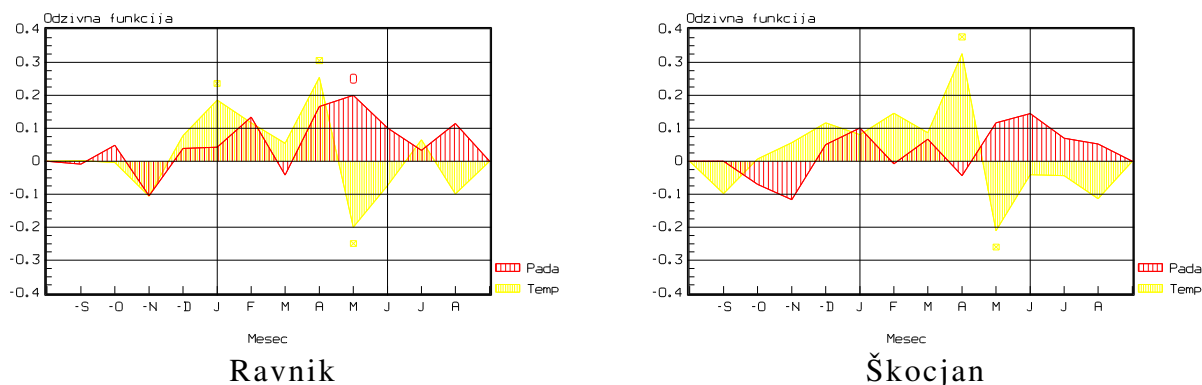
Odzivne funkcije (an. response functions) so strokovni termin za multiplo, regresijsko odvisnost med različnimi parametri klime ter širino branike. V našem primeru smo z multiplo regresijsko analizo po metodi BOOTSTRAPPED (Guiot 1991) izračunali odvisnosti med povprečnimi mesečnimi temperaturami in skupno mesečno količino padavin od septembra predhodnega leta do avgusta preučevanega leta ter širino branike. V analizi smo vedno uporabili lokalne kronologije, izravnane s kubičnim zlepkom z valovno dolžino 33 let in 50% frekvenčno prepustnostjo. V analizah smo vedno uporabili celotno merilno obdobje najbližje meteorološke postaje. Zaradi natančnosti in v skladu s priporočili Guiota smo v metodi BOOTSTRAPPED vedno naredili po 50 ponovitev multiple regresijske analize.

Preglednica 17: Osnovni podatki o kazalcih odzivnih funkcij po ploskvah.

Raziskovalni objekt	Preučevano obdobje	Število dreves v analizi	Št. lastnih vektorjev	Pojasnjena varianca (%)	Podobnost krivulj Skladno / neskladno
1	2	3	4	5	6
JAVORNIK	1952-1991	13	6 / 24	56,70	33 / 6
MAŠUN	1951-1995	30	6 / 24	53,20	31 / 11
MOKREC	1895-1994	15	9 / 24	46,80	77 / 21
RAVNIK	1897-1988	11	11 / 24	51,40	71 / 20
GLAŽUTA	1900-1995	40	7 / 24	29,80	68 / 27
ŠKOCJAN	1897-1988	19	10 / 24	54,00	70 / 21

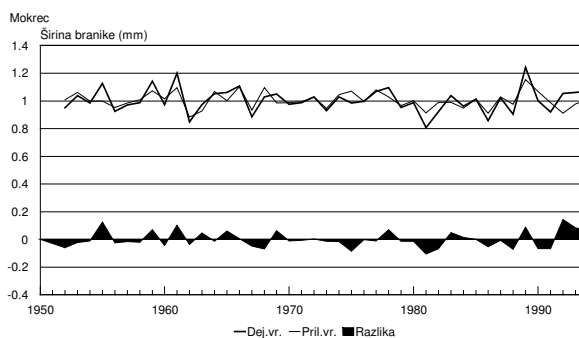
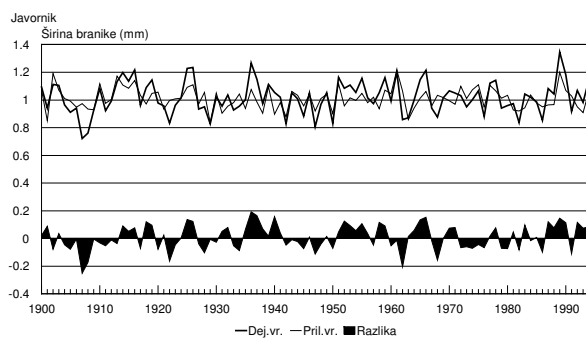
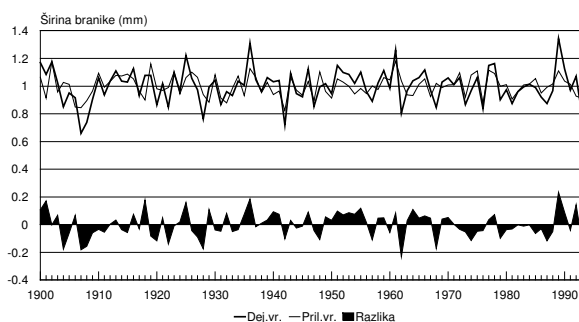
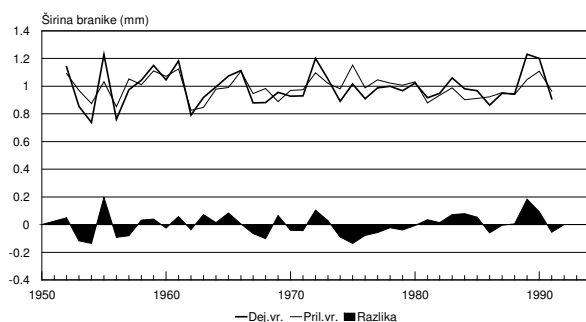
V stolpcu 2 (PREGLEDNICA 17) je obdobje, v katerem smo analizirali odzivno funkcijo. V stolpcu 4, navajamo podatek, koliko klimatskih podatkov, ortogonaliziranih po metodi PCA, je odločilno prispevalo k pojasnitvi odvisnosti širine debelinskega prirastka od klime. Prva številka pomeni, koliko lastnih vektorjev je zadostilo kriterijem analize, druga pa pomeni, kolikšno je skupno število lastnih vektorjev. V stolpcu 5 je odstotek s klimo pojasnjene variance. V stolpcu 6 je kvaliteta prilagoditve regresijske krivulje dejanskim podatkom. Prva vrednost pomeni število skladnih, druga pa neskladnih nihanj prilagojene krivulje. Manjša ko je zadnja vrednost, bolj se izračunana regresijska krivulja prilega dejanskim vrednostim.

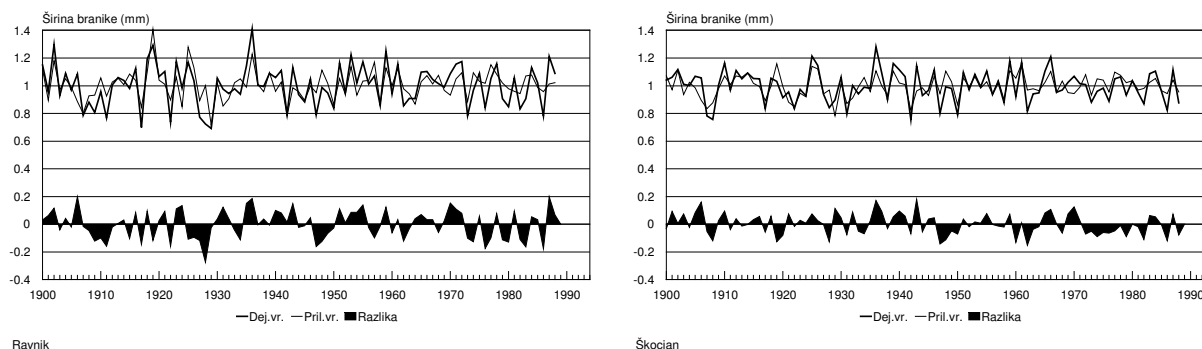




Slika 31: Grafi odzivnih funkcij po raziskovalnih objektih. Temnejša šrafura predstavlja odziv na povprečne mesečne temperature, svetlejša pa na skupno mesečno količino padavin. Krog in kvadrat nad nekaterimi točkami grafa sta simbola za značilnost, kvadrat je simbol za značilen vpliv temperatur na širino branike, krog pa za značilen vpliv padavin na širino branike.

Na spodnjih grafih so prikazane primerjave med dejanskimi širinami branike in teoretičnimi, na osnovi odzivnih funkcij izračunanimi širinami branike. Bolj ko sta si krivulji podobni, boljša je prilagoditev, večja je odvisnost med širino branike in klimatskimi dejavniki in manjše so vrednosti razlik med dejanskimi in prilagojenimi podatki.



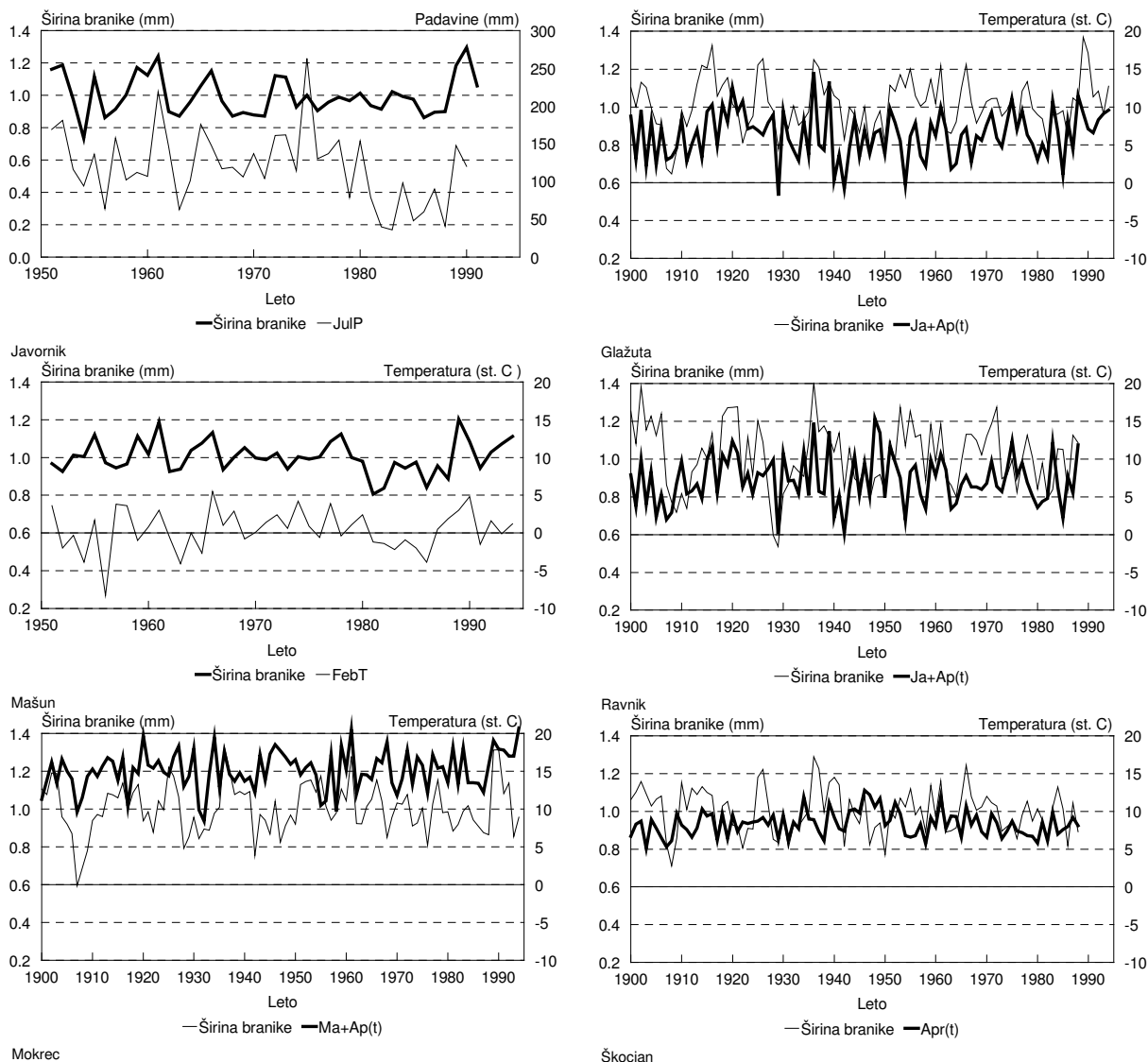


Slika 32: Primerjava med regresijsko, na osnovi značilnih klimatskih parametrov izračunano indeksirano širino branike ter dejansko indeksirano širino branike. Črno pobarvane površine predstavljajo razliko med dejanskimi in prilagojenimi vrednostmi. Na sliki so prikazani grafi za vsak raziskovalni objekt posebej.

Primerjava podobnosti med nihanjem povprečnih mesečnih temperatur oz. skupne mesečne količine padavin v posameznih značilnih mesecih določenega leta in indeksiranimi kronologijami (SLIKA 33) nam pove, kako temperatura oz. padavine v določenem mesecu preučevanega leta vplivajo na širino branike. Bolj ko so si krivulje podobne, bolj je širina branike odvisna od preučevanega klimatskega parametra. Na grafih so prikazani samo najbolj značilni meseci na posamezni raziskovalni ploskvi. Odvisno od raziskovalne ploskve so to enkrat padavine, drugič pa temperature ali celo kombinacija več mesecev hkrati (PREGLEDNICA 18). Dolžina preučevanega obdobja je na raziskovalnih ploskvah Mašun in Javornik zaradi kratkih meteoroloških nizov samo 45 let.

Preglednica 18: Statistično najpomembnejši meseci za nastanek široke branike.

Raziskovalni objekt	Temperature	Padavine
Javornik	X	Julij
Mašun	Februar	X
Glažuta	Januar, April	X
Ravnik	Januar, April	X
Mokrec	Marec, April	X
Škocjan	April	X



Slika 33: Primerljivost med statistično značilnimi meseci za povprečne mesečne temperature in skupno mesečno količino padavin ter indeksirano kronologijo širin branik po raziskovalnih objektih.

Podroben komentar h grafom po raziskovalnih ploskvah je podan v nadaljevanju.

Glažuta

Za preučitev vpliva klime na širino branike smo na raziskovalnem objektu Glažuta uporabili podatke iz meteorološke postaje Kočevje z opazovalnim obdobjem od 1900 do 1995.

Odziv širine branike na temperature je višji in pozitiven v zimskih in spomladanskih mesecih ter negativen v poletnih mesecih. Pri padavinah opazimo samo neznačilno odvisnost od nadpovprečnih poletnih padavin. Vrednosti korelacij so najvišje v juliju.

Analiza odzivne funkcije po metodi BOOTSTRAPPED je pokazala, da so za širok letni prirastek najbolj pomembne nadpovprečne temperature v aprilu in januarju ter pogojno v

februarju. Ugotovitve se skladajo z rezultati sorodnih raziskav v tem območju (*Schichler 1996*). Zaradi klimatoloških posebnosti dinarskega območja in obilice padavin, ki so enakomerno razporejene prek celega leta, padavine nimajo značilnega vpliva na širino branike. To se sklada tudi z opazovanji gozdarjev na tem območju, ki ugotavljajo, da so hribi okoli Kočevja tudi v toplih poletnih večerih v meglicah (*Bončina, osebna komunikacija*).

Raziskovalni objekt Glažuta je aglomerat več raziskovalnih ploskev in zaradi tega predstavlja lokalna kronologija Glažuta močno generaliziran vpliv klime na širino branike pri jelki. V primerjavi s preostalimi raziskovalnimi objekti pokriva lokalna kronologija Glažuta nekoliko večje območje in sicer masiv Goteniške gore, Stojne, Borovške gore in Kočevskega Roga. Zaradi tega je ugotovljeni odziv na klimo nekoliko slabši kot na ostalih raziskovalnih lokacijah. Tako smo lahko s klimo pojasnili le približno 30% variabilnosti širine branike.

Javornik

V analizi so bili uporabljeni podatki z meteorološke postaje Babno polje z obdobjem opazovanja 1951-1991. Kljub relativno kratkem obdobju opazovanja, je bila v analizi upoštevana meteorološka postaja edina, ki je bila na primerljivi nadmorski višini in relativno blizu naših raziskovalnih objektov.

Korelacijska analiza odvisnosti širine branike od klimatskih dejavnikov je pokazala, da so korelacije med širino branike in klimo najvišje v zimskih mesecih, kjer se kaže pozitiven vpliv nadpovprečno toplih zimskih in spomladanskih mesecev. Vrednosti nihajo med +0,292 v decembru in +0,449 v aprilu. Pri padavinah izstopajo samo nadpovprečne julijske padavine (+0,412).

V kasnejši analizi odzivne funkcije z metodo BOOTSTRAPPED pa ima pozitiven vpliv samo statistično značilen, s padavinami nadpovprečno obilen julij. V splošnem lahko 57% variabilnosti debelinskega prirastka razložimo s klimatskimi nihanji.

Mašun

Za analizo vpliva klime na širino branike smo na tej ploskvi uporabili meteorološke podatke s postaje Postojna z obdobjem opazovanja 1951-1995. Na tem območju so meteorološke postaje zelo redko posejane in postojnska je bila edina, ki je bila hkrati temperaturna in padavinska opazovalnica. V raziskavah smo upoštevali tudi padavinsko opazovalnico Mašun, ki pa zaradi obilice in s tem statistične nepomembnosti padavin v tem območju ni dala

željenih rezultatov.

Korelacijska analiza je dala podobno sliko kot na prejšnjih raziskovalnih ploskvah. Mile zime imajo blagodejen vpliv na širino prirastka pri jelki. Vroča poletja ji ne ustrezajo, ugodno pa je, če je poletje bolj vlažno.

Z odzivnimi funkcijami sta se kot značilna pokazala nadpovprečno topel februar in november prejšnjega leta. S klimo lahko pojasnimo 53% variabilnosti širine branike. Prilagoditev dejanskih vrednosti za širino branike teoretičnim je zelo dobra.

Mokrec

Na raziskovalnem objektu Mokrec smo upoštevali podatke z meteorološke postaje Ljubljana. Ljubljanska meteorološka opazovalnica ima najdaljšo obdobje opazovanja v Sloveniji, in sicer od 1895 do danes.

Rezultati korelacijske analize kažejo podobno sliko kot na preostalih raziskovalnih objektih. Najvišje korelacije so v zimskih mesecih - januarju in februarju in v prvih dveh spomladanskih mesecih - marcu in aprilu. Padavine pridobijo na pomenu poleti, v juniju in juliju.

Analiza odzivne funkcije pokaže samo na statistično značilen vpliv nadpovprečnih aprilskih temperatur in na fiziološko težko razložljive, vendar statistično značilne podpovprečne padavine v novembru prejšnjega leta. Na osnovi analize odzivne funkcije lahko s klimo razložimo približno 47% variabilnosti debelinskega prirastka jelke.

Ravnik

V analizi smo upoštevali meteorološke podatke s postaje Planina. Ta postaja je nudila zelo kvalitetne podatke za dendroklimatološke raziskave skozi celotno opazovalno obdobje od leta 1897 do 1988. Po letu 1988 so postajo žal ukinili.

Analiza korelacij kaže podobno sliko kot na preostalih objektih. Malo manj sta poudarjena spomladanska meseca marec in april. Izrazit je tudi negativen vpliv maja.

Analiza odzivne funkcije pokaže, da so glede temperatur zelo pomembni naslednji meseci: nadpovprečno topla januar in april in podpovprečno topel maj. Glede padavin pa je statistično značilen nadpovprečno moker maj. Na osnovi klime lahko pojasnimo 51% variabilnosti debelinskega prirastka jelke.

Škocjan

V analizah so bili ravno tako uporabljeni meteorološki podatke s postaje Planina.

Analiza korelacij med širino branike in posameznimi meseci je pokazala, da je najpomembnejši toplejši februar in toplejši april. Izstopa tudi negativna korelacija s temperaturami v maju. Zaradi enakomerne porazdelitve prek celega leta padavine tudi tu, nimajo večjega vpliva.

Analiza odzivne funkcije pokaže, da sta dejansko pomembna in statistično značilna le nadpovprečno toplel april in podpovprečno toplel maj. S klimo lahko pojasnimo kar 54% variabilnosti debelinskega prirastka.

4.2.4 Analiza značilnih let

Značilna leta smo izračunali za vsak raziskovalni objekt posebej in preučili v skladu s priporočili (*Eckstein in Bauch 1969; Schweingruber, Eckstein, Serre-Bachet in Bräker 1990*). Natančen postopek računanja je opisan v metodah dela (poglavje 3.4.3). V tabeli so z znakom minus prikazana negativna, s plusom pa pozitivna značilna leta. Za skupno značilno leto smo vzeli tisto, ki se je pojavilo vsaj na dveh od preučevanih šestih raziskovalnih objektov. V preučevanem obdobju zadnjih 95 let (1900-1995) je bilo tako identificiranih 11 negativnih in 9 pozitivnih značilnih let. V obdobju 1959 (+) do 1962 (-) beležimo tudi značilen interval ali podpis, ki močno olajša datiranje kronologij. Pojavlja se na štirih od šestih preučevanih objektov.

Vpliva klime na debelinsko priraščanje jelke v zadnjih petih letih pa zaradi bližine preučevanega obdobja še ne moremo zanesljivo preučiti. Zaenkrat se kot negativna leta kažeta 1993 in 1995, leto 1994 pa kot pozitivno.

Preglednica 19: Značilna leta po raziskovalnih objektih v zadnjih sto letih. S plusom so označena pozitivna, z minusom pa negativna značilna leta.

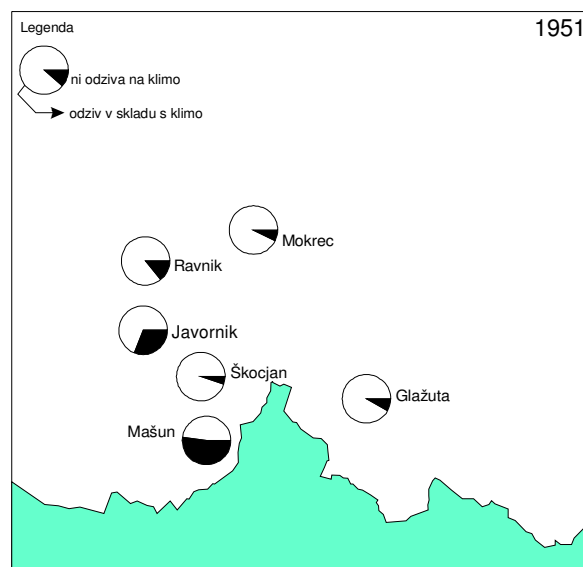
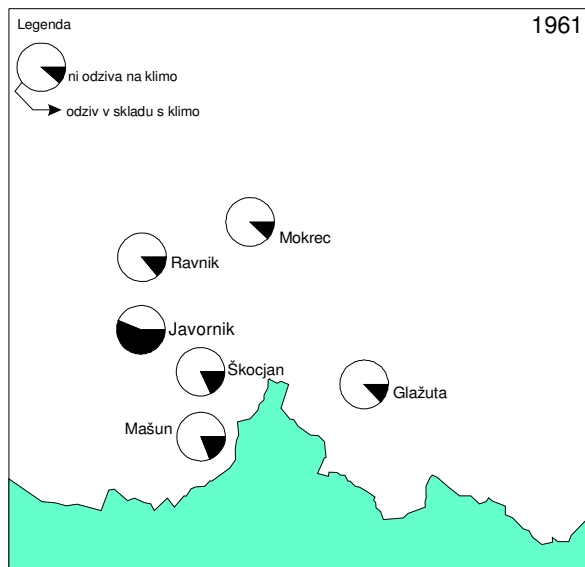
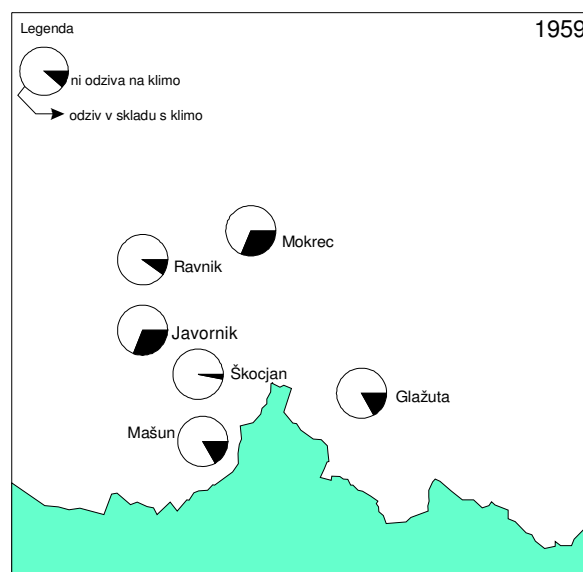
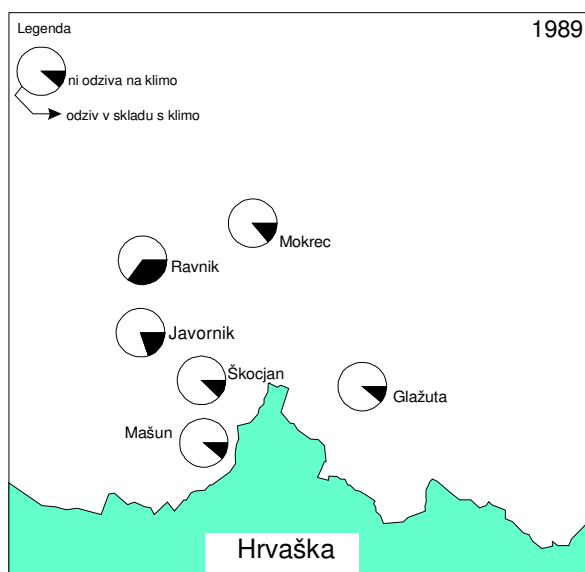
	Gla- žuta	Javor- nik	Ma- šun	Mok- rec	Rav- nik	Ško- cjan
1993				-		-
1989	+		+	+		+
1976	-	-	-	-	-	-
1967	-	-				-
1962	-	-	-	-	-	-
1961	+		+	+	+	+
1960	-				-	-
1959	+		+		+	+
1951	+			+	+	+
1947	-	-	-	-		-
1943		+	+		+	+
1942	-		-	-	-	-
1936	+	+		+		+
1928		-	-	-	-	-
1925	+	+	+	+	+	+
1923	+	+	+	+	+	+
1922	-		-	-		-
1917	-	-	-			-
1910	+	+	+	+		+
1907	-		-	-		-

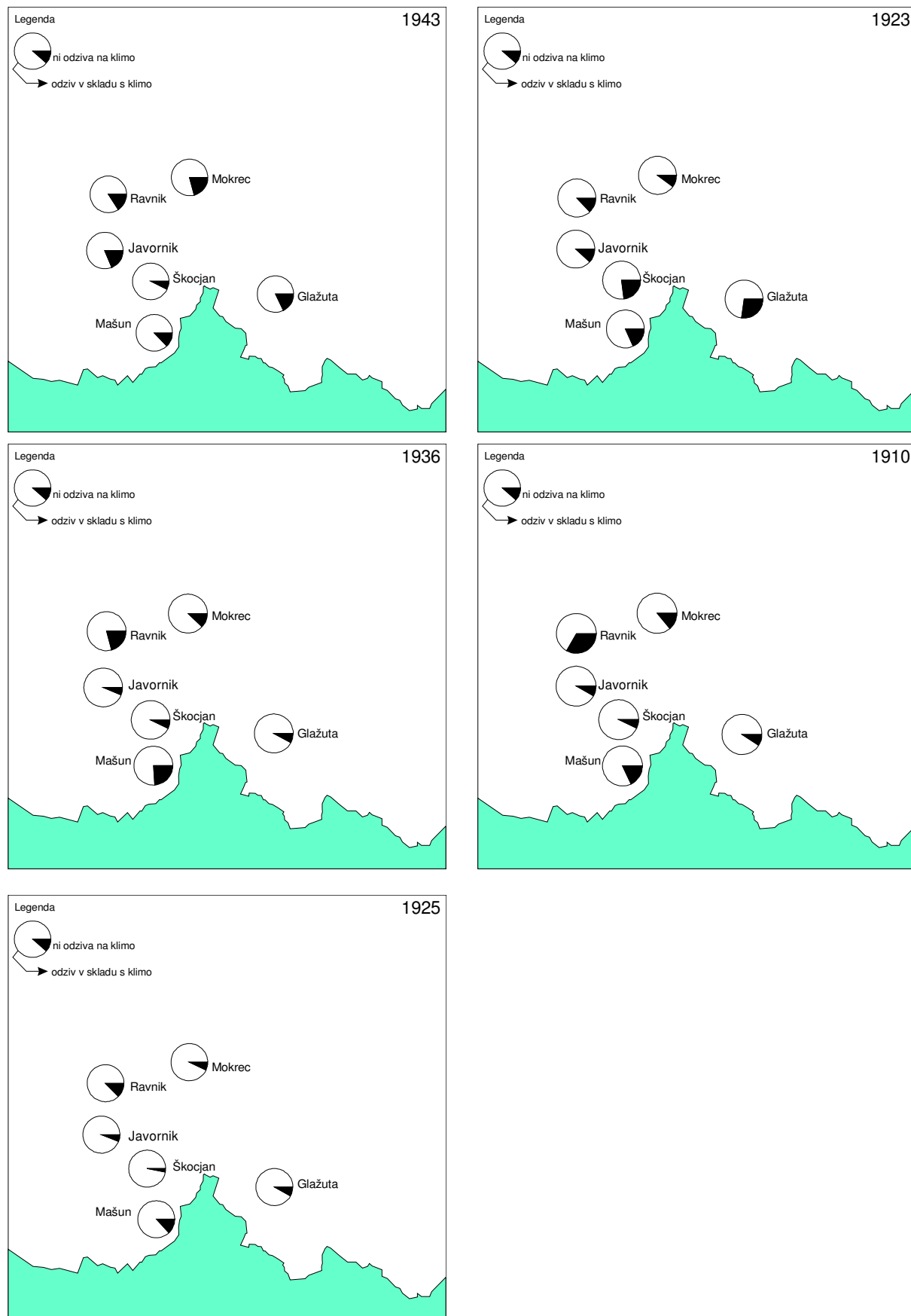
Prostorski prikaz deležev jelk po raziskovalnih ploskvah, ki so v klimatsko ugodnem letu izkazale povečanje prirastka, je prikazan na sliki 34. Na sliki 35 pa je prikazan prostorski prikaz deležev jelk, ki so v klimatsko neugodnem letu le malo prirasle.

Pojav pozitivnih značilnih let je lokalno pogojen (SLIKA 34) in v večini primerov, razen v letih 1923 in 1925, ne pride do hkratnega pojava pozitivnega značilnega leta na vseh raziskovalnih ploskvah. Ugotavljamo tudi, da jelka na raziskovalni ploskvi Javornik po letu 1950 nima nobenega pozitivnega značilnega leta. Tudi pred letom 1950 v primerjavi z drugimi raziskovalnimi ploskvami najbolj izstopa.

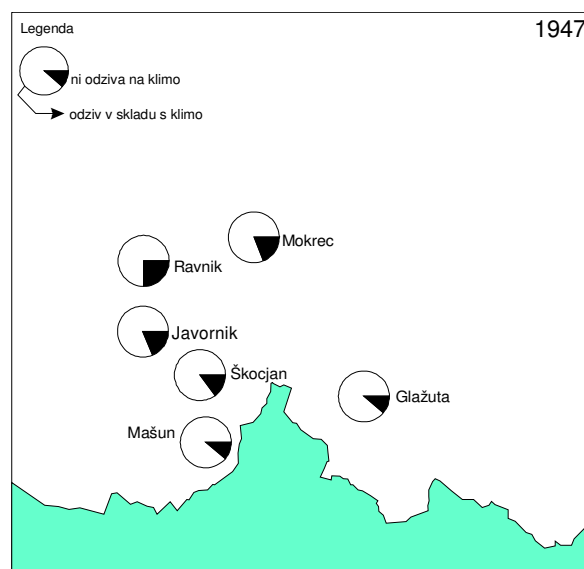
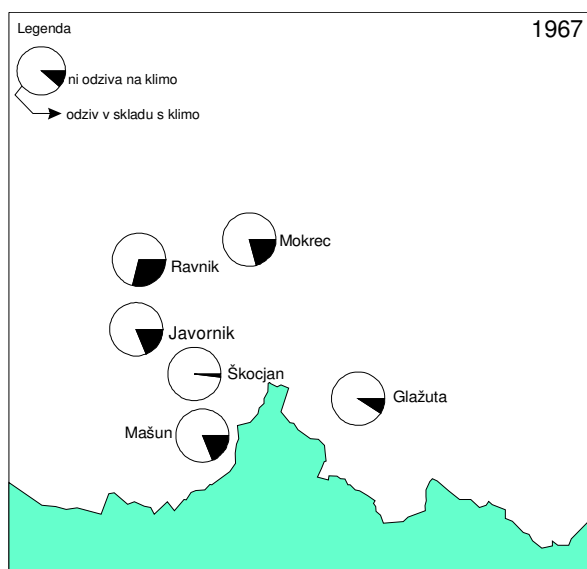
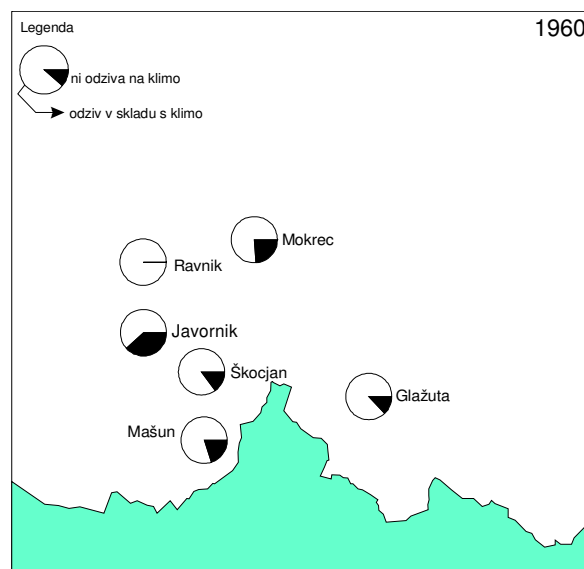
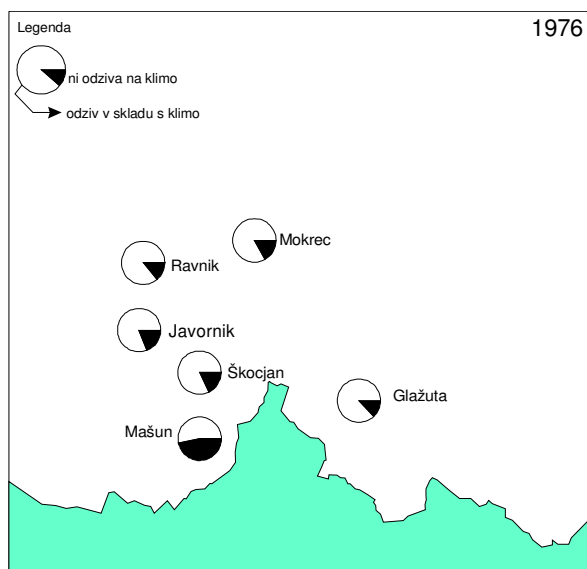
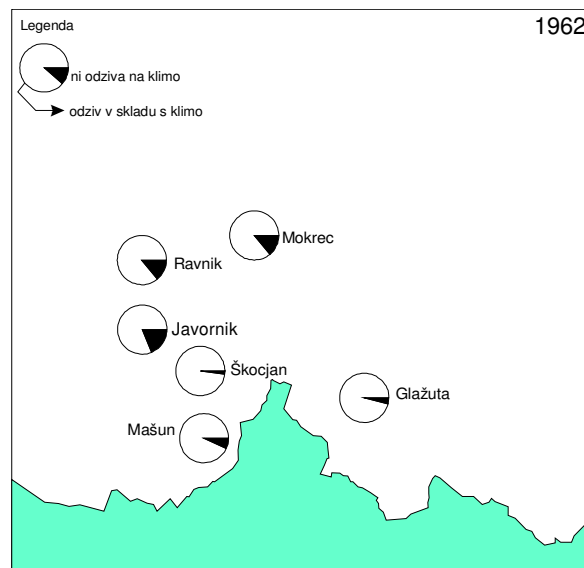
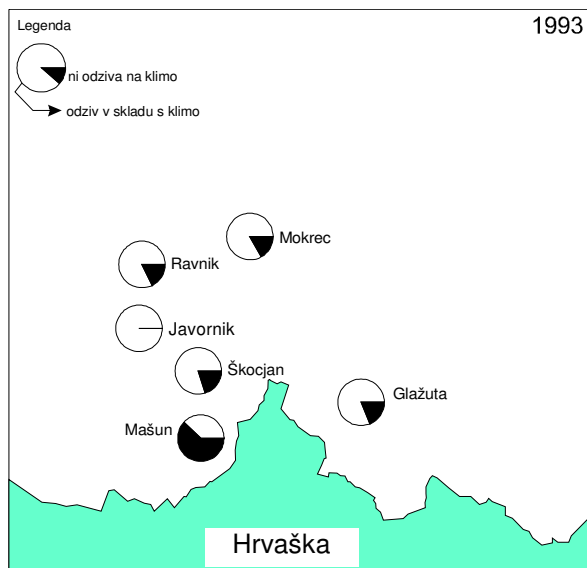
Na prostorskem prikazu negativnih značilnih let in deleža jelk, ki so se na to leto odzvale z ozko braniko (SLIKA 35) lahko vidimo, da je odziv na klimatsko neugodno leto veliko bolj

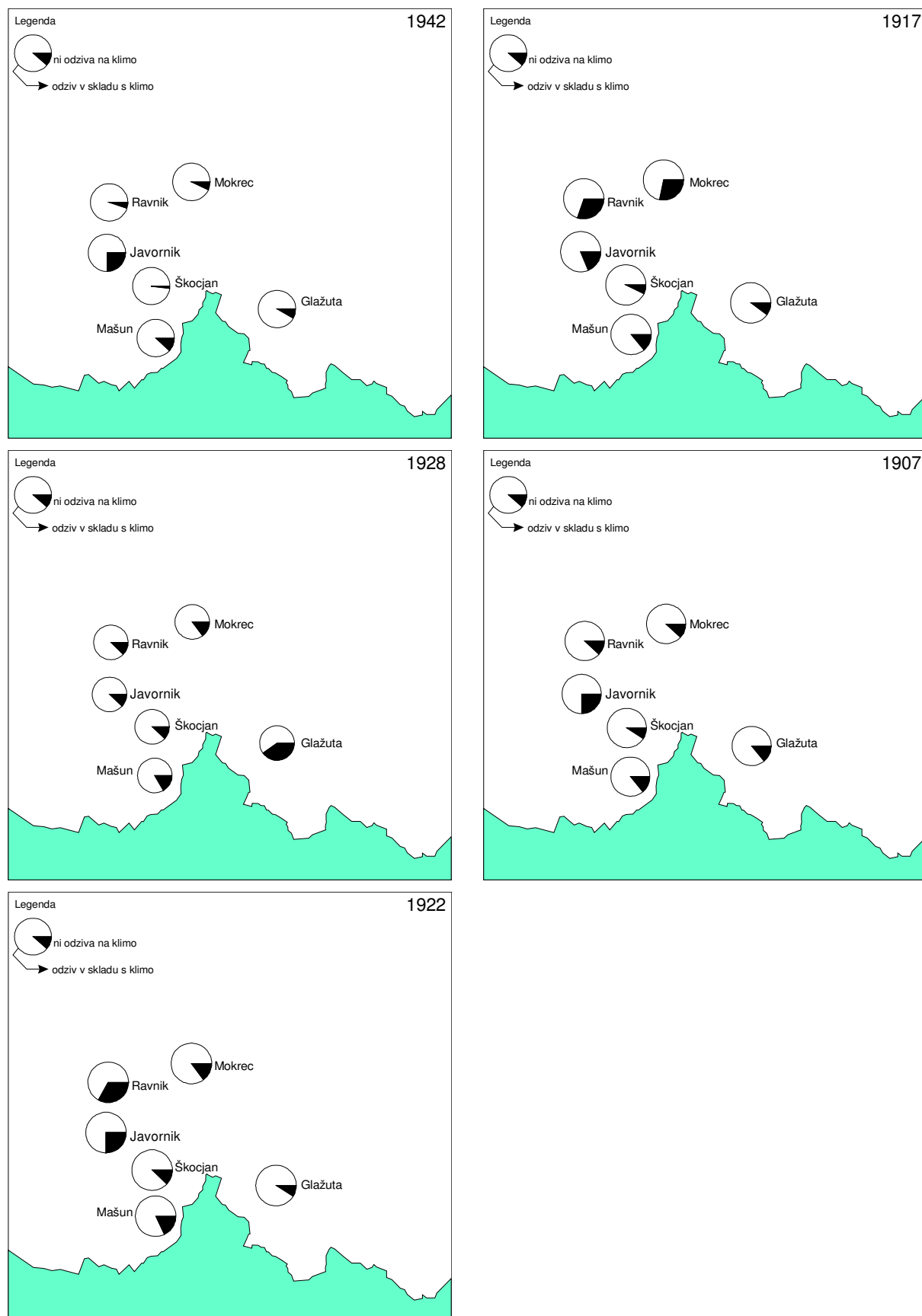
skladen kot na klimatsko ugodno leto. V primerjavi z ugodnimi leti, ko na različnih ploskvah pride ali pa tudi ne do pozitivnega odziva širine branike na klimo, je v negativnih značilnih letih odziv na večini raziskovalnih ploskev skladen - velik odstotek dreves se na neugodne vremenske razmere odzove z zmanjšanjem prirastka. Pri analizah rezultatov vpliva negativnega značilnega leta na širino branike je od vseh raziskovalnih ploskev najbolj izstopala ploskev Mašun. Domnevali smo, da je to posledica ugodne geografske lege Mašuna, kjer pade v primerjavi z ostalimi raziskovalnimi ploskvami največ padavin.





Slika 34: Delež jelk na posameznih raziskovalnih ploskvah, ki so se v klimatsko ugodnem letu odzvale z izrazito široko braniko. S sivo šrafuro je označeno ozemlje R Hrvaške.





Slika 35: Delež jelk na posameznih raziskovalnih ploskvah, ki so se v klimatsko neugodnem letu odzvale z izrazito skromnim prirastkom.

4.2.5 Razprava

4.2.5.1 Odzivne funkcije

Analize kažejo, da se jelka ugodno odziva na nadpovprečne (toplejše) zimske temperature v decembru, januarju in februarju. Zelo pomembne so tudi nadpovprečne temperature v prvih dveh spomladanskih mesecih - marcu in aprilu. Vloga temperatur v maju ni povsem jasna, saj ima maj na nekaterih raziskovalnih lokacijah nepomemben vpliv, na drugih pa izrazito negativnega. Na nekaterih grafih opazamo tudi visoke korelacije v jesenskih mesecih prejšnjega leta. Po nekaterih razlagah (*Fritts 1976*) naj bi šlo za obdobje, ko drevesa skladiščijo rezerve snovi in dokončno formirajo listne primordije, ki se bodo razvili v naslednji vegetacijski sezoni. Zato je ugodno, če je jesen, pri jelki pa še posebej september, nadpovprečno topel, kar jelki omogoča, da povsem zaključi rast in se pripravi na zimo.

V poletnih mesecih opazamo povečan pomen padavin. Še posebej izstopajo pozno spomladanski (maj) in zgodnje poletni meseci (junij, julij). Maj pomeni hkrati tudi obrat v korelacijski odvisnosti, saj se vpliv višjih temperatur iz dosedanjega pozitivnega obrne v negativnega, medtem ko začne vpliv padavin naraščati in doseže svoj maksimalni pozitivni odziv v juniju ali juliju. Podoben vpliv temperatur v poznih zimskih in zgodnjih spomladanskih mesecih ter preobrat s povečevanjem pomena padavin v poletnih mesecih so opazovali tudi pri bukvi (*Fritts 1965*) in pri *Quercus ellipsoidalis* (*Kozłowski, Winget in Torrie 1962*). Odvisnost med kambijevo aktivnostjo in temperaturo je v poznem poletju upadla, narasla pa je odvisnost med kambijevo aktivnostjo in talno vlago.

Na osnovi korelacijskih vrednosti lahko v splošnem sklepamo, da jelki ustreza mila zima in s padavinami bogato poletje. Tak tip klime v bistvu ustreza mili atlantski klimi z obilnimi poletnimi padavinami, ne preveč visokimi poletnimi temperaturami in z milimi, ne premrzlimi zimami.

Korelacijski grafi in grafi odzivnih funkcij so si precej podobni. Pri odzivnih funkcijah so značilni predvsem tisti odzivni koeficienti, ki so vezani na temperature, tako je skoraj povsod značilen nadpovprečno topel april, medtem ko preostali zimski in spomladanski meseci večinoma niso značilni, imajo pa zelo visoke vrednosti in so tik pod značilnostnim pragom. Zanimivo je, da se na dveh objektih (Mokrec in Ravnik) pojavi hitra sprememba predznaka odzivnega koeficienta (april - maj). V obeh primerih so temperature v aprilu pozitivno

značilne, v maju pa spremenijo predznak. Možna fiziološka razlaga je, da je maj ponavadi že dovolj topel, da temperatura nima več bistvenega vpliva na rast, če pa je prevroč, pomeni, da je tudi malo dežja in to lahko zaviralno vpliva na rast.

Na nekaterih raziskovalnih objektih Mokrec, Ravnik in Glažuta so bili značilni tudi odzivni koeficienti pri padavinah. Nekoliko, čeprav statistično neznačilno, pridobijo padavine na pomenu v poletnih mesecih - juniju in juliju, ko zaradi poletne vročine lahko pride do venenja.

Splošna ugotovitev je, da na širino branike vplivajo predvsem pozno zimske in zgodnje spomladanske temperature, manj pa padavine, ki jih je v preučevanem območju dovolj prek celega leta in zaradi tega ne predstavljajo omejujočega dejavnika.

Preglednica 20: Vpliv padavin na širino branike. Šrafirano je označeno mesto največje gostitve rezultatov. Plus predstavlja ugoden vpliv na širino branike, minus pa neugodnega.

Lokacija	-S	-O	-N	-D	J	F	M	A	M	J	J	A
Glažuta	+										+	
Mašun			-		-					+		+
Mokrec			-							+	+	
Ravnik									+			
Škocjan									+	+		
Javornik											+	

Preglednica 21: Vpliv temperatur na širino branike. Šrafirano je označeno mesto največje gostitve rezultatov. Plus predstavlja ugoden vpliv na širino branike, minus pa neugodnega.

Lokacija	-S	-O	-N	-D	J	F	M	A	M	J	J	A
Glažuta					+			+				
Mašun			+			+		+				-
Mokrec							+	+	-			
Ravnik					+			+	-			
Škocjan								+	-			
Javornik	-			+		+					+	

Na osnovi tabelarične predstavitve (PREGLEDNICA 20 IN 21) smo dobili poenostavljen pogled na vpliv klime na širino debelinskega prirastka. Značilni odzivni koeficienti so dobili pozitiven predznak, če je bil njihov vpliv na prirastek pozitiven in negativen predznak, če je bil njihov vpliv na prirastek negativen. Neznačilni odzivni koeficienti niso bili upoštevani.

Rezultati odzivnih funkcij jasno kažejo na veliko odvisnost debelinskega prirastka jelke od milih in s padavinami bogatih zim in od rahlo hladnejših poletij z nadpovprečnimi padavinami v juniju in juliju. Za jelko v francoskih Alpah (*Rolland 1993*) ugotavljajo, da ji ustrezajo bolj mokra in hladnejša poletja. Po drugi strani isti avtor ugotavlja, da lahko suha poletja z visokimi temperaturami zmanjšajo debelinski prirastek do 60%. Ravno tako veljajo hladne pomladi za neugoden rastni dejavnik, ker zavrejo kambijevo aktivnost. Za razliko od osrednjih Alp, kjer pade v povprečju okoli 700 mm padavin letno, v dinarskem območju problem s pomanjkanjem padavin ni nikoli tako kritičen. Tu poletne visoke in zimske nizke temperature v največji meri pogojujejo širino prirastka.

Pri iz vrednotenju rezultatov odzivnih funkcij smo naleteli tudi na nekatere težave, povezane z interpretacijo podatkov. Metoda BOOTSTRAPPED je, ne glede na to, da spada med najmodernejše metode za iz vrednotenje odnosa med širino branike in klimo, kljub vsemu deterministična statistična metoda. Njena slabost je, da ne pojasnjuje v celoti kompleksnosti odnosa med prirastkom in okoljem, v katerem drevo raste ter da ne upošteva dinamičnega spreminjanja razmer v sestoju. Ta slabost se kaže v relativno nizki stopnji pojasnjene variance, ki je merilo za kvaliteto prilagajanja modela dejanskemu stanju. Tako vse analize izkazujejo relativno nizek odstotek s klimo pojasnjene variance. Tako je bilo mogoče v Glažuti pojasniti približno 30% variabilnosti širine branike s klimo na Javorniku pa 56%. Za primerjavo naj omenimo, da so za smreko v čeških Krkonoših uspeli s klimo pojasniti okoli 65% variabilnosti širine branike.

Mnogo višje vrednosti s klimo pojasnjene variance pa so pri smreki dobili, če so namesto širine branike v analizi upoštevali gostoto kasnega lesa v braniki, v takem primeru so s klimo pojasnili kar 80-94% variabilnosti (*Sander, Eckstein, Kyncl in Dobry 1995*). Pri tem je potrebno za določanje gostotnega profila uporabiti densitometrično metodo (*Schweingruber, Fritts, Braker, Drew et al. 1978*), ki je zaradi posebne opreme zelo draga in zaradi zahtevne priprave mikroskopskih rezin tudi izredno zamudna.

V zadnjem času smo v literaturi zasledili dva nova pristopa k analizi odnosa med prirastkom in klimo, ki skušata z uporabo dinamičnih modelov odpraviti slabosti determinističnih modelov. Pri prvem pristopu gre za primerjavo individualnih zaporedij širin branik s

klimatskimi podatki s pomočjo analize longitudinalnih podatkov¹ (Hsiao 1993; Yue 1994), pri drugem pa za analizo časovnega spreminjanja odnosa med klimo in širino branike s pomočjo Kalmanovega filtra (Visser 1986). Obe metodi sta predmet raziskav z željo, da bi uspeli čimbolj razložiti kompleksen odnos med priraščanjem drevesa in vplivom okolja nanj. Prva metoda še ni doživela praktične uporabe v dendrokronologiji, medtem ko se Kalmanov filter že uporablja. Obe novi metodi za analizo odvisnosti širine branike od klime bo potrebno v prihodnosti še natančno preučiti.

4.2.5.2 Analiza značilnih let

V preučevanem obdobju zadnjih 95 let (1900-1995) smo identificirali 11 negativnih in 9 pozitivnih značilnih let. Schweingruber (Schweingruber, Briffa in Jones 1991) ugotavlja za jelko v Švici v primerljivem obdobju 27 značilnih let. V obdobju 1959 (+) do 1962 (-) beležimo tudi značilni interval ali podpis, ki močno olajša datiranje kronologij. Značilni interval se pojavlja na štirih od preučevanih šestih objektov. Za severno Italijo so pri jelki v zadnjih stotih letih identificirali 13 značilnih let, od tega 9 pozitivnih in 4 negativna (Pividori 1991).

Po naših ugotovitvah je bilo v zadnjih sto letih 10 let z zelo izrazitim negativnim vplivom na debelinsko priraščanje jelke. Nekatera negativna značilna leta (npr. 1962 in 1976) so bila v povezavi z drugimi dejavniki okolja verjeten povod za začetek propadanja jelove populacije. Splet neugodnih okoliščin je bil med leti 1962 in 1976 takšen, da med tema dvema letoma ni bilo nobenega za jelko izrazito ugodnega leta, tako kot je bilo npr. leta 1942, ko je hudi suši v poletnih mesecih tega leta sledilo več klimatsko ugodnih let, npr. leto 1943 in delno 1946, ki se pojavlja le na nekaterih preučevanih raziskovalnih lokacijah. Bolj izrazito negativno značilno leto se pojavi šele leta 1947. Temu letu sledi daljše obdobje ugodnih let (1951, 1959 in 1961), potem pa nastopi izrazita prirastna depresija, ki doseže svoj minimum v letu 1976. Po tem letu začne prihajati do počasnega izboljševanja debelinskega prirastka pri jelki. Prvo izrazito pozitivno značilno leto se je na vseh raziskovalnih objektih pojavilo šele leta 1989.

¹ Za razliko od determinističnih statističnih modelov spada analiza longitudinalnih podatkov med dinamične modele. Metoda analize longitudinalnih podatkov temelji na domnevi, da je drevo individuum, opazovan skozi daljše časovno obdobje, širina branike pa je podatek o "počutju" drevesa v določenem letu. Posebnost metode je, da kot vhodni podatek ne služi povprečje več meritev, ampak kar celotna matrika zaporedij širin branik. Metoda je povzeta iz ekonometrije in za razliko od ekonomistov, ki morajo nek objekt sistematično spremljati skozi daljše časovno obdobje, je v dendrokronologiji zajem podatkov bolj enostaven. Drevo takorekoč samo zbira podatke o dogodkih v svoji okolici in jih trajno zabeleži v širini branike.

4.3 Odvisnost širine branike od jakosti sečnje

4.3.1 Splošno

Analizo vpliva gospodarjenja z gozdovi na dolgoročna nihanja širin branik smo opravili na raziskovalnem objektu ŠKOCJAN. Namen analize je bil preučiti možne posledice gospodarjenja na zdravstveno stanje gozdov in poiskati morebitne vzroke za njihovo umiranje tudi v gospodarjenju z gozdom. Analize so temeljile na dveh postavkah gojenja gozdov, ki sta ju postavila Kramer in Dengler (*Kramer 1988; Dengler 1990*):

- stabilnost sestoja mora ostati na enaki ali višji ravni kot pred posegom v sestoj in
- vrednostni prirastek se mora povečati.

Raziskavo smo opravili na področju Zavoda za gozdove Slovenije, OE Postojna, v gospodarskih enotah Javorniki, Snežnik in Škocjan. Osnovni podatki o ploskvah so v preglednici 22.

Preglednica 22: Osnovni podatki o raziskovalnih ploskvah, kjer smo preučevali vpliv gospodarjenja.

Ime projekta	Št. dreves	Št. izvrtkov	GGE	Odd Odsek	Vpliv gospodarjenja
ŠKOCJAN	15	30	Javornik	23	zmeren vpliv
	15	15 kolobarjev	Javornik	45	močno prizadeti sestoji, pretirano izkoriščani
	15	30	Snežnik	12b	zelo močen vpliv, močne sečnje 1972-1987
	15	30	Škocjan	3h	močen vpliv, zgornji sestoj samo v fragmentih

Ploskve v objektu Škocjan smo izbrali v sodelovanju z vodjem urejanja na OE Postojna M. Udovičem. Na osnovi poznavanja stanja smo ploskve razdelili v tri skupine, in sicer: zmeren vpliv gospodarjenja, močan vpliv gospodarjenja in zelo močan vpliv gospodarjenja.

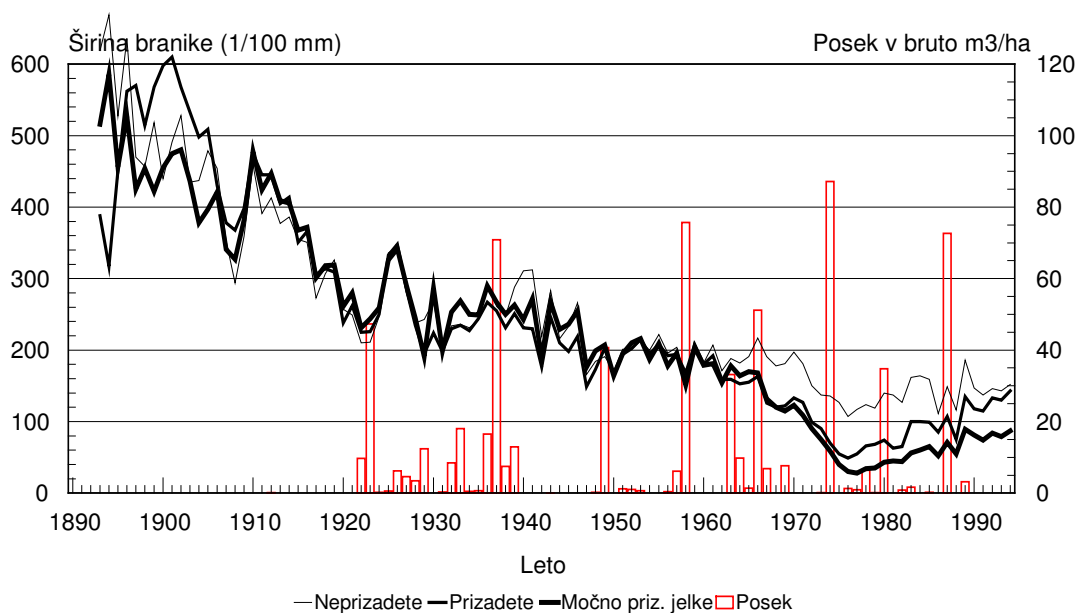
Glede na vpliv gospodarjenja so bile ploskve razdeljene kot kaže PREGLEDNICA 22. Posebnosti posameznih ploskev so bile naslednje: V gospodarski enoti Javornik so v oddelku 23 zmerno gospodarili, posek zadnjih 50 let se je gibal v okviru ocenjenega prirastka, v oddelku 45 iste gospodarske enote so sestoj v zadnjih 100 letih pretirano izkoriščali in zato oddelek poraščajo močno pomlajeni sestoji s fragmenti starega sestoja, v zgornjem sloju so

prevladovala jelke. V gospodarski enoti Snežnik so v oddelku 12b/2b v letih 1972-1987 močno sekali, tako da so sestoji v razgradnji, v gospodarski enoti Škocjan pa so bili sestoji vse do konca II. svetovne vojne bolj ali manj ohranjeni in z visoko lesno zalogo, šele po II. svetovni vojni so v njih prvič močneje sekali in v letu 1985 opravili končni posek. Današnje stanje je takšno, da je zgornji sestoj samo še v fragmentih, spodaj pa prevladuje močan drogovnjak.

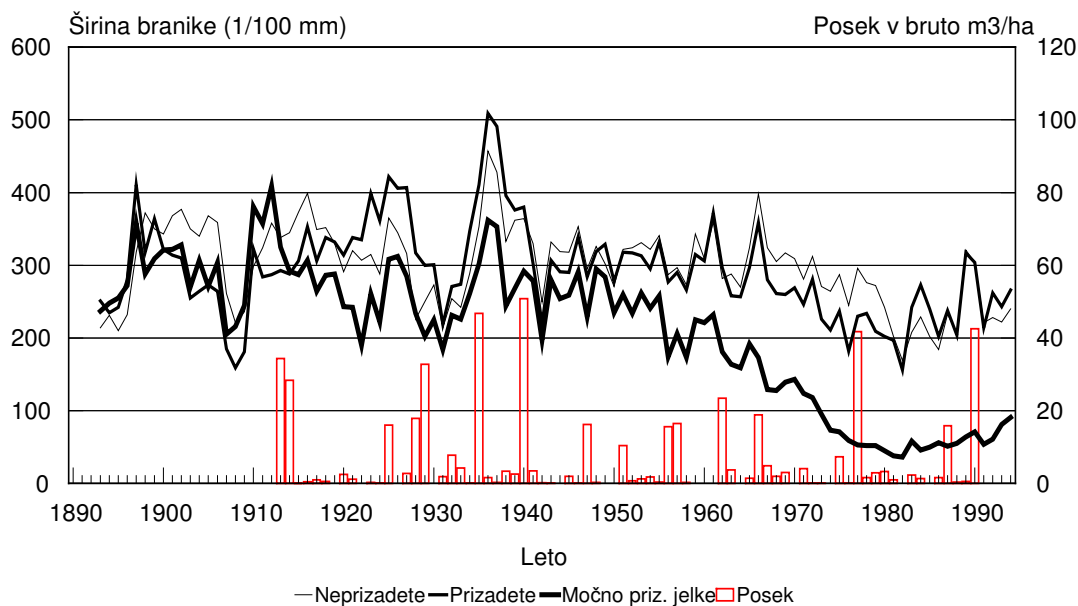
Vpliv jakosti sečnje na širino branik smo preučili tako, da smo najprej izločili vsa značilna leta, ki veljajo za preučevano območje (glej poglavje 4.2.4). Na tej osnovi smo lahko določili tista leta, ki so značilna samo za preučevani oddenek. Domnevali smo, da takšno značilno leto ni povezano s klimo, ampak z gospodarjenjem. Ko smo določili takšna leta, smo zbrali podatke o poseku in lesni zalogi po posameznih letih za preučevani oddenek. Bruto posek (m^3/ha) in hektarsko lesno zalogo smo grafično primerjali z lokalnimi kronologijami za neprizadeta, prizadeta in močno prizadeta drevesa.

4.3.2 Rezultati

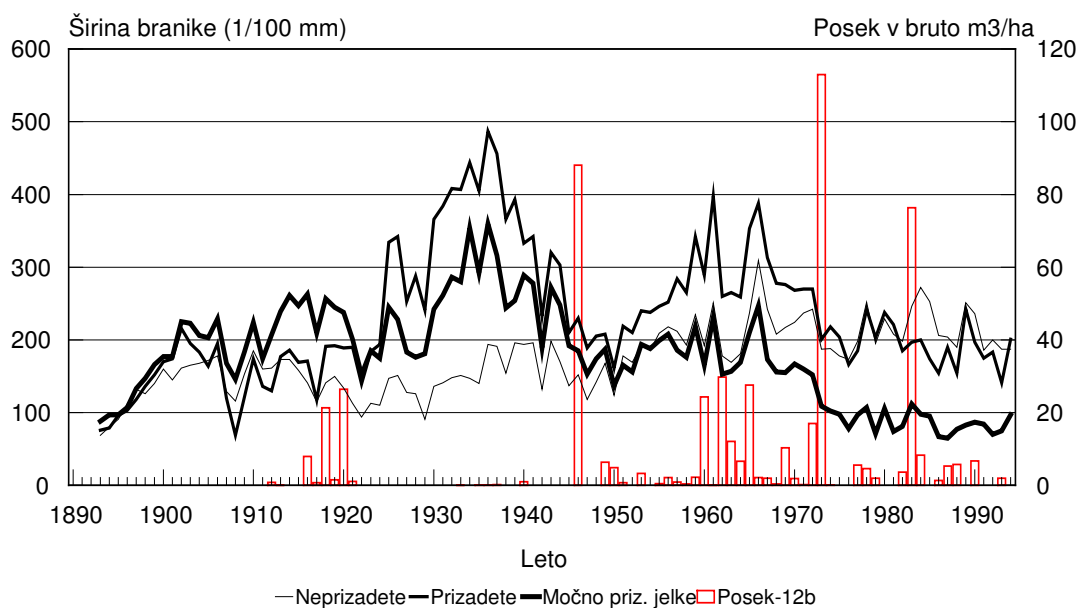
Pričakovali smo, da bo širina branike v letih po močnejših posekih in večjem znižanju lesne zaloge v sestoji na nek način pokazala, da se je v okolici preučevanega drevesa nekaj zgodilo. Rezultati, ki smo jih dobili za vsako ploskev posebej so strnjeni v grafih od 36 do 43 in v Preglednicah od 23 do 26.



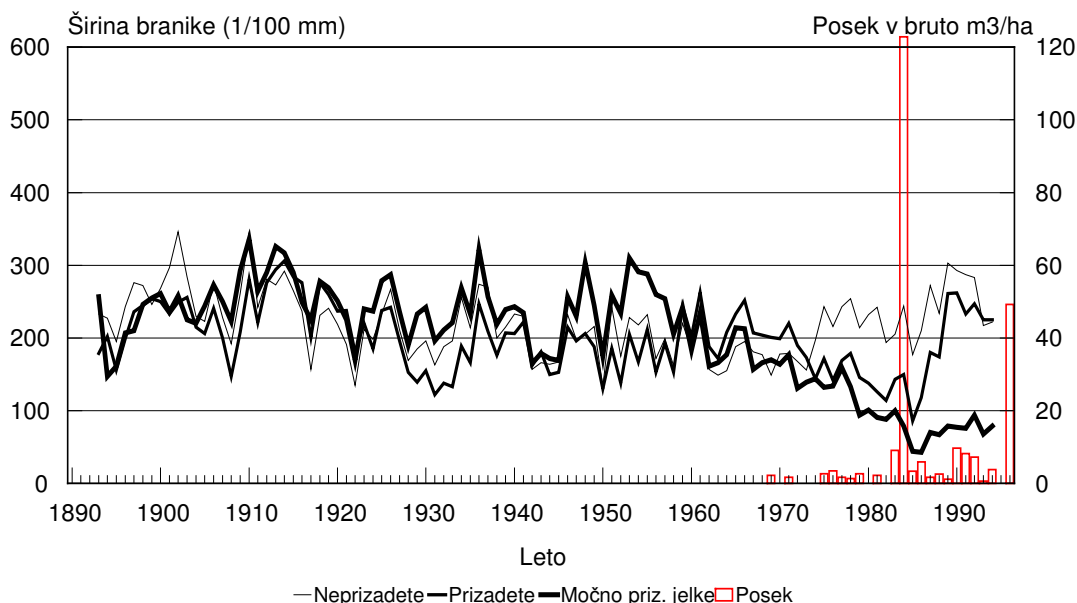
Slika 36: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk z bruto posekano količino lesne mase na hektar v oddelku (stolpci) - Javornik, oddenek 45.



Slika 37: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk z bruto posekano količino lesne mase na hektar v oddelku (stolpci) - Javornik, oddelek 23a/b.



Slika 38: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk z bruto posekano količino lesne mase na hektar v oddelku (stolpci) - Snežnik, oddelek 12b/2b.



Slika 39: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk z bruto posekano količino lesne mase na hektar v oddelku (stolpci) - Rakov Škocjan, oddelek 3h.

Preglednica 23: Pregled pomembnejših posegov v oddelku 45 v gospodarski enoti Javornik.

Leto	Opis posega	Vpliv na širino branike
1988	V letu 1987 so precej sekali - 1888 m ³ oz. 72,69 m ³ /ha.	Prirastek v letu 1988 močno upade. Padcu sledi ponovno povečanje priraščanja.
1973-1976	Obdobje z nesrečnim spletom klimatsko neugodnih let in močnih posekov v preučevanem sestoju. V letu 1974 so opravili močen posek (2264 m ³ ; 87,19 m ³ /ha), v letu 1976 pa je bila močna suša (evropsko negativno značilno leto).	Pri zdravih jelkah prirastek upade, vendar se po 2-3 letih dvigne na nivo pred posegom. Pri prizadetih jelkah pa ostane prirastek enako padajoč kot v letih pred posegom.
1966	Leta 1966 redni posek visoke jakosti (1329 m ³ ; 51,17 m ³ /ha), leta 1967 pa izrazita suša. Situacija je podobna kot v obdobju 1974-1976.	Verjetno je splet neugodnih klimatskih okoliščin in posegov v sestoje v teh dveh letih povzročil, da je prišlo do prve močne diferenciacije v jelovi populaciji in do propadanja manj vitalnih osebkov, kar se je v obdobju 1973-1976 samo še bolj poudarilo.
pred 1960	V obdobju od leta 1920-1960 so štirikrat močneje posegli v sestoje. Na osnovi podatkov o sečnjah je bila ocenjena obhodnjica približno 11 let.	Poseki niso bistveno vplivali na priraščanje dreves. Mlada in vitalna drevesa so se po večjih posekih hitro odzvala in manjšemu padcu je sledila vrnitev in stabilizacija prirastka na nivoju pred posegom.

Preglednica 24: Pregled pomembnejših posegov v oddelku 23 v gospodarski enoti Javornik.

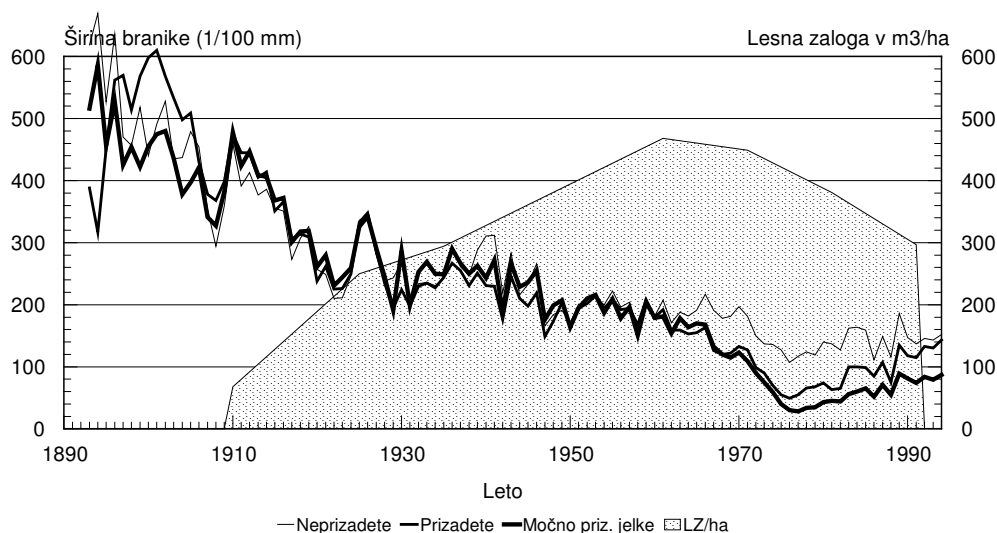
Leto	Opis posega	Vpliv na širino branike
1991	Posek visoke jakosti v letu 1990 (1186 m ³ ; 42,55 m ³ /ha).	Poseku sledi močan upad in nato dvig debelinskega prirastka, ki je v primerjavi z leti pred posekom nekoliko višji.
1989	V letu 1987 opravijo močnejšo sečnjo (441 m ³ ; 15,83 m ³ /ha).	Opaziti je rahel dvig debelinskega prirastka.
1967, 1968	Neugoden splet okoliščin - posek srednje jakosti v letu 1966 (526 m ³ ; 18,87 m ³ /ha) združen s sušo v letu 1967.	Debelinski prirastek je precej upadel, rahel dvig prirastka opazimo šele okoli leta 1970, vendar je prirastek v primerjavi z leti pred letom 1966 nižji. Opazna je močna diferenciacija jelove populacije in izločanje manj vitalnih osebkov.
1962	Posek visoke jakosti (653 m ³ ; 23,43 m ³ /ha), ki sovpada s sušnim letom.	
1956, 1957	Dva poseka srednje jakosti (434 m ³ ; 15.58 m ³ /ha, 458 m ³ , 16.44 m ³ /ha).	Ni opaziti vpliva na debelinski prirastek.
1941, 1942	Splet neugodnih okoliščin - posek visoke jakosti v letu 1940 se je ujel z izjemno sušnim letom 1942.	Relativno ohranjeni in mladi sestoji reagirajo s kratkotrajnim zmanjšanjem debelinskega prirastka, že leta 1943 je na primerljivem nivoju kot pred letom 1940.
pred 1930	Poseki srednjih jakosti v obdobju pred letom 1930.	Pozitiven vpliv na priraščanje jelk.

Preglednica 25: Pregled pomembnejših posegov v oddelek 3h v gospodarski enoti Škocjan.

Leto	Opis posega	Vpliv na širino branike
1985	Končni posek sestoja v letu 1984 (1291 m ³ ; 122,84 m ³ /ha).	Zelo močan in izrazit upad debelinskega prirastka.
pred 1960	ni podatkov o poseku - arhiv izgubljen.	

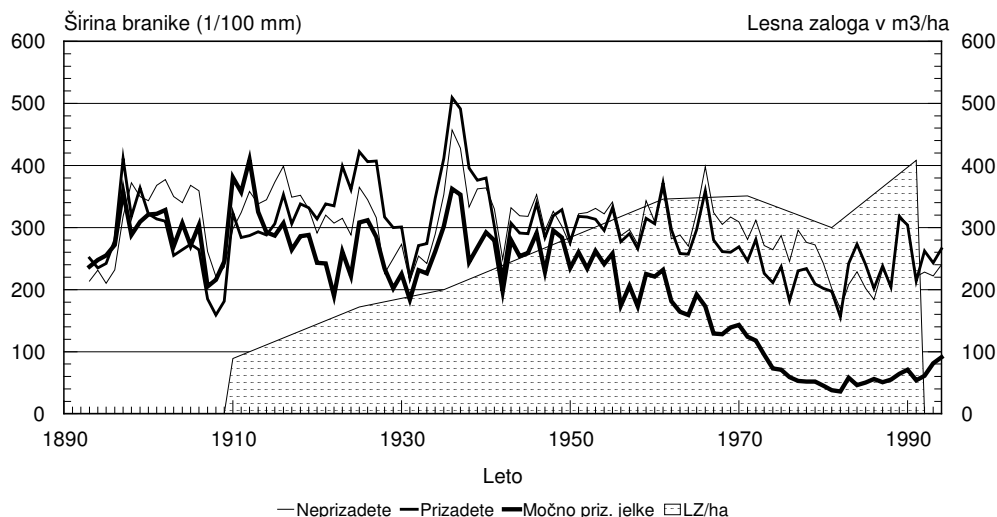
Preglednica 26: Pregled pomembnejših posegov v oddelek 12b v gospodarski enoti Snežnik.

Leto	Opis posega	Vpliv na širino branike
1973	Posek visoke jakosti (113 m ³ /ha).	Temu sledi močen upad prirastka, šele leta 1976 je prirastek na približno enakem nivoju kot v letu pred posekom. Po letu 1976 je v sestoji glede priraščanja vse v redu. Na debelinskem prirastku praktično ne pride do bistvenih sprememb.
1962-1965	Več zaporednih posekov visoke jakosti.	
1920-1930 pred 1920	Manjkajo podatki o poseku - del arhiva je izgubljen Poseki visoke jakosti.	Poseki visoke jakosti na debelinskem prirastku jelk niso pustili opaznih posledic.



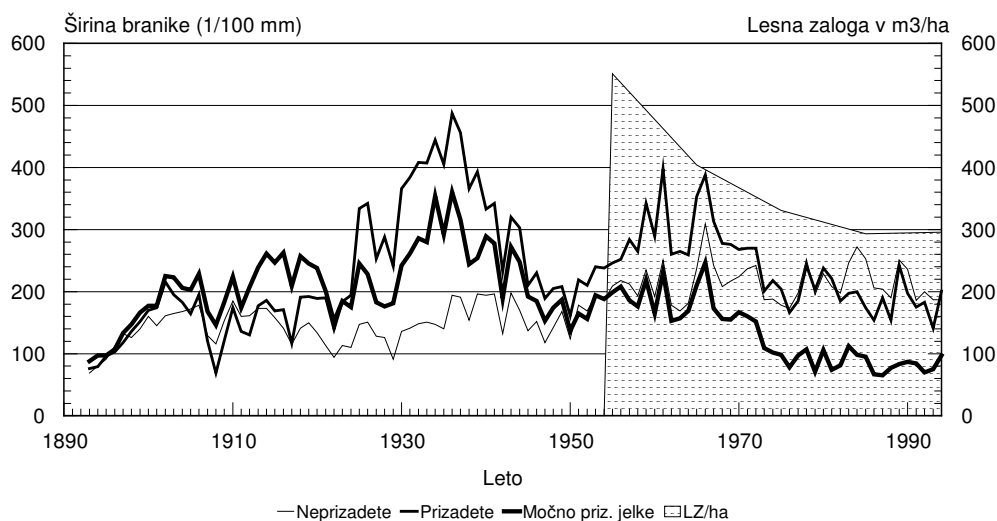
Javornik, odd. 45

Slika 40: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk s hektarsko lesno zalogo (šrafirana površina) - Javornik, oddelek 45 .



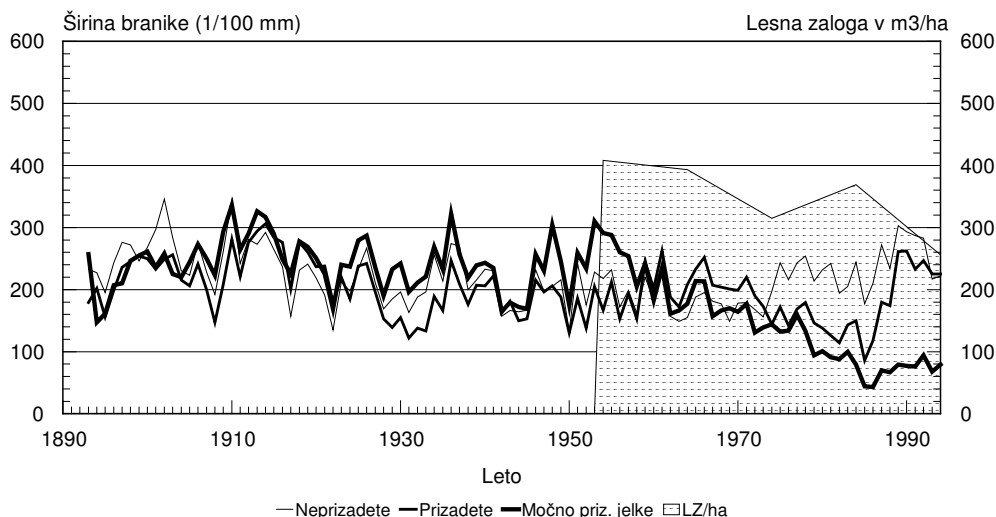
Javornik, odd. 23a/b

Slika 41: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk s hektarsko lesno zalogo (šrafirana površina) - Javornik, oddelek 23 a/b.



Snežnik, odd. 12b

Slika 42: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk s hektarsko lesno zalogo (šrafirana površina) - Snežnik, oddelek 12b.



Škocjan, odd. 3h

Slika 43: Primerjava kronologij neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk s hektarsko lesno zalogo (šrafirana površina) - Škocjan, oddelek 3h.

Javornik, odd. 45: Podatke o lesni zalogi v tem oddelku imamo od leta 1910, ko so te sestoje prvič polno premerili. Leta 1910 je bila hektarska lesna zaloga zelo nizka - samo 68 m³/ha, nato je počasi naraščala in leta 1961 dosegla svoj višek - 449 m³/ha. Obdobje 1925-1961 lahko štejemo za optimalno v preučevanem sestoji. V tem obdobju je bilo priraščanje stabilno; v priraščanju danes neprizadetih, prizadetih in močno prizadetih jelk ni bilo praktično nobenih razlik. Ko se začne lesna zaloga po letu 1961 zmanjševati, pride tudi do opazne diferenciacije v jelovi populaciji. V tem oddelku lahko trdimo, da je zniževanje lesne zaloge odločilno pripomoglo k razgradnji sestoja.

Javornik, odd. 23 a/b: Tudi tu je bila hektarska lesna zaloga na začetku sistematičnega spremljanja zelo nizka - samo 89 m³/ha. Posebnost tega oddelka je, da je sedanja lesna zaloga največja v vsej zgodovini gospodarjenja - 408 m³/ha. V obdobju naraščanja lesne zaloge lahko opazimo močna nihanja debelinskega prirastka. V povojnem obdobju sta v sestoji opazni dve tendenci. Prva je stabilno priraščanje danes neprizadetih in rahlo prizadetih jelk, druga pa se je začela leta 1942, ko je močna suša očitno zelo prizadela del jelove populacije. V obdobju 1980-1995 opažamo naraščanje lesne zaloge, z njo pa tudi povečevanje prirastka dreves.

Snežnik, odd. 12b: Preučeni oddelek v gospodarski enoti Snežnik je bil močno izkoriščen od vsega začetka. Tendence stalnega upada lesne zaloge je prisotna od vsega začetka, skladno s tem tudi sestoji niso uspeli vzdrževati notranjega ravnotežja, zato so bili debelinski prirastki

relativno nizki. Žal so podatki o lesni zalogi pred letom 1955, ko so imeli preučeni sestoji višji prirastek, izgubljeni.

Škocjan, odd. 3h: Skladno s padanjem lesne zaloge v sestoji je po letu 1954 upadal tudi debelinski prirastek. Po močnem poseku leta 1985 je prirastek sicer narasel, vendar je bil sestoj tako močno razgrajen, da se lesna zaloga ni bistveno povečala.

4.3.3 Razprava

Naše raziskave so pokazale, da je odziv jelke na poseg v sestoji odvisen od jakosti posega. Posegi nizkih in srednjih jakosti imajo na prirastek jelke ugoden vpliv - prirastek se po posegih skoraj po pravilu poveča. Podobno opaža tudi Larson (*Larson 1963; Larson 1963*), ki hkrati ugotavlja, da vladajoča drevesa le šibko reagirajo na redčenje, medtem ko podstojna in potisnjena drevesa na sprostitev sklepa reagirajo skladno z rastnostjo in so sposobna v ugodnih razmerah izjemno povečati prirastek.

Jelka se na močnejši poseg v sestoji odzove s takojšnjim upadom debelinskega prirastka. Ta je posledica spremenjenih razmer v sestoji - predvsem padca zračne in talne vlage v sestoji ter nenadno odstranih krošenj in debel. Drevesa doživijo vodni in svetlobni stres, na katerega reagirajo z močnim upadom prirastka ali celo odmrtjem (*Matyssek, Cermak in Kučera 1991*). V skrajnem primeru, če je bil poseg v sestoji prehud, pride do popolnega razpada sestoji.

Odziv jelk na poseg v sestoji je individualen in je v prvi vrsti odvisen od kondicije drevesa in od bližine ter jakosti posega. Pri prizadetih jelkah je upad prirastka večji kot pri neprizadetih, hkrati pa tudi dlje časa traja, da se prirastek povrne na nivo pred posegom. Če je jelka močno prizadeta, se mnogokrat zgodi, da po posegu še nekaj časa hira, nato pa se posuši. Pri neprizadetih jelkah traja v povprečju 1-2 leti, da se prilagodijo na novo nastale razmere in izkoristijo prednost praznega ravnega prostora in odsotnost konkurence.

Nihanje širine branike in stres, ki ga doživi drevo po opravljenem posegu v sestoji, je odvisno od jakosti posega in kondicije drevesa. Če poseg ni prehud, se jelke pozitivno odzovejo s povečanjem debelinskega prirastka, v nasprotnem primeru pa se z vsakim novim posegom v sestoji stanje jelk poslabšuje, mortaliteta pa strmo narašča. Tak primer lahko opazujemo na Snežniku v oddelku 12b, ko šibkemu poseku okoli leta 1920 sledi močan skok debelinskega prirastka, ki traja vse do leta 1940. Temu sledi večji padec in močan posek v letu 1945. Ker je bil posek leta 1945 premočan, so se jelke le počasi prilagodile novo nastalim razmeram in

zato se prirastek šele okoli leta 1960 povrne na približno enak nivo kot pred posegom. V letih 1960-66 si sledi več šibkejših posegov, ki nimajo bistvenega vpliva na debelinski prirastek. Leta 1974 pa opravijo močan posek, ki jelke močno prizadene. Debelinski prirastek si po tem posegu vse do danes ni opomogel.

V okviru študij vpliva jakosti sečenj na priraščanje jelk smo preučili tudi vpliv spreminjanja hektarske lesne zaloge v sestoju. Rezultati nakazujejo, da obstaja neka mejna lesna zaloga - med 450 in 550 m³/ha, ki je nujno potrebna za biološko in mehansko stabilnost sestoja. Na osnovi grafov lahko tudi ugotovimo, da jelke v sestoju z visoko lesno zalogo bolj enakomerno priraščajo. Predpostavljamo tudi, da je sestojna klima sestojev z višjo lesno zalogo v primerjavi s sestoji z nizko lesno zalogo bolj ugodna.

4.4 Debelna analiza

4.4.1 Splošno

Namen debelne analize je bil preveriti možnost datacije izpadov branik, preučiti vertikalno razporejenost debelinskega prirastka pri različno prizadetih jelkah, preučiti vpliv krošnje na velikost debelinskega prirastka in preveriti kakovost in zanesljivost meritev, ki jih pridobimo z dvojnim vrtanjem s Presslerjevim svedrom. Osnovni podatki o preučenih drevesih so podani v tabelarni obliki (PREGLEDNICA 27).

Preglednica 27: Dendrometrični podatki o analiziranih drevesih v Glažuti in Mašunu.

<i>Glažuta, odd. 102</i>						
Številka drevesa	d1.3 (cm)	Višina drevesa (m)	Višina do 1.veje (m)	Utesnjenost krošnje	Socialni položaj	Vitalnost
101	66	37,80	19,80	3	2	3
102	52	33,45	9,20	3	2	2
103	59	29,95	11,35	4	2	2
104	91	37,60	19,55	3	2	1
105	64	32,40	7,90	1	2	1
106	69	35,90	12,60	2	2	3
107	62	34,00	10,20	4	2	1
108	70	35,40	15,15	2	2	3
109	60	33,20	16,80	3	2	2

<i>Mašun, odd. 17f</i>						
Številka drevesa	d1.3 (cm)	Višina drevesa (m)	Višina do 1.veje (m)	Utesnjenost krošnje	Socialni položaj	Vitalnost
201	66	37,80	9,80	3	2	2
202	52	33,45	9,20	3	2	2
203	59	29,95	11,35	4	2	1
204	91	37,60	19,55	3	2	2
205	64	32,40	7,90	1	2	1
206	69	35,90	12,60	2	2	1
207	62	34,00	10,20	4	2	3
208	70	35,40	15,15	2	2	3
209	60	33,20	16,80	3	2	3

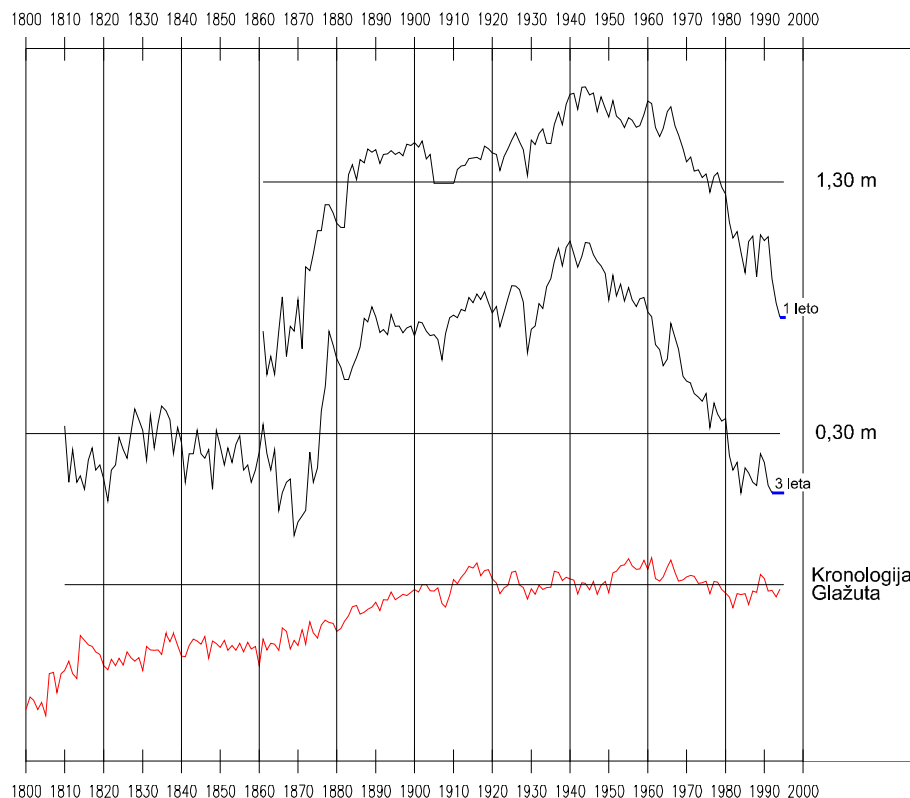
4.4.2 Analiza izpada branik

Pri analizi izpadov branik smo na osnovi predhodnih opazovanj izluščili dve možni varianti izpadov: (1) izpad branik se pojavi na celotnem prirastnem plašču drevesa in se ga ne da datirati, ne da bi krivulje po nivojih primerjali s standardno lokalno kronologijo (primer drevesa 108 v Glažuti) in (2) izpad branik je lokalni in ga lahko iz vrednotimo že na osnovi višje ležečih kolobarjev, kjer do izpada branik ni prišlo (drevo 101 v Glažuti). Rezultati analize izpadlih in manjkajočih branik so na slikah 44 - 47.

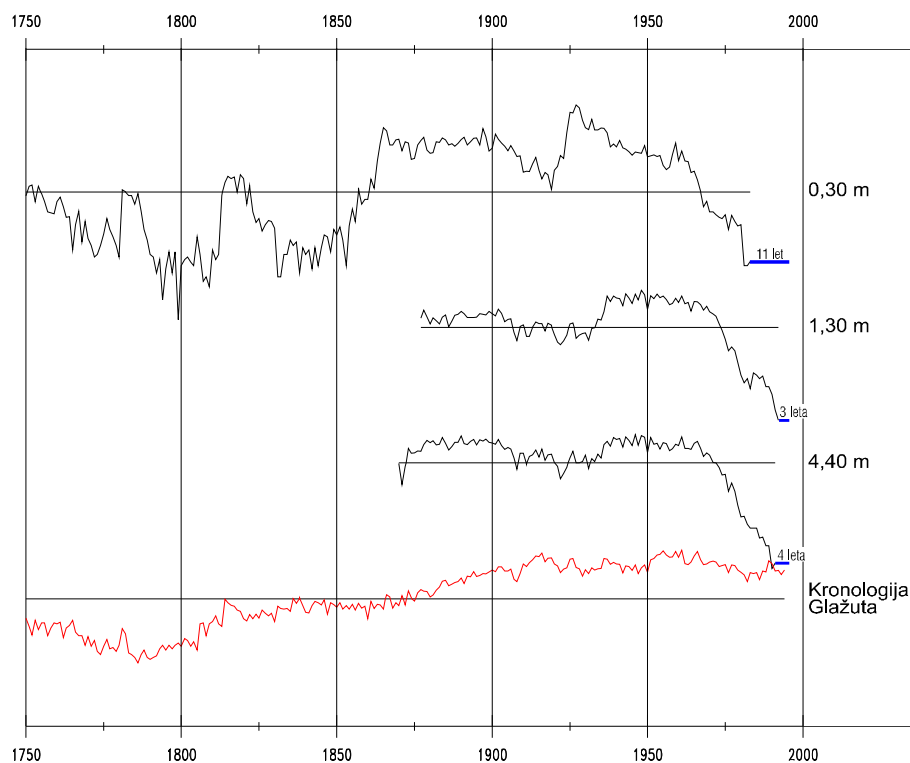
Jelka 108 v Glažuti je spadala v skupino močno poškodovanih dreves z osutostjo krošnje nad 50%. Vrh tega je zaradi fiziološkega pešanja drevesa prišlo v krošnji še do močnega napada jelove omele. Pri tem drevesu smo ugotovili, da je prišlo do izpada na vseh nivojih, razen na enem (v sredini krošnje). Najmočnejši izpad branik smo zabeležili na panju, kjer je izpadlo 11 zadnjih branik. V povprečju pa sta na celotnem drevesu na vseh smereh merjenja izpadli zadnji dve braniki. Edino na kolobarju, odvzetem na 32 m, ni prišlo do izpada branik. Menimo, da je to zaradi tega, ker je bilo tam središče ostanka krošnje. Kljub temu je tudi tam viden močen upad debelinskega priraščanja.

Jelka 101 je bila podobno kot jelka 108 uvrščena v tretji razred osutosti (nad 50% osutost krošnje), vendar smo pri njej zabeležili izpad branik le na dveh nivojih (0.30 in 1.30 m). Zaradi tega smo manjkajoče branike lahko ugotovili že na osnovi višje ležečih kolobarjev. Pravilnost naše odločitve pa smo preverili tudi na standardni lokalni kronologiji za področje Glažute. Izpadov branik je bilo v primerjavi z jelko 108 bistveno manj - trije na panju (0.30 m) in en v prsni višini.

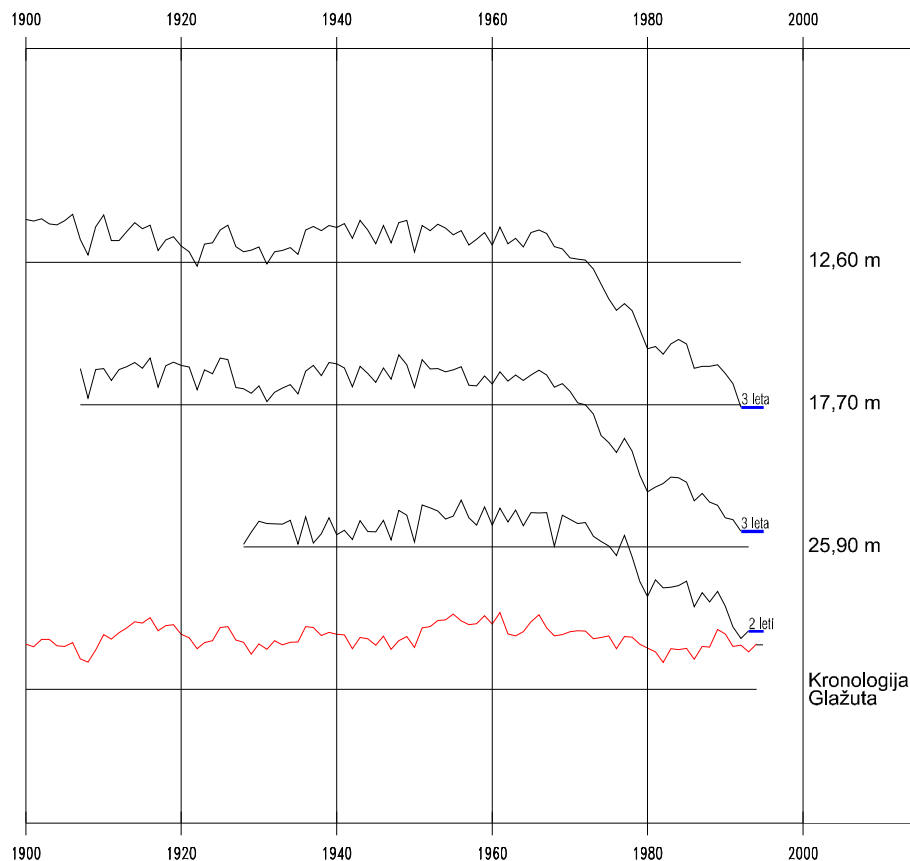
Pri ostalih drevesih v Glažuti in na Mašunu nismo odkrili manjkajočih branik.



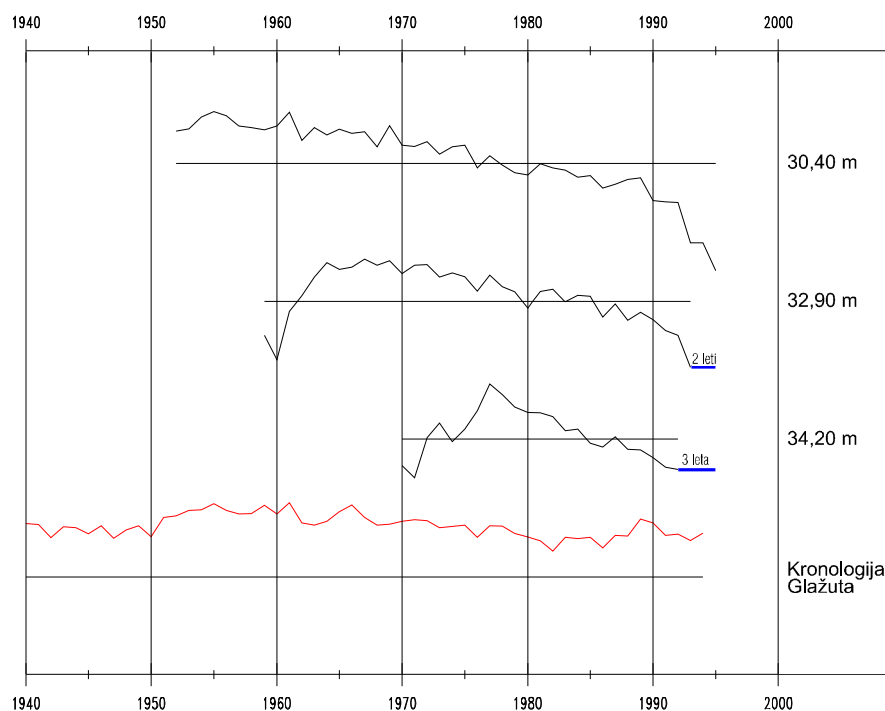
Slika 44: Analiza izpada branik pri jelki z oceno vitalnosti 3 in z izpadom branik na 30 in na 130 cm. Na sliki so z modro označeni izpadi branik. Jelka 101, Glažuta.



Slika 45: Analiza močnega izpada branik na celotnem prirastnem plašču pri jelki. Na sliki so nivoji 30-440 cm in primerjava z lokalno standardno kronologijo Glažuta. Z modro so označeni izpadi branik. Analizirana je Jelka 108 iz Glažute.



Slika 46: Pojav močnega izpada branik na celotnem prirastnem plašču. Na sliki so nivoji 1260-2590 cm in primerjava z lokalno standardno kronologijo Glažuta. Z modro so označeni izpadi branik. Analizirana je jelka 108 iz Glažute.



Slika 47: Pojav močnega izpada branik na celotnem prirastnem plašču. Na sliki so nivoji 3040 do 3420 cm in primerjava z lokalno standardno kronologijo Glažuta. Z modro so označeni izpadi branik. Analizirana je jelka 108 iz Glažute.

Preglednica 28: Izpadi branik in možnost ugotavljanja izpada s pomočjo zaporedij širin branik s kolobarjev, ki ležijo višje v drevesu in s pomočjo standardne lokalne kronologije. Upoštevane so samo jelke z izpadi branik. V koloni "Možnost datacije izpada" je predstavljeno s čim lahko datiramo izpadle branike.

Drevo	Nivo (cm)	Št. izpadlih branik	Leta izpada branike	Vitalnost drevesa	Možnost datacije izpada
JEL 101	30	3	1993-1995	3	kolobar ali kronologija
	130	1	1995		
JEL 108	30	11	1984-1995	3	samo kronologija
	130	3	1981-1983		
	440	4	1989-1991, 1995		
	1260	3	1993-1995		
	1770	3	1993-1995		
	2590	2	1994-1995		
	3040	0	<i>ni izpada</i>		
	3290	2	1994-1995		
	3420	3	1993-1995		

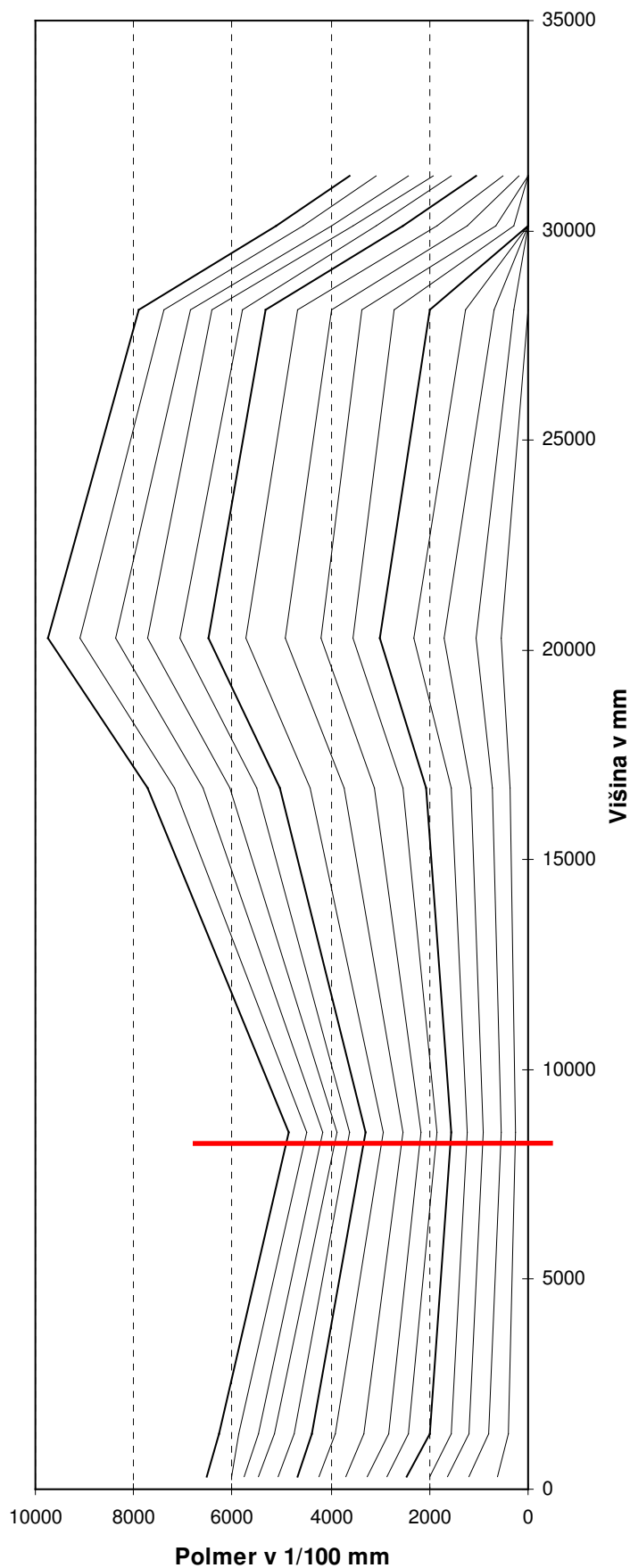
4.4.3 Vpliv velikosti krošnje in zdravstvenega stanja drevesa na širino branike po vertikali

Rastnost kambija, delež ranega in kasnega lesa branike in anatomske značilnosti produktov kambija se z višino drevesa spreminjajo. Številni avtorji (npr. Kozłowski 1971) ugotavljajo, da se širina prirastnega plašča, ki nastane v enem letu, z višino in oddaljenostjo od krošnje spreminja. Povsem na vrhu drevesa so branike relativno ozke, nato se širina hitro poveča in je največja tam, kjer je največji volumen listov, ponavadi je to na spodnjem delu zgornje tretjine krošnje. Nato širina branike počasi upada in je najmanjša približno na sredini med začetkom krošnje in panjem. Od te točke navzdol ostaja širina bolj ali manj konstantna, ali se le počasi povečuje, dokler se tik nad panjem zaradi vpliva korenin širina branik zopet ne poveča.

Poznavanje variiranja širin branik v odvisnosti od mesta odvzema vzorca ima v dendrokronologiji poseben pomen, saj se posebej pri vgrajenem lesu mnogokrat srečujemo z vzorci, katerih lokacija v deblu ni natančno znana. Zato imamo dostikrat opravka z vzorci, ki izvirajo iz krošnje, iz čakalcev in iz dreves neznanega zdravstvenega stanja in socialnega položaja. To nam močno otežuje delo in vpliva na natančnost interpretacije rezultatov, marsikdaj pa nam onemogoči dobiti zanesljiv rezultat.

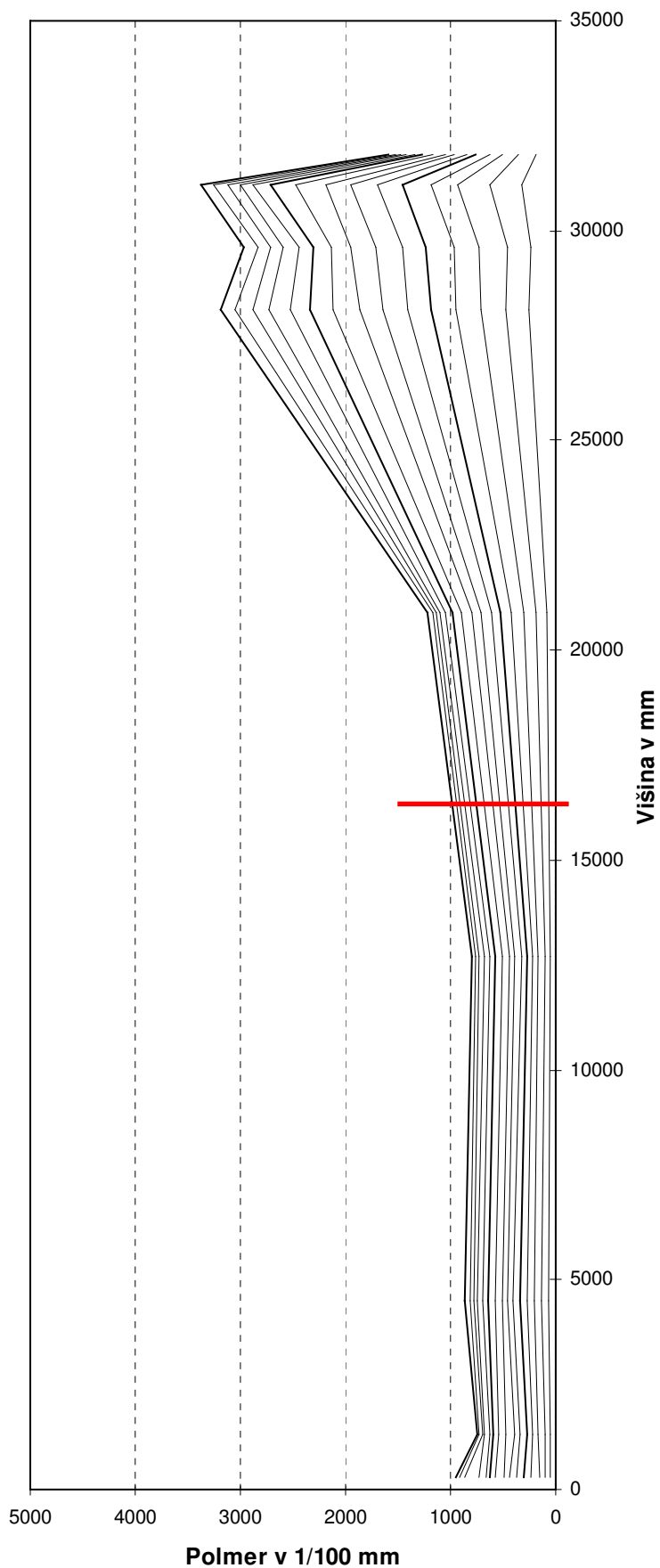
Na obeh raziskovalnih ploskvah smo na treh različno poškodovanih drevesih (navidezno zdravo, intermediarno in močno prizadeto drevo) preučili spreminjanje širine branike po višini drevesa. V analizi smo se zaradi nazornosti in primerljivosti po vseh nivojih osredotočili na analizo zadnjih 15 let življenja drevesa (obdobje 1981-1995). V Glažuti na Kočevskem smo v 3. razredu osutosti preučili dve drevesi; eno z močnim delnim in popolnim izpadom branik in eno z rahlim, samo na spodnjem delu debla prisotnim izpadom branik. Na Mašunu izpada branik nismo opazili, zato smo naredili samo primerjavo spreminjanja širine branike po višini pri drevesih različnih stopenj poškodovanosti. Starost dreves je bila znotraj preučevanega objekta primerljiva in je bila v Glažuti med 186 in 263 leti in na Mašunu med 123 in 145 leti.

Preučevani rastišči se glede priraščanja jelke močno razlikujeta. Na Mašunu je debelinski prirastek dober, branike so široke, za primerljivo dimenzijo potrebujejo jelke na Mašunu enkrat manj časa kot v Glažuti. V Glažuti so branike zbite, debelinski prirastki so bili na preučevanih drevesih majhni. Pojavili so se tudi izpadi branik. Na slikah, ki so prikazane na naslednjih straneh, smo prikazali širino zadnjih 15 branik v odvisnosti od nivoja odvzema vzorca. Vsaka peta branika je zaradi preglednosti narisana z debelejšo črto. Začetek krošnje pa je prikazan z debelejšo vodoravno črto.

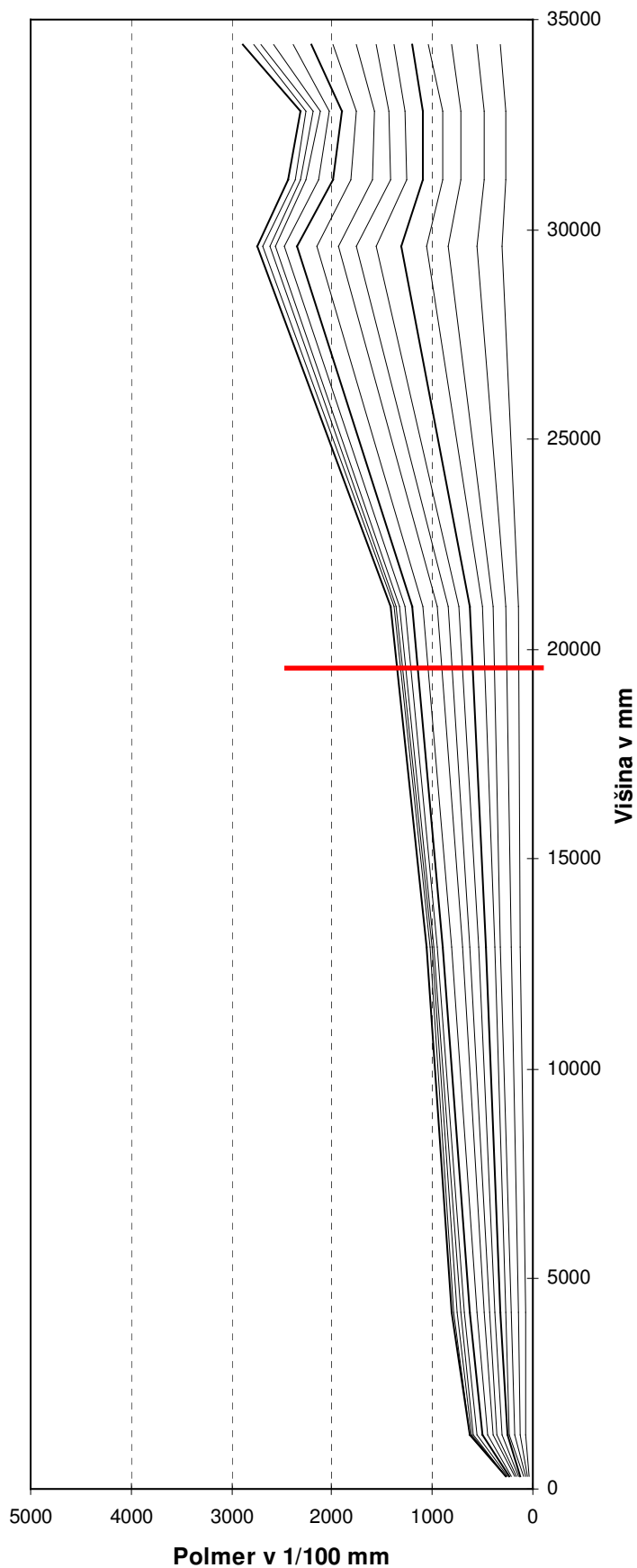


Slika 48: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri zdravi, hitro rastoči jelki s

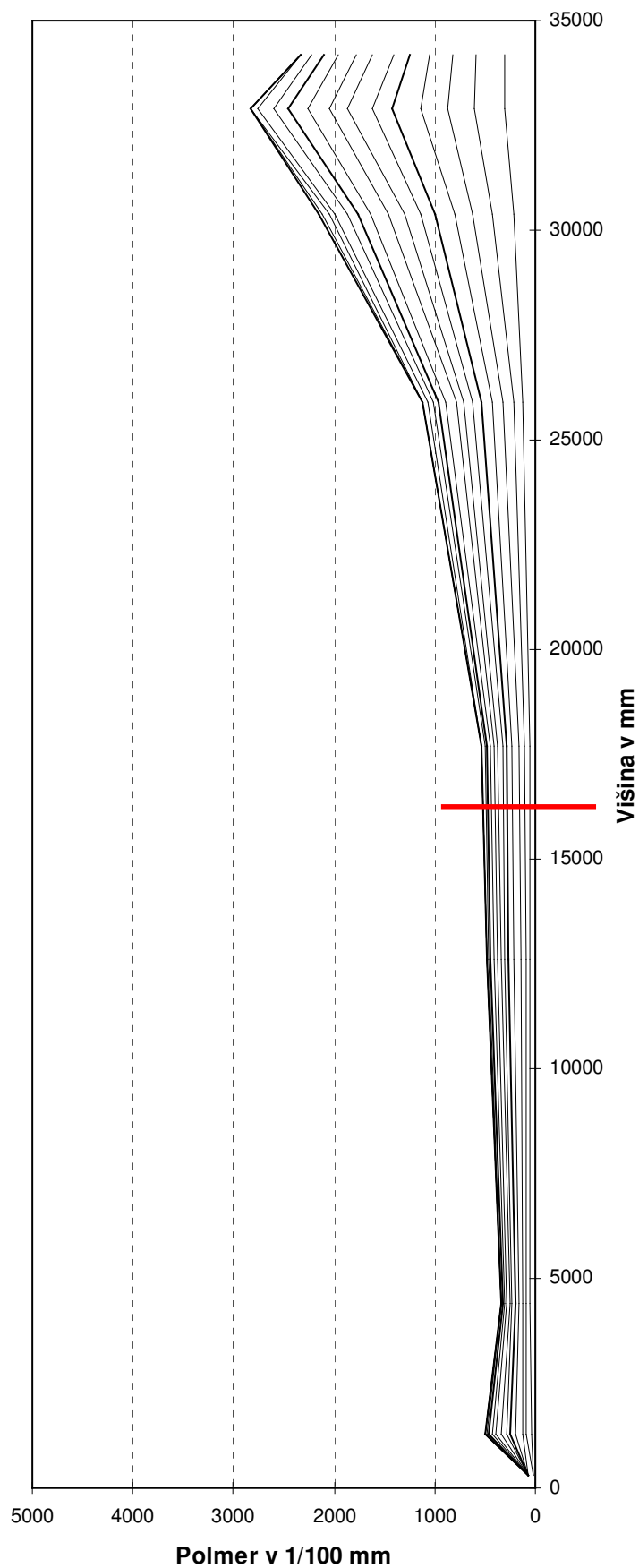
suličasto oblikovano krošnjo. Jelka 105 - Glažuta, odd. 102.



Slika 49: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri srednje prizadeti jelki (razred osutosti 2). Jelka 109 - Glažuta, odd 102.



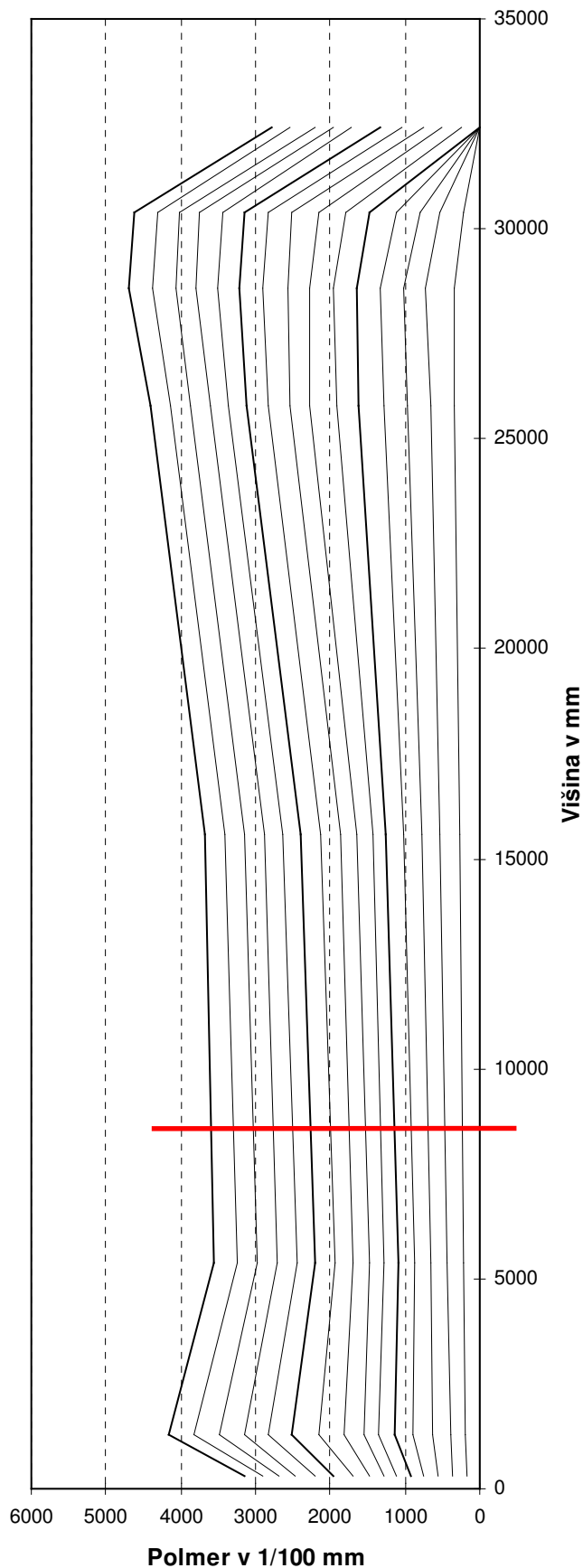
Slika 50: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri močno prizadeti jelki (razred osutosti 3). Jelka 101 - Glažuta, odd. 102.



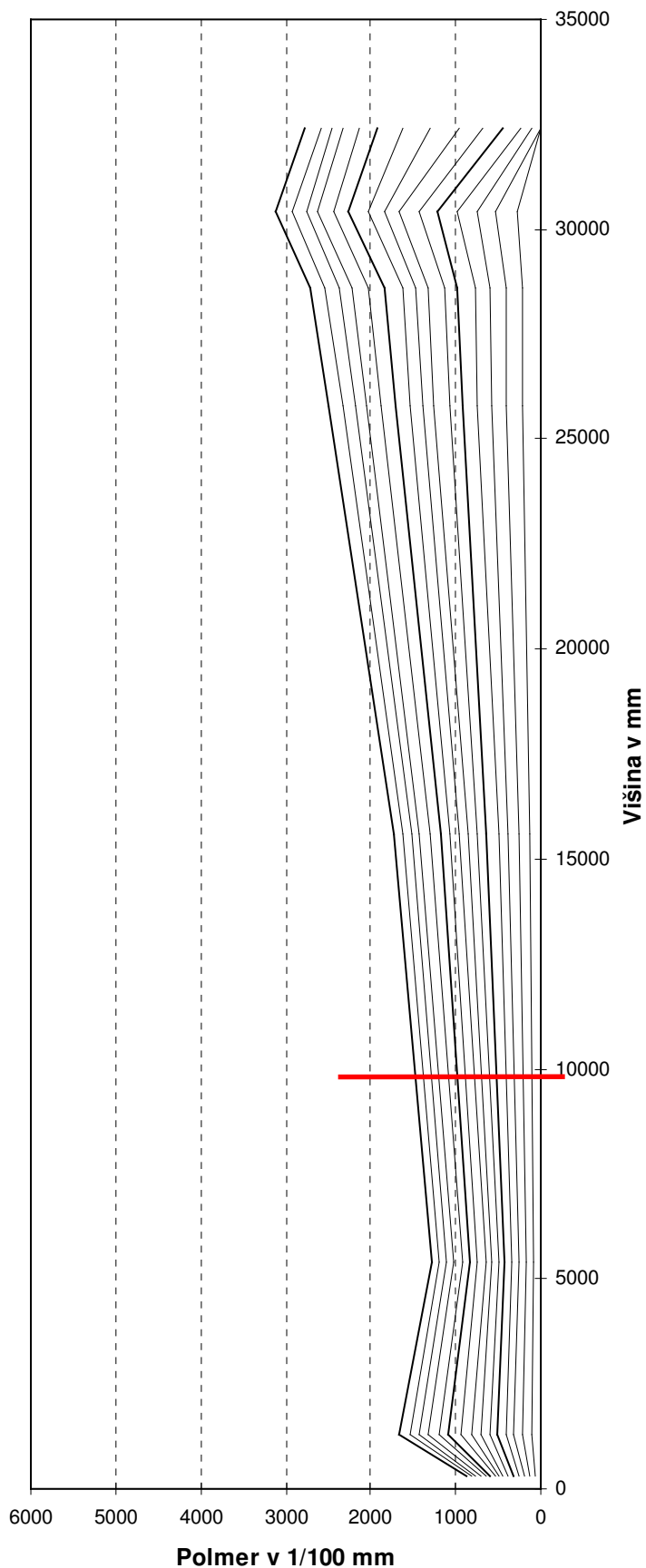
Slika 51: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri močno prizadeti jelki (razred osutosti 3), z mnogimi izpadi branik. Jelka 108 - Glažuta, odd. 102.

Rastne značilnosti jelk z Glažute so podane v tabeli:

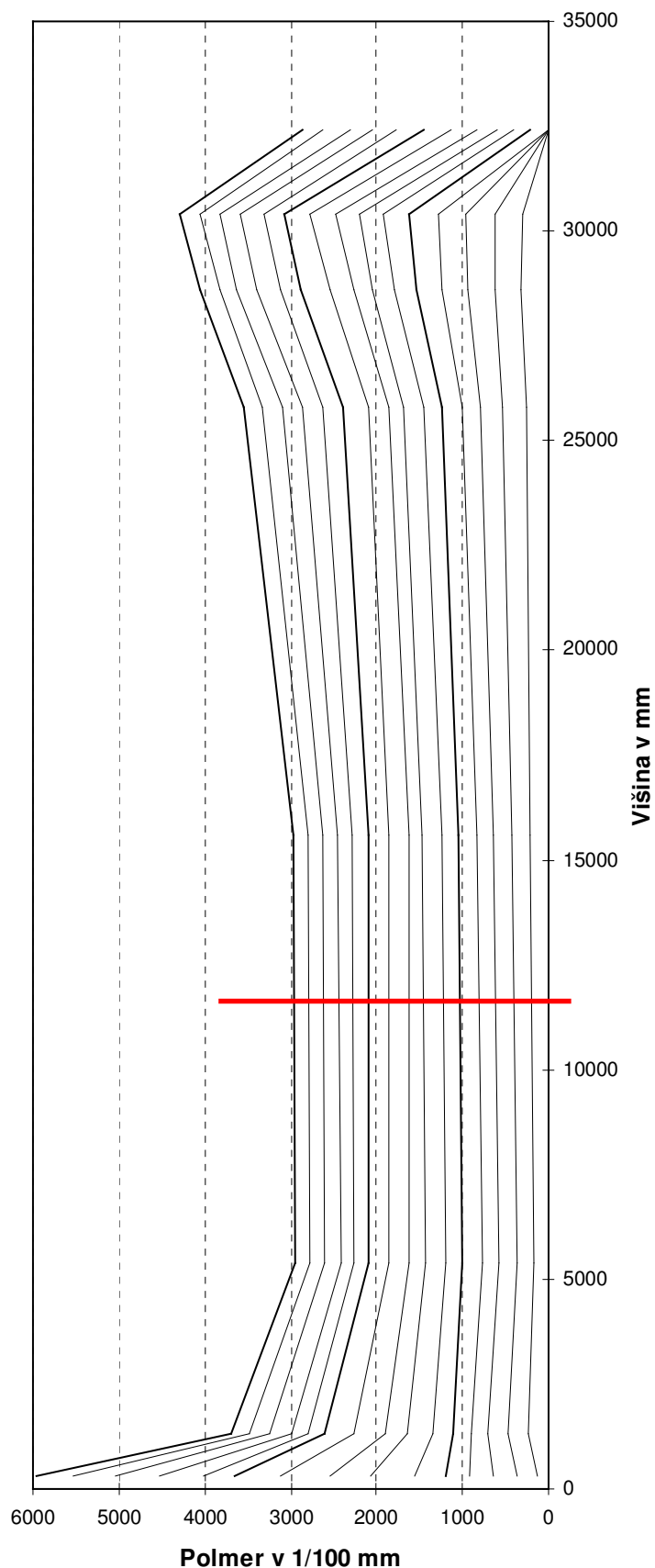
Drevo	Značilnosti
105	Jelka 105 (SLIKA 48) je tipičen primerek zdrave jelke s suličasto, močno razvito, dolgo krošnjo. Širine branik so največje v krošnji, nato rahlo upadajo proti prsni višini. V bližini panja se znova povečajo. Za razliko od drugih preučenih jelk je imela ta jelka krošnjo zastrto samo z ene strani - izkoristila je vrzel, ki je nastala v sestoju in močno pospešila višinsko rast.
109	Jelka 109 (SLIKA 49) je imela relativno kratko krošnjo, kar se lepo vidi tudi iz porazdelitve širin branik po nivojih. Branike so najširše v zgornji tretjini krošnje, nato pa močno upadejo in se rahlo razširijo šele tik nad panjem. Povsem v vrhu krošnje (1 m pod vrhom drevesa) opazimo močno zgostitev branik. V primerjavi z zdravo jelko št. 105 so prirastki bistveni manjši. Izpadov branik ni bilo. Iz grafa je viden tudi upad priraščanja po vsej višini v zadnjih petih letih.
101	Pri jelki 101 (SLIKA 50) vidimo, da širina branik enakomerno upada v smeri proti panju. Izrazitega priraščanja v krošnji ni več. Opazen je upad prirastka v zadnjih petih letih. Za razliko od prejšnjih dveh jelk je pri tej širina branik največja v vrhu krošnje, približno 1,5 m pod vrhom drevesa. Na kolobarju, vzetem na višini 30 cm, smo zabeležili 3 izpade branik in na kolobarju z višine 130 cm enega.
108	Jelka 108 (SLIKA 51) je močno prizadeta in močna redukcija debelinskega priraščanja je opazna že visoko v krošnji. Kolikor toliko zadovoljiv prirastek je edino še približno 3 m pod vrhom drevesa. Krošnja je močno reducirana, izpade beležimo od vrha do tal. Izpada nismo zabeležili le na nivoju 30,40 m (na sliki je to mesto najširše). Na vseh drugih nivojih smo zabeležili med 2 do 11 izpadov branik. V krošnji smo opazili močno razraščeno omelo. Njej pripisujemo tudi izpad branik v krošnji.



Slika 52: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri navidezno zdravi jelki (1. razred osutosti). Jelka 205 - Mašun, odd. 17f.



Slika 53: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri srednje prizadeti jelki (2. razred osutosti). Jelka 201 - Mašun, odd. 17f.



Slika 54: Širina branike vzdolž debla v zadnjih 15. letih pri močnejše prizadeti jelki (3. razred osutosti). V primerjavi z jelko 201 ima nekoliko krajšo krošnjo. Jelka 207 - Mašun, odd. 17f.

Drevo	Značilnosti
205	Navidezno zdravo drevo (SLIKA 52) z dolgo krošnjo, ki sega praktično do tal. Prirastki so od vrha do panja približno enaki, s tem, da je v krošnji prirastek največji.
201	Srednje prizadeta jelka (SLIKA 53) z dolgo. delno sekundarno krošnjo, vendar relativno šibkim prirastkom. V zgornjem delu krošnje je prirastek relativno najvišji, vendar je v primerjavi z ostalimi analiziranimi jelkami na Mašunu kljub vsemu majhen. Upad prirastka po višini nekoliko modificira pojav sekundarne krošnje. Na panju opažamo močan upad prirastka.
207	Močnejše prizadeta jelka (SLIKA 54), ki pa v primerjavi z jelko 201 sploh ne izkazuje upada prirastka. Branike so široke, krošnja globoka, porazdelitev debelinskega prirastka po vertikali je enakomerna s povečanji v območju težišča krošnje in na panju. Zanimivo je, da jelka kljub dokaj presvetljeni krošnji, kar jo je uvrstilo v 3. razred osutosti, sploh ni izkazovala upada prirastka.

Vse analizirane jelke na Mašunu so rastle bistveno bolj kot jelke v Glažuti. Debelinski prirastki v zadnjih 15 letih so bili v večini primerov dobri. Zanimiva je primerjava med srednje prizadeto jelko 201 in močnejše prizadeto jelko 207. Jelka 207 je imela bolj osuto krošnjo in višji debelinski prirastek v zadnjih 15 letih kot jelka 201. Rezultat je nekoliko presenetljiv, hkrati pa opozarja na težave pri vizualnem ocenjevanju osutosti krošnje.

Na osnovi analize grafov lahko trdimo, da so imele bolj prizadete jelke v splošnem krajšo krošnjo kot zdrave. Mesto najširših branik je premaknjeno čisto pod vrh drevesa, v spodnjem delu debla se pojavljajo izpadi branik in nepopolne branike.

4.4.4 Primerljivost kronologij v različnih nivojih odvzema

Preučili smo primerljivost serij širin branik znotraj posameznega drevesa v različnih nivojih, med drevesi na primerljivih nivojih in med povprečnimi kronologijami za več dreves za posamezen nivo med rastišči. Zanimalo nas je, ali so si vzorci, odvzeti na različnih nivojih podobni ali ne in kakšen vpliv ima to na kvaliteto rezultatov.

V analizi smo upoštevali, da sta si dva vzorca podobna

- če je t -vrednost večja ali enaka 4.0
- če je koeficient časovne skladnosti večji od 70% in
- če minimalna dolžina prekrivanja ni bila krajša od 20 let

Pri analizi primerljivosti kronologij med drevesi smo višino odvzema kolobarja pretvorili v odstotke glede na skupno višino drevesa in tako omogočili primerjavo med različnimi višinami odvzemov kolobarjev. Primerjavo med rastišči smo opravili s kronologijami, ki so bile povprečje zaporedij širin branik za posamezno relativno višino. Rezultati analiz so bili naslednji:

Znotraj drevesa

- t-vrednost se s povečevanjem oddaljenosti med vzorcema zmanjšuje. V skrajnem primeru med panjem in vršičkom ni več nobene statistične in vizualne podobnosti.
- t-vrednost ostaja bolj ali manj enaka ali rahlo padajoča, če primerjamo kronologije med dvema sosednjima nivojema in se pomikamo proti vrhu drevesa.
- t-vrednost med kronologijo predzadnjega in zadnjega kolobarja je po pravilu neznačilna. Razloga za to sta predvsem dva - prekratko obdobje primerjanja in posebne fiziološke okoliščine v vrhu drevesa.
- Najboljše, statistično visoko značilne, optično močno podobne in med drevesi najbolj primerljive rezultate dobimo v višinah med 1,30 in 16 m.

Preglednica 29: t-vrednosti po Baillie-Pilcherju med kronologijami za različne nivoje na raziskovalni ploskvi Glažuta.

	Panj	Prsna višina	4-8 m	12-20 m
Prsna višina	8,1			
4-8	9,1	10,1		
12-20 m	8,0	13,0	16,7	
Zg. del krošnje	4,4	5,9	7,2	7,2

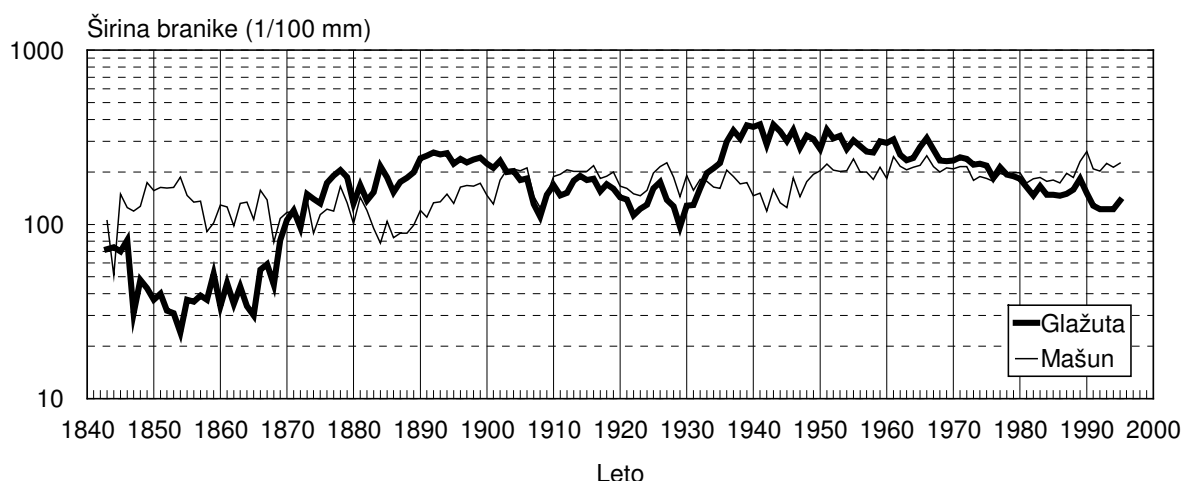
Preglednica 30: t-vrednosti po Baillie-Pilcherju med kronologijami za različne nivoje na raziskovalni ploskvi Mašun.

	Panj	Prsna višina	4-8 m	12-16 m	20-25 m
Prsna višina	16,1				
4-8	12,2	13,8			
12-16 m	8,4	9,8	12,9		
20-25 m	9,5	11,6	11,9	14,0	
Zg. del krošnje	6,8	8,7	9,7	9,5	13,6

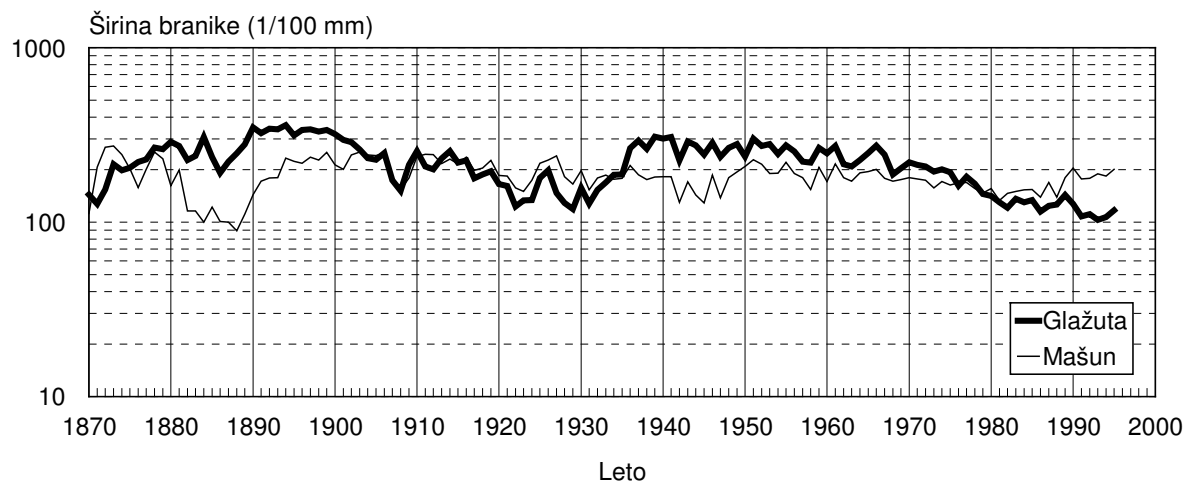
Med primerljivimi nivoji na dveh različnih rastiščih

- Na panju (0,30 m) lahko sicer odkrijemo določeno primerljivost kronologij med različnimi rastišči, vendar je podobnost med njimi relativno majhna, t-vrednosti so v primerjavi s preostalimi nivoji nižje.
- Na prsni višini (1,30 m) je podobnost kronologij med rastišči zelo velika, t-vrednosti so visoke in značilne. Ostali koeficienti (koef. časovne skladnosti in korelacijski koef.) imajo visoke in značilne vrednosti.
- Enako kvaliteten rezultat smo dobili na nivoju med 4 in 11 m.
- Na nivojih med 12 in 19 m začne podobnost rahlo upadati, t-vrednosti so še vedno visoke, le nekaj manj primerjav je značilnih. Kljub temu je primerljivost kronologij med rastišči še vedno visoka.
- Bolj ko se premikamo proti vrhu drevesa, manj so si kronologije na primerljivih nivojih med rastišči podobne. Kljub temu naše raziskave kažejo, da obstaja določena in tudi statistično značilna podobnost še vse do predzadnjega kolobarja tik pod vrhom.
- Primerljivost kronologij dobljenih na osnovi kolobarjev tik pod vrhom (1-0,5 m pod vrhom) je slaba. V večini primerov ni bilo med kronologijami prav nobene podobnosti - ne statistične in ne vizualne.

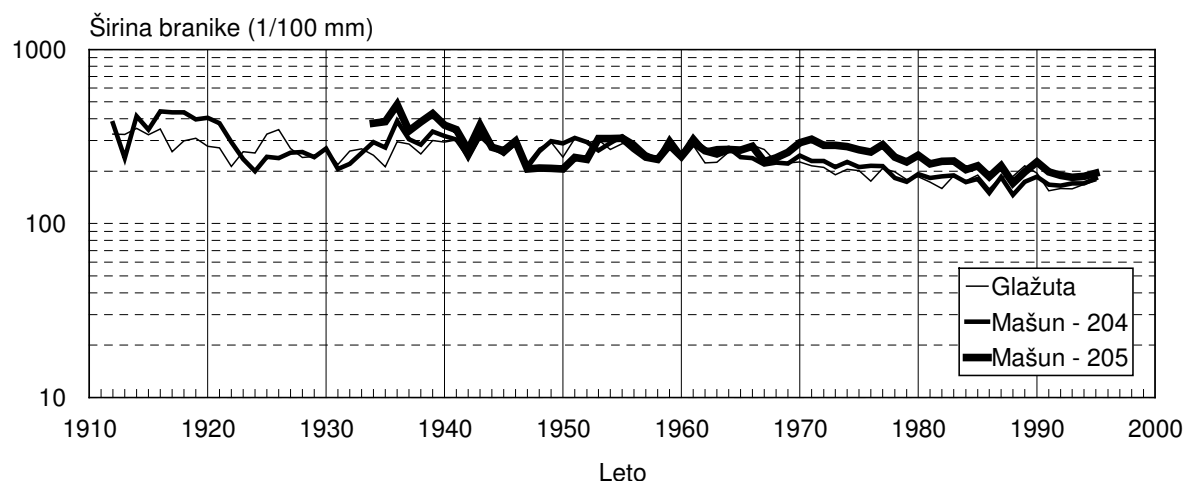
Na slikah, ki sledijo je podana primerjava med povprečnimi kronologijami za različne relativne višine med rastišči Glažuta in Mašun.



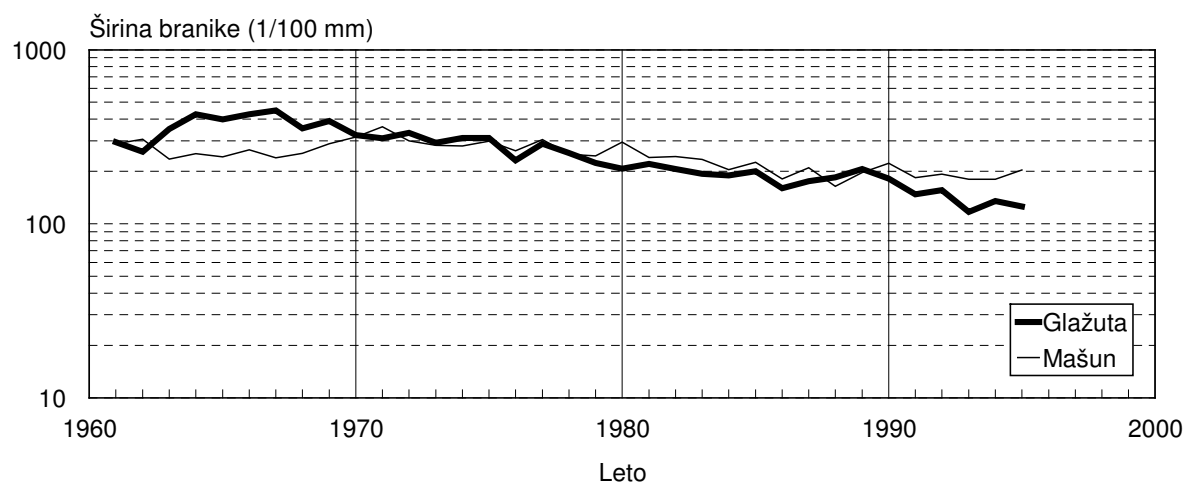
Slika 55: Primerjava kronologij iz vzorcev v višini panja (0,30 m) z Mašuna in Glažute.



Slika 56: Primerjava kronologij iz vzorcev v prsni višini (1,30 m) z Mašuna in Glažute.



Slika 57: Primerjava kronologij iz vzorcev odvzetih na višinah med 4 in 20 m z Mašuna in Glažute.



Slika 58: Primerjava kronologij iz vzorcev v krošnji z Mašuna in Glažute.

Preglednica 31: Primerjava t-vrednosti (sp. trikotnik matrike) in koeficientov časovne skladnosti (zg. trikotnik matrike) med povprečji po različnih nivojih med dvema rastiščema (G=Glažuta in M=Mašun). Mejna vrednost za značilnost t-vrednosti je 4,0 in koeficienta časovne skladnosti 70,0.

Nivo	G1	G2	G3	G4+5	G6+7+8
M1		69,3	63,3	65,7	63,2
M2	6,0		69,3	71,2	60,3
M3	6,8	8,8		72,9	57,4
M4	5,4	7,1	8,0		52,9
M5	4,9	7,5	8,0	8,5	
M6+7+8	3,7	6,0	6,4	6,8	4,3

4.4.5 Primerjava točnosti meritev, dobljenih na osnovi izvrtkov in kolobarjev

Na osnovi debelne analize smo želeli tudi primerjati kronologije, dobljene na osnovi izvrtkov s kronologijami, dobljenimi na osnovi meritev na kolobarju. V ta namen smo na vseh drevesih, ki smo jih podrli za debelno analizo, predhodno opravili vrtanje s Presslerjevim svedrom po standardni dendrokronološki metodi - dva izvrtka na deblo vzporedno s plastnico. Rezultati so potrdili naše domnevanje. Pravilno izvedeno vrtanje in skrbna priprava izvrtkov v laboratoriju v ničemer ne zaostaja za meritvami širine branik na kolobarjih. Še več, v primerjavi z odvzemom kolobarjev, kjer je potrebno podreti celo drevo, pri vrtanju drevesa ni treba podreti in nastane pri iglavcih le lokalna poškodba (*Schweingruber, Kontic in Winkler-Seifert 1983*). Dva izvrtka na deblo odvzeta vzporedno s plastnico terena sta tudi zagotovilo, da v izvrtku ne bo kompresijskega oz. tenzijskega lesa. Na ustrezno vzetih izvrtkih je verjetnost, da bi se na obeh pojavila ista izpadla branika, zelo majhna. Pred primerjavo smo kolobarje in izvrtke na enak način površinsko obdelali, zato je bila kvaliteta površinske obdelave pri obeh načinih odvzema vzorcev primerljiva.

Primerjavo smo opravili med povprečno kronologijo dveh izvrtkov iz prsne višine (1,30 m) in povprečno kronologijo 3-4 meritev serij širin branik kolobarja, odvzetega tik nad mestom vrtanja.

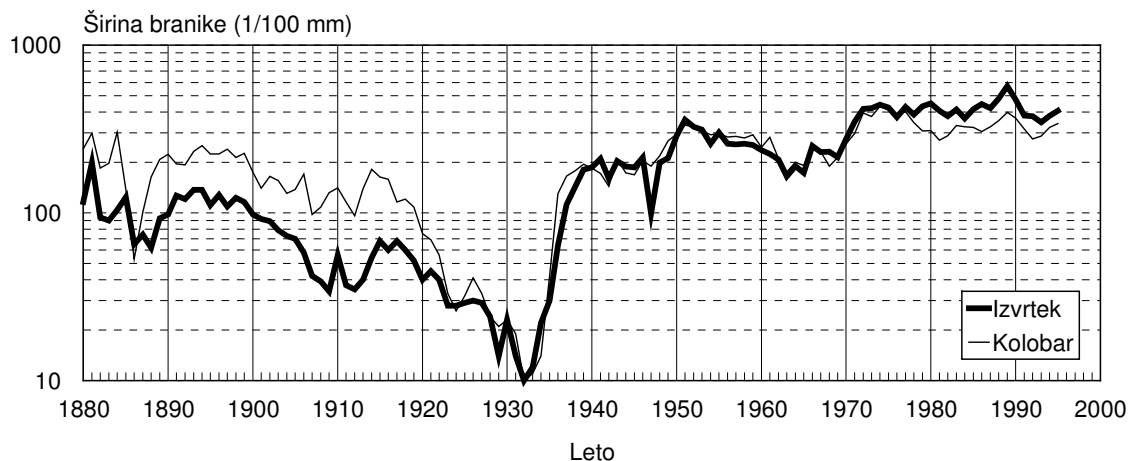
Preglednica 32: Primerjava različnih statističnih parametrov med povprečjem za dva izvrtka v višini 1,30 m in med povprečjem za 3-4 meritve na prvem kolobarju nad mestom vrtanja.

Glažuta				Mašun			
Drevo	r	t _{BP}	GLK%	Drevo	r	t _{BP}	GLK%
101	0,835	21,2	76,7	201	0,820	19,2	78,7
102	0,860	24,2	76,7	202	0,756	40,8	81,6
103	/	/	/	203	0,879	20,8	77,0
104	0,880	29,0	78,4	204	0,691	28,4	70,7
105	0,937	15,9	75,6	205	0,778	33,7	82,8
106	0,935	38,0	83,0	206	0,235	27,5	71,3
107	0,938	22,0	71,6	207	0,755	27,7	77,6
108	0,929	22,7	86,4	208	0,494	21,0	76,4
109	0,916	22,1	83,0	209	0,899	33,2	77,6

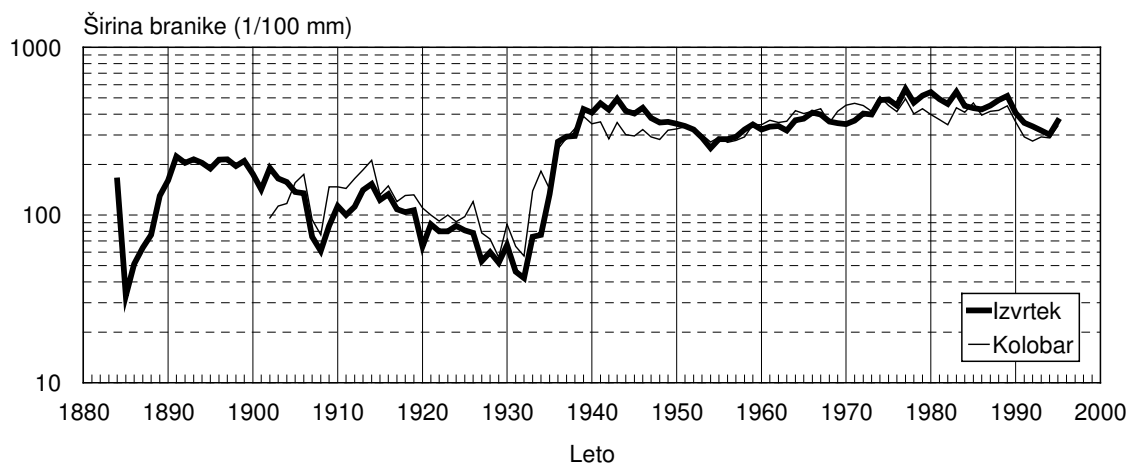
Primerjave meritev med izvrtki in kolobarji smo opravili na osnovi treh statističnih parametrov - korelacije, t-vrednosti in koeficienta časovne skladnosti (PREGLEDNICA 32). Višje vrednosti pomenijo višjo podobnost med dvema različnima tipoma meritev. Drevo številka 103 v Glažuti je bilo do 3 m votlo in nismo mogli odvzeti izvrtka, zato te primerjave nismo opravili.

Rezultati kažejo, da dosegamo z izvrtki ustrezno natančnost in da rezultati ne odstopajo bistveno od rezultatov, dobljenih na osnovi kolobarjev. Zanimivo je tudi dejstvo, da so podobnosti med meritvami na izvrtku in kolobarju višje v Glažuti ($r_{\min}=0,835$) in nižje na Mašunu ($r_{\min}=0,691$). V preglednici 32 sta posebej zanimivi in hkrati nepričakovani dve korelacijski vrednosti, ki smo ju dobili pri primerjanju vzorcev dveh dreves (št. 206 in 208) na Mašunu. Vrednosti sta zelo nizki (0,235 in 0,494) če vemo, da primerjamo serijo širin branik iz izvrtka in neposredno nad njim ležečega kolobarja. Ko smo vizualno primerjali kronologiji s spornimi korelacijskimi vrednostmi, smo dobili zelo dobro ujemanje. Enako dober rezultat smo dobili tudi s standardno dendrokronološko numerično analizo s t-vrednostjo in koeficientom časovne skladnosti (GLK%).

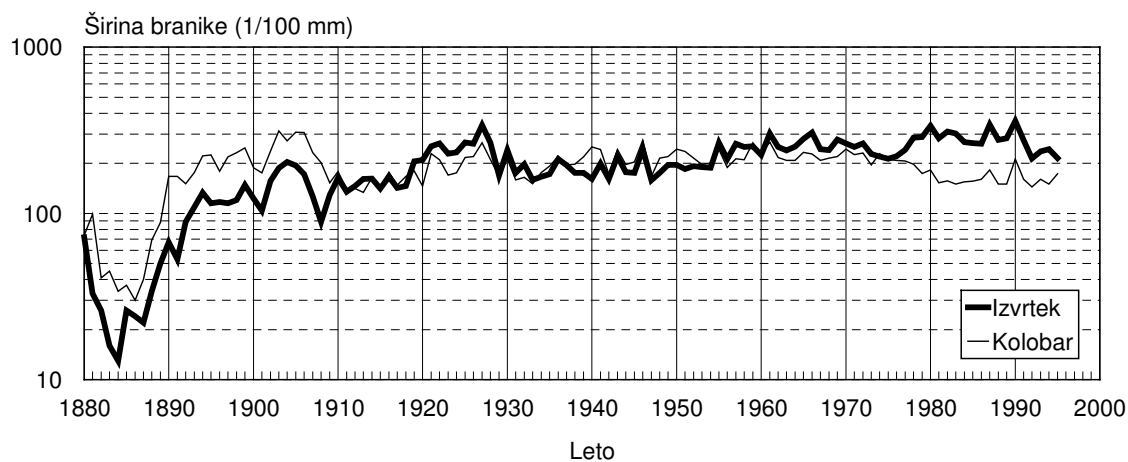
Na osnovi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da so meritve, opravljene na izvrtkih pri jelki povsem enakovredne meritvam, opravljenim na kolobarjih.



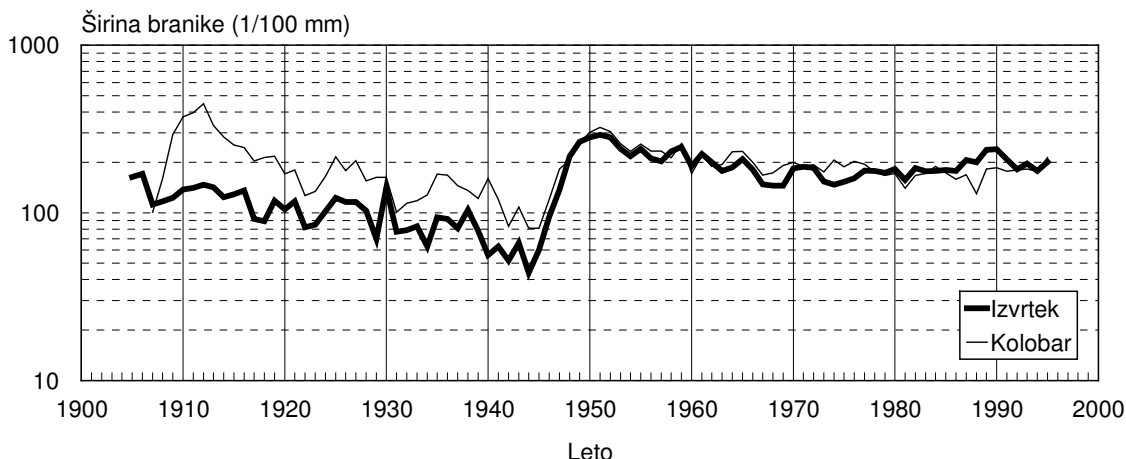
Slika 59: Primerjava širin branik, ki so merjene na izvrtku in kolobarju na jelki št. 107 v Glažuti. Korelacija med kronologijama je bila tu najvišja - 0,938.



Slika 60: Primerjava širin branik, ki so merjene na izvrtku in kolobarju na jelki št. 105 v Glažuti. Korelacija med povprečjem meritev za izvrtke in kolobar je 0,937.



Slika 61: Primerjava širin branik, ki so merjene na izvrtku in kolobarju na jelki št. 206 na Mašunu. Kronologiji sta povsem skladni, korelacija pa je nizka - 0,235.



Slika 62: Primerjava širin branik, ki so merjene na izvrtku in kolobarju na jelki št. 208 na Mašunu. Krivulji sta povsem skladni, korelacija pa je nizka - 0,494.

4.4.6 Razprava

4.4.6.1 Analiza izpada branik

Izpad branik je pojav, do katerega pride zaradi motenj v delovanju kambija. Vzrok za motnje je ponavadi povezan z močnimi spremembami v okolju, zaradi katerega pride pri drevesu do stresne reakcije (Kozłowski 1971). Fritts (Fritts 1965) je na transektu od listopadnega gozda do semiaridnega predela ugotovil, da število manjkajočih branik narašča s povečevanjem vodnega deficita. Do izpada branik pride tudi zaradi rasti drevesa v senci sestoja (Bormann 1965). S povečevanjem obremenjenosti okolja z različnimi polutanti prihaja ravno tako do pogostih izpadov branik v obremenjenih gozdnih ekosistemih (Schweingruber, Kontić in Winkler-Seifert 1983). Za razliko od občasnega pojavljanja izpadov branik ali pojava neskljenjenih branik zaradi napadov insektov ali zaradi čakajoče vloge v dinamično razvijajočem se sestoju, je pojav izpadlih ali nepopolnih branik v sestojih obremenjenih s polucijami, odraz propadanja drevesa. Posebej jelka se izrazito senzitivno odziva na civilizacijske obremenitve okolja.

Analiza izpada branik na preučeni jelki je pokazala, da lahko pri močno prizadetem drevesu izpade do 11 branik na panju in da njihovo število akropetalno upada. Pojav izpadlih branik v višjih delih debla ali celo v krošnji drevesa je redek. Samo v enem primeru (Jelka št. 108, raziskovalna ploskev Glažuta) smo odkrili popoln izpad ene branike.

Poleg popolnega izpada branik prihaja pri drevesih tudi do pojava neskljenjenih branik. Neskljenjene branike so posledica lokalnega delovanja kambija. Redno se pojavljajo pri

drevesih, ki rastejo v aridnih predelih (*Kozłowski 1971*). Pri drevesih zmernih klimatskih con pa prihaja do pojava nesklenjenih branik pri drevesih, ki rastejo v spodnjem sloju, zaradi napadov insektov in zaradi vpliva polutantov na drevo.

4.4.6.2 Vpliv velikosti krošnje in zdravstvenega stanja drevesa na širino branike po vertikali

Oblika debla je tesno povezana s produktivno sposobnostjo krošnje (*Kozłowski 1971*). Drevesa z dolgimi krošnjami imajo malolesno deblo - prirastni plašč je po obodu skoraj enako debel v krošnji in na panju, drevesa s kratkimi krošnjami pa imajo polnolesno deblo - širina branike upada bazipetalno. Dolžina krošnje je odvisna od različnih dejavnikov okolja, gozdnogojitvene prakse in onesnaževanja okolja.

S povečevanjem obremenjenosti okolja z različnimi polutanti prihaja pri jelki do pojava sekundarne krošnje, ki lahko v skrajnem primeru popolnoma nadomesti primarno. Pojav sekundarne krošnje močno modificira vertikalno porazdelitev fitohormonov v deblu, tako da pride do povečane količine fitohormonov v nižje ležečih delih debla, kar pomembno vpliva na anatomske značilnosti zgradbe branike.

Naše ugotovitve kažejo, da pride pri prizadetih jelkah zaradi zmanjševanja (umiranja) primarne krošnje in nezadostno razvite ali pa sploh odsotne sekundarne krošnje do močne redukcije širine branike in do pojava delnega ali popolnega izpada branik v nižje ležečih delih debla. To se sklada z ugotovitvami Torellija et al. in Čufarjeve na primerljivem rastišču (*Torelli, Čufar in Robič 1986; Čufar 1990*).

4.5 *Anatomske analize lesa*

4.5.1 Splošno

Namen anatomske analize lesa je bil preučiti les, nastal v različnih fizioloških pogojih rasti in ovrednotiti razmerje med ranim in kasnim lesom ter deležem kasnega lesa v braniki. Oba analizirana parametra sta indikatorja razmer, v katerih drevo raste. V mikroskopski sliki rasti branike v vegetacijski sezoni se kažejo z gensko zasnovo, rastiščem in klimo pogojene možnosti za realizacijo širine branike v preučevanem letu (*Schweingruber, Kontic in Winkler-Seifert 1983*). Preučevanje odnosa ranega in kasnega lesa pridobiva na pomenu šele v zadnjem času, ker so ugotovili, da je delež kasnega lesa boljši indikator odziva drevesa na klimo in razmere v sestoju kot širina branike (*Schweingruber 1989*). Z dopolnitvijo posebne dendrokronološke tehnike - densitometrije lahko merimo spreminjanje gostote lesa v braniki in s tem neposredno ugotavljamo delež ranega in kasnega lesa. Postopek densitometrije je tehnično zahteven in nam ni bil dostopen. V naši raziskavi smo se zato omejili le na izmero dimenzij celičnih sten in s tem na oceno deleža ranega in kasnega lesa v braniki. Pri anatomskih analizah branike nas je še posebej zanimalo:

- Razmerje med ranim in kasnim lesom v branikah, nastalih v istem letu na različnih višinah v drevesu.
- Razmerje med ranim in kasnim lesom v branikah, ki so nastale v podobnih pogojih dobre oskrbljenosti z rastnimi hormoni ob strženu drevesa v t.im. juvenilnem lesu.
- Razmerje med ranim in kasnim lesom v branikah različno prizadetih dreves.
- Posebnost zgradbe branike kompresijskega lesa ter iste branike na nasprotni strani, kjer kompresijskega lesa ni.
- Razmerje med ranim in kasnim lesom v posebno ozkih branikah v letih, ko so bile klimatske razmere izrazito neugodne (npr. sušno leto 1942).

Analize ranega in kasnega lesa smo opravili na štirih drevesih iz Glažute in treh z Mašuna (PREGLEDNICA 33).

Preglednica 33: Osnovni dendrometrijski podatki o analiziranih jelkah z Mašuna in Glažute.

Pomen posameznih okrajšav je naslednji: $d_{1,3}$ = premer v prsni višini; H = skupna višina drevesa; $L_{\text{krošnje}}$ = dolžina krošnje; Soc.pol. = socialni položaj drevesa; Zdr.st. = zdravstveno stanje drevesa po modificirani Bosshardovi lestvici.

Ploskev	Drevo	$d_{1,3}$ cm	H m	$L_{\text{krošnje}}$ m	Soc.pol.	Zdr. st.
Glažuta	101	66	37,80	19,80	2	3
	102	52	33,45	19,20	2	2
	105	64	32,40	17,90	2	1
	107	62	34,00	10,20	2	1
Mašun	201	41	26,90	14,60	2	2
	205	60	30,60	14,80	2	1
	207	50	34,70	10,90	2	3

4.5.2 Anatomske značilnosti ranega in kasnega lesa

Znotraj enoletnega prirastka se delež ranega lesa v splošnem zmanjšuje, kasnega pa povečuje, če se premikamo od vrha drevesa proti panju. Ta osnovni vzorec je dostikrat močno modificiran zaradi različnih notranjih in zunanjih dejavnikov (starost drevesa, konkurenca v sestoju, velikost krošnje, rodovitnost rastišča, dostopna talna in zračna vlaga, gojitvena praksa). Schweingruber (*Schweingruber, Kontic in Winkler-Seifert 1983*) tako omenja, da ima duglazija (*Pseudotsuga menziesii* Franco.) na suhem rastišču bistveno ostrejši prehod med ranim in kasnim lesom kot na mokrem, kjer je prehod postopnejši in manj opazen. Vsi prej omenjeni dejavniki imajo vzajemen vpliv na razmerje med ranim in kasnim lesom, na drevo pa vplivajo posredno prek dostopnosti hranil, hormonov in vode. Kozłowski (*Kozłowski 1971*) ugotavlja, da je prehod med ranim in kasnim lesom na bazi drevesa (na panju) ostrejši kot v krošnji. To je predvsem zato, ker imajo celice ranega lesa na panju izrazito velike, celice kasnega lesa pa relativno majhne lumne in zelo debele celične stene. Za razliko od dobre optične ločljivosti ranega in kasnega lesa na panju, imajo relativno majhni lumni celic ranega lesa v krošnji za posledico, da razlika med ranim in kasnim lesom v krošnji ni tako izrazita, prehod pa je veliko bolj postopen. Zanimivo je, da Kozłowski kljub vsemu loči rani in kasni les v krošnji, medtem ko nekateri avtorji temu oporekajo, češ da v krošnji zaradi fizioloških razlogov ne prihaja do nastajanja tipičnega kasnega lesa (*Larson 1969*).

Mehanizmi, ki sodelujejo pri nastajanju ranega in kasnega lesa so izjemno zapleteni in kompleksni ter še ne docela pojasnjeni. Zanimivo je, da so ravno zaradi močne hormonske kontrole prehoda ranega lesa v kasnega lažne branike, ki so posledica ponovnega odganjanja

drevesa v isti vegetacijski dobi, vidne samo v zgornjem delu debla.

Pri preučevanju ranega in kasnega moramo nujno upoštevati njune anatomske značilnosti. Za rani les je značilno, da ima v primerjavi s kasnim lesom nižjo gostoto, nastane v začetku vegetacijske periode, celice imajo velik lumen in celične stene so tanke. Pri kasnem lesu je v primerjavi z ranim lesom ravno obratno. Kasni les je bistveno gostejši, nastane po pravilu v drugi polovici vegetacijske periode, lumni celic so majhni, celične stene pa močno odebeljene in lignificirane.

V naših analizah smo natančno preučili tudi pojavljanje kompresijskega lesa kot aktivnega usmerjevalnega tkiva v branikah. Osnovne značilnosti kompresijskega lesa so velika trdota in gostota, ki je nekajkrat višja kot v normalnem lesu. Reakcijski les velja za anomalijo pri nastajanju lesa in ni povezan z normalno rastjo drevesa. Traheide kompresijskega lesa se strukturno bistveno razlikujejo od traheid normalnega lesa. V prečnem prerezu so okrogle oblike, med njimi so jasno izraženi medcelični prostori. Sekundarna celična stena je sestavljena iz zunanje plasti S1 in debelejšje osrednje plasti S2. Za razliko od traheid normalnega lesa je celuloza v traheidah kompresijskega lesa orientirana pod kotom 45° glede na daljšo os traheide. S3 plasti ni. Kompresijski les vsebuje bistveno več lignina kot normalni les, vsebnost celuloze pa je nižja.

Pri tem osnovnem opisu značilnosti branike velja poudariti še to, da prihaja do bistvenih razlik med juvenilnim in adultnim lesom, torej lesom, ki nastaja v ugodnih pogojih dobre oskrbljenosti s hranili in fitohormoni v krošnji in lesom, ki nastaja na lokacijah, ki so od krošnje že precej oddaljene in zato fitohormoni potujejo do kambija bistveno dlje kot do juvenilnega - krošenjskega lesa. Pri tem ločimo še juvenilni les, ki je nastal kot rezultat delovanja mladega kambija in juvenilni les, ki nastaja kot rezultat delovanja vsako leto starejšega kambija v krošnji.

4.5.3 Spreminjanje deleža ranega in kasnega lesa po vertikali v odvisnosti od rastnosti drevesa

Spreminjanje deleža ranega in kasnega lesa po vertikali in v odvisnosti od rastnosti drevesa smo preučili na navidezno neprizadetem, prizadetem in močnejše prizadetem drevesu na dveh raziskovalnih ploskvah na Mašunu in v Glažuti. Na različnih lokacijah v deblu (nivo-1, nivo-2, nivo-3 in nivo-7) smo iz kolobarjev v prečni smeri odvzeli vzorce za anatomske analize.

Nivo-1 predstavlja na deblu višino 0,30 m, *nivo-2* 1,30m, *nivo-3* začetek krošnje in *nivo-7* zgornjo polovico krošnje. Mejo med ranim in kasnim lesom smo določili po Morkovem kriteriju.

Preglednica 34: Delež ranega in kasnega lesa pri različno prizadetih jelkah na Mašunu v različnih višinah odvzema vzorca. Analizirane branike so nastale ob strženu drevesa v primerljivih fizioloških pogojih. RL (%) pomeni delež ranega, KL (%) pa kasnega lesa v braniki.

Zap. št. drevesa	Višina odvzema vzorca	Rani les	Kasni les	Širina branike	RL (%)	KL (%)	% Širina branike
201 sr. prizadeta	nivo-1	0,19	0,09	0,28	67,65	32,35	100
	nivo-2	2,94	0,49	3,42	85,78	14,22	100
	nivo-3	1,65	0,33	1,98	83,12	16,88	100
	nivo-7	1,78	0,63	2,41	73,74	26,26	100
205 zdrava	nivo-1	0,46	0,16	0,62	73,97	26,03	100
	nivo-2	1,96	0,23	2,20	89,34	10,66	100
	nivo-3	1,36	0,46	1,82	74,66	25,34	100
	nivo-7	2,42	0,42	2,84	85,26	14,74	100
207 prizadeta	nivo-1	0,38	0,30	0,68	56,46	43,54	100
	nivo-2	0,89	0,23	1,12	79,89	20,11	100
	nivo-3	2,19	0,66	2,85	76,80	23,20	100
	nivo-7	1,47	0,32	1,79	81,90	18,10	100

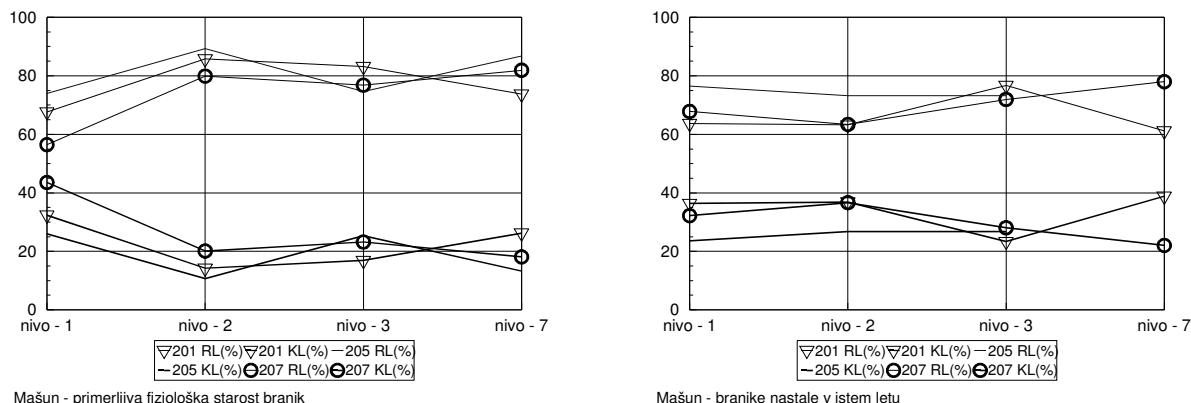
Vidimo, da delež kasnega lesa, nastalega v primerljivih fizioloških pogojih ob strženu drevesa, z višino odvzema vzorca v deblu upada (PREGLEDNICA 34). Največjo vrednost doseže po pravilu na panju, kjer je v skrajnem primeru delež kasnega lesa znašal 43% (prizadeta jelka št. 207). Delež kasnega lesa na panju je bil pri navidezno zdravi jelki najmanjši - 26% (jelka 201), pri intermediarni jelki pa delež kasnega lesa znaša 32%, kar je po vrednosti med zdravo in prizadeto jelko. V vrhu drevesa je delež kasnega lesa majhen in redkokdaj presega 18%. Le v enem primeru je bil delež kasnega lesa relativno velik (26%), vendar se je takrat izkazalo, da gre za pojav kompresijskega lesa, kar ni nenavadno za krošnjijski les.

*Preglednica 35: Delež ranega in kasnega lesa pri različno prizadetih jelkah na Mašunu v različnih višinah odvzema vzorca. Branike v analiziranih vzorcih so nastale v istem letu. **RL(%)** pomeni delež ranega, **KL(%)** pa kasnega lesa v braniki.*

Zap. št. drevesa	Višina odvzema vzorca	Rani les	Kasni les	Širina branike	RL (%)	KL (%)	% Širina branike
201 sr. prizadeta	nivo-1	0,36	0,20	0,56	63,66	36,34	100
	nivo-2	0,56	0,33	0,89	63,19	36,81	100
	nivo-3	0,76	0,23	1,00	76,69	23,31	100
	nivo-7	1,34	0,85	2,19	61,17	38,83	100
205 zdrava	nivo-1	1,82	0,56	2,38	76,44	23,56	100
	nivo-2	2,08	0,76	2,84	73,22	26,78	100
	nivo-3	1,71	0,62	2,34	73,27	26,73	100
	nivo-7	2,35	0,30	2,65	88,77	11,23	100
207 prizadeta	nivo-1	3,14	1,49	4,63	67,80	32,20	100
	nivo-2	1,07	0,62	1,69	63,36	36,64	100
	nivo-3	1,30	0,51	1,80	71,93	28,07	100
	nivo-7	2,08	0,59	2,66	77,99	22,01	100

Primerjava razmerja rani-kasni les v braniki, nastali v istem letu med različnimi nivoji odvzema vzorcev in zdravstvenim stanjem drevesa (PREGLEDNICA 35) pokaže na nekoliko drugačno sliko kot smo jo ugotovili v primerjavi branik, nastalih v enakih fizioloških pogojih (PREGLEDNICA 34). Najbolj očitna razlika je v tem, da je delež kasnega lesa v braniki nastali v istem letu v vseh primerih večji in le redkokdaj je manjši od 25%. Kaže se tudi zanimiva zakonitost, da na panju ni največ kasnega lesa, ampak ga je največ na nivojih 2 in 3. Delež kasnega lesa je najmanjši v krošnji.

V analizi se je tudi pokazalo, da imajo jelke z ožjimi branikami večji delež kasnega lesa, vendar statistično tega nismo mogli dokazati.



Slika 63: Primerjava deleža ranega in kasnega lesa po vertikali pri različno prizadetih jelkah na Mašunu. Na levem grafu so branike nastajale v primerljivih fizioloških pogojih, na desnem pa so analizirane branike nastale v istem letu.

Iz levega grafa (SLIKA 63) vidimo, da je razlika med deleži ranega in kasnega lesa, nastalega v primerljivih fizioloških pogojih ob strženu drevesa, najmanjša na bazi drevesa. Tu je v povprečju razmerje med ranim in kasnim lesom 60:40 v korist ranega lesa. Bolj ko se premikamo proti vrhu drevesa, bolj delež kasnega lesa upada in bolj se večja delež ranega lesa. Od nivoja 2 (ustreza višini 5,40 m na deblu) proti vrhu drevesa se delež ranega in kasnega lesa bolj ali manj ustali in znaša približno 75:25 v korist ranega lesa. Tendenca zmanjševanja deleža kasnega lesa od baze proti vrhu drevesa je jasno izražena.

Na desnem grafu (SLIKA 63) vidimo, da je odnos med ranim in kasnim lesom, nastalim v istem letu na periferiji drevesa, nekoliko drugačen kot na levem grafu. Razmerje med ranim in kasnim lesom je v splošnem bolj ali manj konstantno po vsej vertikali in znaša približno 70:30 v korist ranega lesa.

V Glažuti smo spreminjanje razmerja med ranim in kasnim lesom preučili na štirih drevesih. Po eno drevo je spadalo v razred prizadetih in delno prizadetih dreves, dve pa sta pripadali razredu zdravih dreves. Dve zdravi drevesi smo izbrali zato, ker je bila jelka št. 107 izjemno vitalna z močnim višinskim in debelinskim prirastkom, medtem ko je bila jelka št. 105 normalno zdrava, zato nas je zanimala primerjava med dvema zdravima jelkama.

*Preglednica 36: Delež ranega in kasnega lesa pri različno prizadetih jelkah v Glažuti v različnih višinah odvzema vzorca. Analizirane branike so nastale ob strženu drevesa v primerljivih fizioloških pogojih. **RL(%)** pomeni delež ranega, **KL(%)** pa kasnega lesa v braniki.*

Zap. št. drevesa	Višina odvzema vzorca	Rani les	Kasni les	Širina branike	RL (%)	KL (%)	% Širina branike
101 prizadeta	nivo-2	2,71	0,72	3,43	79,13	20,87	100
	nivo-3	2,20	0,63	2,83	77,78	22,22	100
	nivo-7	2,50	0,58	3,08	81,07	18,93	100
	nivo-8	1,97	0,80	2,77	71,16	28,84	100
102 sr. prizadeta	nivo-1	0,75	0,56	1,31	56,99	43,01	100
	nivo-2	0,35	0,15	0,50	70,00	30,00	100
	nivo-3	0,26	0,30	0,57	46,46	53,54	100
	nivo-7	0,30	0,51	0,81	37,13	62,87	100
105 zdrava	nivo-1	0,29	0,14	0,43	67,28	32,72	100
	nivo-2	1,88	0,57	2,46	76,73	23,27	100
	nivo-3	1,37	0,29	1,66	82,55	17,45	100
	nivo-7	3,45	0,79	4,24	81,43	18,57	100
107 zdrava	nivo-1	0,41	0,14	0,55	74,36	25,64	100
	nivo-2	1,01	0,29	1,30	77,81	22,19	100
	nivo-3	3,15	0,47	3,62	87,08	12,92	100
	nivo-7	2,41	0,35	2,76	87,38	12,62	100

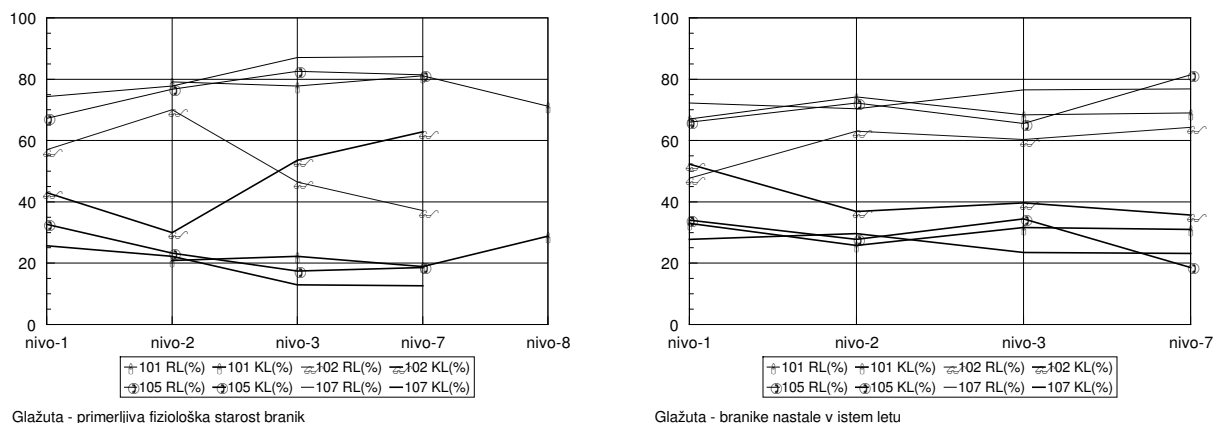
Vidimo, da imajo različno prizadeta drevesa v branikah, nastalih v primerljivih fizioloških pogojih, ob strženu in na različnih nivojih odvzema vzorcev zelo spremenljivo razmerje med ranim in kasnim lesom (PREGLEDNICA 36). Pri močno prizadeti jelki 101 se razmerje med ranim in kasnim lesom po vertikali le malo spreminja, razlike med lesom s panja in krošnje praktično ni. Srednje prizadeta jelka 102 ima po vsej vertikali izrazito visok delež kasnega lesa brez tendence upadanja proti vrhu drevesa. Zdrava jelka 105 ima v primerjavi z manj rastnimi primerki najmanjši delež kasnega lesa po vertikali. Zelo rastna jelka 107 ima v primerjavi z drugimi, tudi z zdravo jelko 105, najmanjši delež kasnega lesa v branikah. Vertikalno upadanje deleža kasnega lesa je jasno izraženo.

Vertikalna porazdelitev deleža kasnega lesa v branikah, ki so nastale v istem letu na različnih nivojih odvzema vzorcev in na različno prizadetih drevesih, je prikazana v spodnji preglednici (PREGLEDNICA 37). Splošna slika je v primerjavi s preglednico 36 drugačna. Močno prizadeta

jelka 101 je imela na vseh preiskanih vzorcih relativno visok delež kasnega lesa, ki se po vertikali ni bistveno spreminjal. Srednje prizadeta jelka 102 je imela v branikah visok delež kasnega lesa, vendar je imela jasno izraženo tendenco upadanja le-tega. Zdrava jelka 105 je bila po deležu kasnega lesa v branikah zelo podobna močno prizadeti jelki 101, le da je bila tendenca upadanja jasno izražena. Zelo rastna jelka 107 pa je imela v primerjavi z vsemi ostalimi bistveno manj kasnega lesa v branikah. Značilnost te jelke je, da se delež kasnega lesa glede na višino odvzema praktično ne spreminja.

*Preglednica 37: Delež ranega in kasnega lesa pri različno prizadetih jelkah v Glažuti v različnih višinah odvzema vzorca. Branike v analiziranih vzorcih so nastale v istem letu. **RL**(%) pomeni delež ranega, **KL**(%) pa kasnega lesa v braniki.*

Zap. št. drevesa	Višina odvzema vzorca	Rani les	Kasni les	Širina branike	RL (%)	KL (%)	% Širina branike
101 prizadeta	nivo-1	0.34	0.17	0.51	66.99	33.01	100
	nivo-2	0.56	0.19	0.75	74.24	25.76	100
	nivo-3	0.46	0.21	0.68	68.41	31.59	100
	nivo-7	0.77	0.34	1.11	68.99	31.01	100
	nivo-8	ni podatka					
102 sr. prizadeta	nivo-1	0.29	0.32	0.62	47.65	52.35	100
	nivo-2	0.38	0.22	0.60	63.06	36.84	100
	nivo-3	0.37	0.24	0.62	60.29	39.71	100
	nivo-7	0.70	0.39	1.09	64.27	35.73	100
105 zdrava	nivo-1	2.18	1.12	3.30	66.01	33.99	100
	nivo-2	1.75	0.67	2.42	72.19	27.81	100
	nivo-3	3.24	1.70	4.94	65.54	34.46	100
	nivo-7	3.45	0.79	4.24	81.43	18.57	100
107 zdrava	nivo-1	1.53	0.59	2.11	72.24	27.76	100
	nivo-2	2.33	0.98	3.31	70.39	29.61	100
	nivo-3	2.79	0.86	3.64	76.49	23.51	100
	nivo-7	3.55	1.07	4.61	76.88	23.12	100



Slika 64: Primerjava deleža ranega in kasnega lesa po vertikali pri različno prizadetih jelkah v Glažuti. Na levem grafu so analizirane branike, nastale v primerljivih fizioloških pogojih ob strženu drevesa, na desnem grafu pa v istem letu.

Iz levega grafa (SLIKA 64) lahko razberemo, da delež kasnega lesa ob strženu upada akropetalno (od baze drevesa proti vrhu). Tendenco upadanja deleža kasnega lesa po višini je podobna tisti na Mašunu, le da zaradi izrazito dolgega čakalnega obdobja pri jelkah v Glažuti ne pride tako jasno do izraza.

Na desnem grafu (SLIKA 64) pa lahko vidimo vertikalno porazdelitev deleža kasnega lesa v isti braniki, nastali v istem letu na različnih nivojih odvzema vzorcev. Slika je v primerjavi z vzorci, odvzetimi ob strženu, bolj jasna. Na panju je približno razmerje med ranim in kasnim lesom 70:30 v korist ranega lesa, v krošnji pa približno 85:15 v korist ranega lesa. Na sliki posebej izstopa jelka št. 102.

Trditve, ki smo jih postavili na osnovi anatomskih meritev, smo želeli preveriti tudi z analizo variance. Preizkusili smo, ali lahko z objektivnimi matematično-statističnimi metodami potrdimo, da obstaja statistično značilna razlika med aritmetičnimi sredinami za delež kasnega lesa na različnih nivojih odvzema in za različne stopnje prizadetosti drevesa.

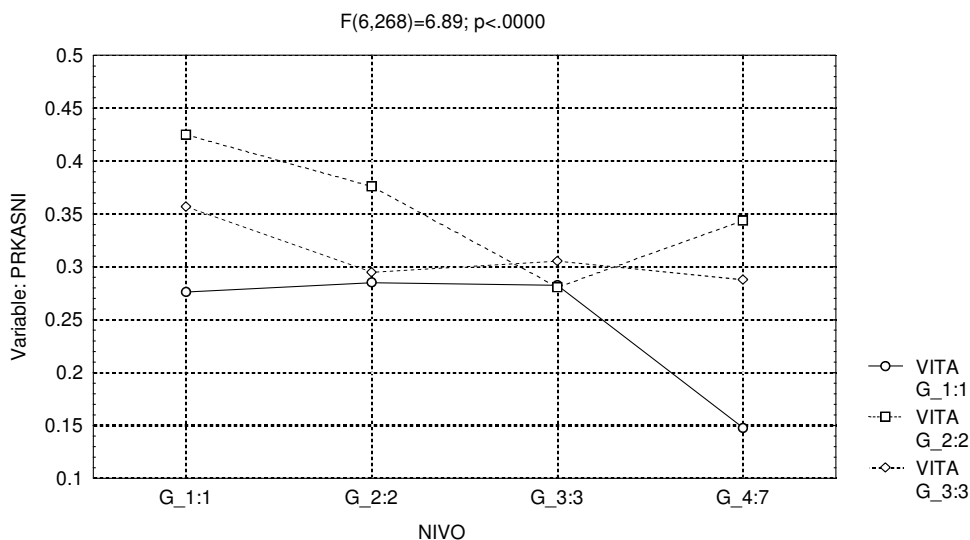
Rezultati so pokazali, da obstajajo statistično značilne razlike med deleži kasnega lesa po nivojih odvzema in med različno prizadetimi drevesi. V splošnem velja, da se z višino drevesa in s približevanjem krošnji delež kasnega lesa statistično značilno zmanjšuje.

Primerjava vertikalne porazdelitve kasnega lesa, nastalega v primerljivih pogojih rasti ob strženu, je pokazala, da so razlike med različnimi nivoji statistično značilne ($F=70,37^{***}$; $n_1=3$, $n_2=306$). Posteriorna analiza s testom LSD je s 95% zanesljivostjo pokazala, da se pojavi najbolj izrazita in statistično visoko značilna sprememba med panjem in više ležečimi nivoji (nivo 2, 3 in 7), medtem ko razlike med nivoji 2, 3, in 7 niso statistično značilne.

Primerjava deleža kasnega lesa v branikah, nastalih v istem letu, je pokazala, da delež kasnega lesa enakomerno in statistično značilno ($F=14.66^{***}$; $n_1=3$, $n_2=268$) upada od panja proti krošnji. S testom LSD smo s 95% zanesljivostjo dokazali, da so razlike med vsemi nivoji statistično značilne.

Pri preizkusu razlik med aritmetičnimi sredinami za deleže kasnega lesa med različno prizadetimi jelkami po nivojih odvzema se je pokazalo, da obstajajo statistično značilne razlike med deleži kasnega lesa pri različno prizadetih jelkah ($F=35,31^{***}$; $n_1=2$, $n_2=268$). S posteriorno analizo smo na osnovi testa LSD s 95% zanesljivostjo ugotovili, da so razlike med vsemi razredi poškodovanosti statistično značilne. Trend spreminjanja deleža kasnega lesa v odvisnosti od prizadetosti drevesa je zanimiv - s prizadetostjo drevesa se delež kasnega lesa povečuje.

Interakcija med **Rastnost drevesa X Nivo odvzema vzorca** na vzorcih, odvzetih v istem letu nastanka (pod skorjo), je statistično značilna ($F=6,89^{***}$; $n_1=6$, $n_2=268$), kar pomeni, da so razlike v deležih kasnega lesa med različno prizadetimi drevesi in nivoji, in da je delež kasnega lesa odvisen od prizadetosti drevesa ter višine (nivoja), kjer je vzorec odvzet (SLIKA 64).



Slika 65: Grafična ponazoritev interakcije **Rastnost drevesa X Nivo odvzema vzorca**.

Vidimo, da se delež kasnega lesa ne spreminja skladno po nivojih in da je iz slike težko razbrati splošno zakonitost (SLIKA 65), tendenca pa kaže, da se delež kasnega lesa pri zdravih drevesih z višino zmanjšuje. Podobno tendenco kažejo srednje prizadeta drevesa. Delež kasnega lesa pri prizadetih drevesih z višino ne upada tako kot pri manj prizadetih in zdravih

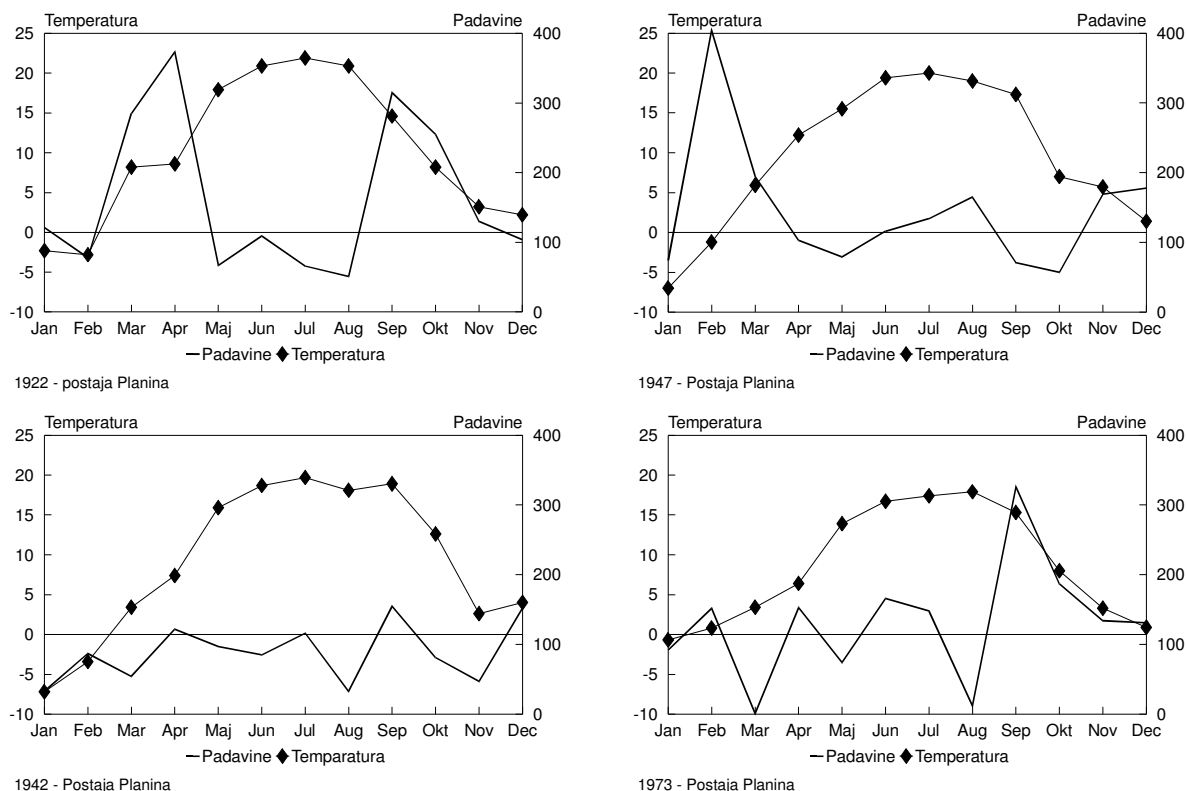
drevesih.

4.5.4 Delež ranega in kasnega lesa v lesu, ki je nastal v klimatsko neugodnem letu

Pri analizi deleža ranega in kasnega lesa v braniki nas je zanimalo kakšen je odziv jelk na ekstremne klimatske razmere v določenem letu, predvsem na suše. Ideja temelji na opažanjih, da je bil delež kasnega lesa ponekod manjši od pričakovanega, zato smo sklepali, da gre med odzivi za razlike v rastiščih. Delež ranega in kasnega lesa smo preučili na naslednjih vzorcih:

Drevo	Šifra vzorca	Obdobje, ki ga pokriva
Jelka 105	L5035-151	1939-1951
	L3215-152	1919-1935
Jelka 107	L20-173	1972-1975
	L29-172	1973-1975
Jelka 201	L6040-211	1934-1963
	L6040-212	1940-1958
Jelka 205	L3010-251	1908-1924

V nadaljevanju smo določili vsem vzorcem skupna značilna leta 1922, 1942, 1947 in 1973 in analiziral njihove klimatske posebnosti. Diagrami klime so predstavljeni na grafih, ki sledijo.



Slika 66: Diagrami klime za meteorološko postajo Planina za negativna značilna leta 1922, 1942, 1947 in 1973.

Iz grafov (SLIKA 66) razberemo, da je skupna značilnost negativnih značilnih let zelo majhna količina padavin v pozno spomladanskih in poletnih mesecih. Skupna značilnost negativnih značilnih letih v obdobju marec-avgust je malo padavin (pod 1000 mm) in za 2-3°C višje povprečne mesečne temperature. Naše ugotovitve za posamezna negativna značilna leta pa so naslednje:

V letu 1922 je bilo izrazito malo padavin poleti - samo 293 mm v obdobju maj-avgust, medtem ko so bili predvsem spomladanski meseci dobro oskrbljeni s padavinami - marec in april 658 mm padavin. Tudi september je bil zelo moker s 315 mm padavin. Povprečne mesečne temperature so bile v tem letu v primerjavi z drugimi negativnimi značilnimi leti najvišje. Letno povprečje je znašalo 16,4°C, kar je 3,3°C nad dolgoletnim povprečjem.

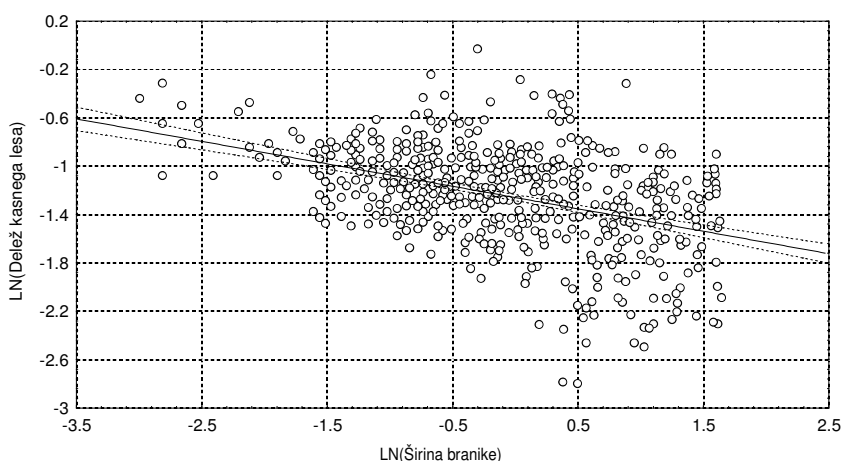
Leto 1942 je bilo značilno po majhni količini padavin v celem letu in po dokaj visokih povprečnih mesečnih temperaturah. V vegetacijski dobi je od marca do avgusta padlo samo 792 mm padavin, v celem letu pa 1745 mm. Letno povprečje je za 79 mm pod dolgoletnim povprečjem. Povprečna letna temperatura je bila za 0,6°C višja od dolgoletnega povprečja, povprečna temperatura v obdobju marec-avgust pa je znašala 13,8°C, kar je 0,7°C nad dolgoletnim povprečjem v tem obdobju. Značilnost tega leta je torej izjemno malo padavin in

zelo vroče poletje (povprečje za maj-avgust $18,1^{\circ}\text{C}$), ki je bilo za $1,5^{\circ}\text{C}$ toplejše od dolgoletnega povprečja za to obdobje.

Leto 1947 je bilo vsaj na začetku leta dobro oskrbljeno s padavinami, potem pa od aprila naprej ni bilo zadostne količine padavin. Povprečje padavin je bilo v obdobju marec-avgust samo za 130 mm višje od povprečja za enako obdobje v letu 1942 in za 264 mm manj od dolgoletnega povprečja. Povprečne mesečne temperature so podobne tistim v letu 1942. Letno povprečje je bilo rahlo višje od leta 1942 - za $0,4^{\circ}\text{C}$ in višje od dolgoletnega za $0,7^{\circ}\text{C}$. Povprečne temperature v obdobju marec-avgust pa so kar za $2,2^{\circ}\text{C}$ presegale dolgoletno povprečje za to obdobje.

Leto 1973 je bilo v začetku precej suho in to obdobje je trajalo do septembra. V obdobju marec - avgust je padlo samo 880 mm padavin, kar je za 176 mm manj od dolgoletnega povprečja za isto obdobje. Temperature so bile v tem letu podpovprečne. Letno povprečje je bilo za $0,3^{\circ}\text{C}$ nižje od dolgoletnega povprečja. Tudi povprečne mesečne temperature v obdobju marec-avgust niso presegle dolgoletnega povprečja in so znašale $12,6^{\circ}\text{C}$, kar je za $0,4^{\circ}\text{C}$ manj. V primerjavi s prej opisanimi značilnimi leti je bilo leto 1973 suho in relativno hladno.

V naslednjem koraku smo s pomočjo transformirane linearne regresije določili odvisnost med deležem ranega lesa v braniki in širino branike, tako smo lahko za vsako braniko ugotovili, ali je delež kasnega lesa večji ali manjši od pričakovanega. Ugotovili smo, da je delež kasnega lesa v negativni korelacijski povezavi z širino branike. Vrednost korelacijskega koeficienta znaša $R=0,66^{***}$ ($n=726$) - SLIKA 67. Pri izračunih smo uporabili alometrijsko funkcijo tipa $y=ax^b$. V praksi takšen odnos pomeni, da je delež kasnega lesa v ozkih branikah večji kot v širokih.



Slika 67: Odvisnost deleža kasnega lesa od širine branike. Spremenljivke smo pred analizo logaritemsko transformirali, da smo dosegli normalno porazdelitev podatkov.

Preglednica 38: Primerjava razmerja med ranim in kasnim lesom na raziskovalnih objektih Glažuta in Mašun v negativnih značilnih letih.

Leto	Glažuta			Mašun		
	Razmerje rani les:kasni les	Delež nad/pod pričakovanim	Dej. šir. branike	Razmerje rani les:kasni les	Delež nad/pod pričakovanim	Dej. šir. branike
1922	56:44	↑	0,60 mm	78:22	↓	0,74 mm
1942	67:33	↑	0,64 mm	71:29	↓	0,42 mm
1947	57:43	↑	0,75 mm	63:37	↓	0,19 mm

V koloni *Delež nad/pod pričakovanim* (PREGLEDNICA 38) je prikazana puščica, ki kaže navzgor. oz. navzdol. Smer puščice je ocenjena na osnovi linearne regresije med logaritmiranimi vrednostmi za transformiran delež kasnega lesa in širino branike (SLIKA 67). Če je bil dejansko izmerjeni delež kasnega večji od regresijske ocene, smo puščico obrnili navzgor, sicer pa navzdol.

Preglednica 38 kaže, da je delež kasnega lesa v Glažuti v negativnih značilnih letih vedno znatno nad pričakovano vrednostjo za dano širino branike, kar razlagamo s tem, da jelke prej pričnejo s tvorbo kasnega lesa kot v klimatsko ugodnem letu. Jelke na Mašunu imajo v primerjavi z jelkami v Glažuti v negativnih značilnih letih delež kasnega lesa vedno manjši od pričakovanega. Nekoliko večji delež, čeprav še vedno pod pričakovano vrednostjo, je le v letu 1947, ko je bila branika izjemno ozka. Možna razlaga za ta pojav je v posebnosti analiziranega rastišča na Mašunu.

4.5.5 Razprava

4.5.5.1 Spreminjanje deleža ranega in kasnega lesa v odvisnosti od rasti drevesa

V naši raziskavi se delež kasnega lesa s stopnjo prizadetosti jelke zvišuje. Primerjava z različnimi tujimi avtorji je zanimiva, ker si rezultati raziskav dostikrat nasprotujejo. Nekateri ugotavljajo, da se delež kasnega lesa pri jelki z večanjem stopnje poškodovanosti povečuje (Eckstein, Greve in Frühwald 1981), drugi pa ugotavljajo, da se zmanjšuje (Bosshard, Kučera, Stoll in Mochfeg 1986). Pri smreki, ki je bila dalj časa izpostavljena atmosferi, bogati

z žveplovim dioksidom ugotavljajo, da delež kasnega lesa v braniki močno upade (*Eckstein, Scholz in Klein 1995*). Očitno je torej, da se različne drevesne vrste na polucijski stres odzivajo različno in skladno z genotipom in trenutnim zdravstvenim stanjem. Naše ugotovitve se torej skladajo z opazovanji Ecksteina na jelki, z raziskavami Ecksteina in Bossharda na smreki pa ne.

4.5.5.2 Delež ranega in kasnega lesa v lesu, ki je nastal v klimatsko neugodnem letu

V analizi deleža ranega in kasnega lesa v klimatsko neugodnih letih smo ugotovili, da je delež kasnega lesa v Glažuti v negativnih značilnih letih vedno znatno nad pričakovano vrednostjo za dano širino branike, kar razlagamo s tem, da jelke prej pričnejo s tvorbo kasnega lesa kot v klimatsko ugodnem letu. Ko nastopi suša, se zmanjša količina dostopne vode v tleh in v drevesu začne nastajati kasni les.

Jelke na Mašunu imajo v negativnih značilnih letih delež kasnega lesa vedno manjši od pričakovanega. Nekoliko večji delež, čeprav še vedno pod pričakovano vrednostjo, je le v letu 1947, ko je bila branika izjemno ozka.

Širina kasnega lesa s širino branike načeloma narašča, delež pa pada, pri čemer je variabilnost kasnega lesa v območju zelo ozkih branik največja. To potrjuje realizacija letnega prirastka v prsni višini v ekstremno sušnih letih 1922, 1942 in 1947 na Mašunu in v Glažuti - primerjaj s podatki Yillena za rdeči bor (povzeto iz *Trendelenburg in Mayer-Wegelin 1955, str. 419*).

Domnevamo, da do teh razlik med rastišči pride zaradi razlik v proizvodni sposobnosti rastišča, različno gostega sklepa krošenj in dodatnega vpliva sušnega leta. V Glažuti je rastišče nekoliko slabše in sklep krošenj je dokaj gost, na Mašunu pa poleg dolgih krošenj, boljšega rastišča in nekoliko redkejšega sklepa vpliva tudi mrazišče, zato si dve enako široki braniki na Mašunu in v Glažuti strukturno nista enaki. Na Mašunu jelke kasneje odženejo, vegetacijska doba je krajša. V primeru suše pride do nenadne prekinitve rasti in to ravno v obdobju, ko začenja nastajati kasni les. Na Glažuti pa se rast začne prej in ko nastopi suša, je branika že skoraj kompletna.

Naše ugotovitve lahko samo posredno primerjamo z ugotovitvami drugih avtorjev, ker rezultatov podobnih raziskav nismo zasledili. Raziskave kažejo, da je povečan delež kasnega lesa v braniki dober indikator klimatskih razmer, predvsem suše v določenem letu. V sušnih

letih je delež kasnega lesa v braniki večji kot v povprečnem letu (*Schweingruber, Kontic in Winkler-Seifert 1983; Sander, Eckstein, Kyncl in Dobry 1995*). To se sklada z našimi ugotovitvami v Glažuti

Delež dostopne vode v tleh vpliva na delež kasnega lesa v braniki, na čas začetka formiranja kasnega lesa, na dolžino obdobja, ko se formira kasni les in na dolžino prehoda med ranim in kasnim lesom (*Kozłowski 1971*). Na raziskovalnem objektu Mašun smo ugotovili, da imajo branike, ki so nastale v sušnih letih, manj kasnega lesa, kot bi ga za tako ozko braniko pričakovali. Menimo, da je zaradi delno mraziščnega značaja analiziranega rastišča vegetacijska doba krajša. V sušnem letu je vegetacijska doba še krajša, zato se formira tudi manj kasnega lesa. Našo domnevo lahko podpremo z nekaterimi primeri iz literature. Raziskave kažejo, da je delež kasnega lesa v braniki tesno povezan s količino padavin v vegetacijski dobi (*Kennedy 1961*). Branika z največjim deležem kasnega lesa je tako nastala v nadpovprečno mokrih poletjih, ko je bila vegetacijska doba daljša in so drevesa imela dovolj časa za formiranje širokega kasnega lesa. Pri *Pinus taeda* je v izrazito mokrih letih delež kasnega lesa v branikah izrazito velik (*Smith in Wilsie 1961*).

5 ZAKLJUČKI

- Za območje dinarske fitogeografske regije bilo izdelanih deset lokalnih jelovih kronologij.
- Skladnost med lokalnimi kronologijami različno prizadetih testnih dreves in znotraj ploskev je velika. Razlike med kronologijami med testnimi ploskvami lahko pripišemo lokalnim klimatskim in sestojnim prilikam.
- Sedem lokalnih jelovih kronologij je bilo združenih v regionalno jelovo kronologijo za dinarsko fitogeografsko regijo, ki je uporabna za dendrokronološko datiranje zgodovinskih objektov.
- Slovenska dinarska jelova kronologija je sicer vizualno dokaj podobna južnonemški in bavarski, vendar podobnost ni tolikšna, da bi ju lahko uporabili za datiranje objektov v Sloveniji.
- Prizadetost ne zmanjša primerljivosti lokalnih kronologij.
- Vse lokalne kronologije ne glede na lokacijo in prizadetost testnih dreves izkazujejo padec prirastka med letom 1961 in 1976 in ponovni porast po letu 1976.
- Za to obdobje je značilna visoka mortaliteta, ki jo v veliki meri pripišemo klimatskim ekstremom, zlasti ponavljajočim se sušam, očitno pa gre za sindrom več znanih in neznanih dejavnikov. S stresno, niti z nobeno drugo hipotezo pa ni mogoče pojasniti splošnega in nenadnega pojava umiranja v širšem evropskem prostoru.
- Jelke, ki so preživele krizno obdobje, je mogoče razvrstiti v tri skupine: **(a)** debelinski prirastek neprizadetih jelk je primerljiv s prirastkom pred obdobjem depresije in se normalno odzivajo na spremembe rastnih dejavnikov, **(b)** debelinski prirastek prizadetih jelk se je zmanjšal v primerjavi z obdobjem pred depresijo, vendar se drevje še vedno odziva na spremembe rastnih dejavnikov, **(c)** debelinski prirastek močno prizadetih jelk še naprej peša.
- Odzivne krivulje jasno kažejo, da jelki v celotnem preučenem območju ustrezajo mile in s padavinami bogate zime ter nekoliko hladnejša poletja z večjo količino padavin v juniju in juliju. Hladne pomladi zavirajo kambijevo aktivnost in zmanjšujejo debelinski prirastek. Zaradi dobre oskrbljenosti s padavinami padavinski režim ne predstavlja omejujočega dejavnika.

- Na Javorniku smo uspeli s klimo pojasniti 56% variabilnosti širine branike, na Glažuti pa le 29%, zato trdimo, da metoda kljub kompleksnosti v naših klimatskih in orografskih prilikah ne daje vedno zadovoljivih rezultatov.
- Dendrokronološka analiza za obdobje 1895 do 1995 izkazuje 20 značilnih let: 11 negativnih in 9 pozitivnih. Dve negativni značilni leti, 1942 in 1976, sta prisotni povsod v Evropi. V obdobju 1959 - 1962 je bil identificiran tudi značilni interval, ki se pojavlja na štirih od šestih preučevanih lokacij.
- Odziv na klimatsko ugodno leto je na slabem rastišču nejasen ali celo nekonsistenten, medtem ko je na boljših rastiščih odziv na pozitivna značilna leta vselej pozitiven. V klimatsko zelo neugodnih letih (npr. leto 1942, 1967 in 1976) so jelke ne glede na rastišče in prizadetost enotno reagirale z zmanjšanjem prirastka.
- Karakteristično je, da je na dobrih rastiščih ne glede na prizadetost število pozitivnih in negativnih značilnih let manjše kot na ekstremnih.
- Na intenzivno sečnjo so se vsa drevesa ne glede na rastišče in prizadetost odzvala z zmanjšanjem prirastka, pri čemer manj vitalna začno hirati, bolj vitalna pa si po začetni prirastni depresiji počasi opomorejo.
- Enako močan poseg v higratermično neugodnem letu povzroči večji stres in večjo prirastno depresijo, večjo mortaliteto in daljšo rehabilitacijo.
- Neugodna konstelacija zaporedja več suš in premočnega poseganja v gozd lahko povzroči uničenje sestoja.
- Z zniževanjem lesne zaloge se zmanjšuje tudi prirastek.
- Pri močno prizadetih jelkah se na bazi drevesa pojavi močna depresija, ki ji sledi izpad prirastka, z nadaljnjim propadanjem se depresija in izpad branik širita akropetalno.
- Jelka se izjemno senzitivno odziva na poslabšanje rastnih razmer, v stresnih razmerah se pojavljajo nesklenjene branike ali pa pride celo do popolnega izpada prirastne plasti. Pojav izpadlih branik je močno povezan s stanjem drevesa in je indikator njegovega propadanja.
- Izpad branik se začne na bazi drevesa in s prizadetostjo akropetalno napreduje. S pomočjo lokalnih in regionalnih kronologij lahko zanesljivo predvidimo in datiramo izpadle branike.

- Največje ugotovljeno število izpadlih branik pri propadajoči jelki na bazi drevesa je bilo 11.
- Ritmika odziva juvenilnega in adultnega lesa je primerljiva.
- Pojav epikormskih vej poveča prirastek in zmanjša delež kasnega lesa na bazi drevesa.
- Širina kasnega lesa s širino branike načeloma narašča, delež pa pada, pri čemer je variabilnost kasnega lesa v območju ekstremno ozkih branik največja.

6 VIRI

- 1 Abetz, P., 1985. Ein Vorschlag zur Durchführung von Wachstumanalysen im Rahmen der Ursachenforschung von Waldschäden in Südwestdeutschland. Allgemeine Forst und Jagd Zeitung, **156**, s. 177-187.
- 2 Badeau, V./ Becker, M./ Bert, D./ Dupuey, J.-L./ Lebourgeois, F. / Picard, J.-F. -, 1996. Long-Term Growth Trends of Trees: Ten Years of Dendrochronological Studies in France. V: *Growth Trends in European Forests (Studies from 12 Countries)*. Spiecker, H. / Mieliäinen, K. / Köhl, M. / Skovsgaard, J. P. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, s. 167-181.
- 3 Baillie, M. G. L. / Pilcher, J. R., 1973. A simple cross-dating programme for tree-ring research. Tree-Ring Bulletin, **33**, s. 7-14.
- 4 Barbu, I., 1995. Tannensterben in Rumänien. V: *Ecology and Silviculture of European Silver Fir, IUFRO WP S1.01 - 08*, Altensteig, Germany, s. 227-238.
- 5 Bauch, J., 1975. Dendrologie der Nadelbäume und übrigen Gymnospermen. Berlin, New York, Walter de Gruyter, 188 s.
- 6 Bauch, J., 1986. Characteristics and response of wood in declining trees from forests affected by pollution. IAWA Bulletin, **7**, 4, s. 269-276.
- 7 Becker, B. / Giertz-Siebenlist, V., 1970. Eine über 1100 jährige mitteleuropäische Tannenchronologie. Flora, **159**, s. 310-346.
- 8 Blasing, T. J./ Duvick, D. N. / Cook, E. R., 1983. Filtering the effects of competition from ring-width series. Tree-Ring Bulletin, **43**, s. 19-30.
- 9 Bormann, F. H., 1965. Changes in growth pattern of white pine trees undergoing suppression. Ecology, **46**, s. 269-277.
- 10 Bosch, C./ Pfannkuch, E./ Baum, U. / Rehfuess, K. E., 1983. Über die Erkrankung der Fichte (*Picea abies* Karst.) in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. Forstwissenschaftliches Centralblatt, **102**, s. 167-181.
- 11 Bosshard, H. H./ Kučera, L./ Stoll, A. / Mochfeg, K., 1986. Holzkundliche und holztechnologische Untersuchungen an geschädigten Fichten und Tannen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, **137**, s. 463-478.

- 12 Bosshard, W., 1986. Kronenbilder. Birmensdorf, Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 72 s.
- 13 Box, G. E. P. / Jenkins, G. M., 1970. Time series analysis: Forecasting and control. San Francisco, Holden Day
- 14 Briffa, K. R. / Jones, P. D. / Wigley, T. M. L. / Pilcher, J. R. / Baillie, M. G. L., 1983. Climate reconstruction from Tree Rings: Part 1, Basic Methodology and Preliminary Results for England. *Journal for Climatology*, **3**, s. 233-242.
- 15 Buishard, T. A., 1982. Some methods for testing homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, **58**, s. 11-27.
- 16 Cedilnik, A., 1991. Aproksimacija rastnih funkcij s kubičnimi zlepkami. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, **37**, s. 117-123.
- 17 Cook, E. R., 1985. Time series analysis approach to tree ring standardization. Doktorska disertacija, Tucson, University of Arizona, Laboratory of Tree-Ring Research, 171 s.
- 18 Cook, E. R. / Briffa, K. / Shiyatov, S. / Mazepa, V., 1989. Tree-Ring Standardization and Growth Trend Estimation. V: *Methods of dendrochronology (applications in the environmental sciences)*. E.R. Cook / Kairiukstis, L. A. Dordrecht, Boston, London, Kluwer academic publishers, s. 104-162.
- 19 Cook, E. R. / Briffa, K. R., 1989. A comparison of some tree-ring standardization methods. V: *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*. E.R. Cook / Kairiukstis, L. A. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers, s. 153-162.
- 20 Cook, E. R. / Kairiukstis, L. A., 1989. Methods of dendrochronology (applications in the environmental sciences). Dordrecht, Boston, London, Kluwer academic publishers, 394 s.
- 21 Cook, E. R. / Peters, K., 1981. The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bulletin*, **41**, s. 45-54.
- 22 Čufar, K., 1990. Električna upornost tkiv, prirastne značilnosti in odziv na poškodbe pri zdravih in obolelih jelkah. Doktorska disertacija, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za lesarstvo, 167 s.
- 23 Čufar, K. / Levanič, T. / Torelli, N., 1995. Growth characteristics of silver fir from three test plots in Slovenia. V: *Ecology and Silviculture of European Silver Fir, IUFRO WP S1.01 - 08*, Altensteig, Germany, s. 331-335.

-
- 24 Čufar, K./ Robič, D./ Torelli, N. / Kermavnar, A., 1994. Blütenbildung unterschiedlich geschädigter Weißtannen (*Abies alba* Mill.) in Slowenien. Forst und Holz, **49**, s. 34-36.
 - 25 Čufar, K./ Robič, D./ Torelli, N. / Kermavnar, A., 1995. Phenology, occurrence of epicormic branches and reproductive growth in air-polluted silver firs. Acta Pharmaceutica, **45**, s. 379-381.
 - 26 Čufar, K./ Robič, D./ Torelli, N. / Kermavnar, A., 1996. Die Phänologie von unterschiedlich geschädigten Weisstannen (*Abies alba* Mill.) in Slowenien. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, **147**, 2, s. 99-108.
 - 27 Dengler, A., 1990. Waldbau auf ökologischer Grundlage. Hamburg, Berlin, Paul Parey Verlag, 314 s.
 - 28 Druškovič, B., 1986. Vpliv onesnaževalcev na genetski material pri rastlinah in možnost citogenetske bioindikacije. V: *Gozd in gozdarstvo FOREN 1986*, Ljubljana, SIS za gozdarstvo SR Slovenije, s. 224-228.
 - 29 Eckstein, D. / Bauch, J., 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. Forstwissenschaftliches Centralblatt, **88**, 4, s. 230-250.
 - 30 Eckstein, D./ Greve, U. / Frühwald, A., 1981. Anatomische und mechanisch-technologische Untersuchungen am Holz in einer SO₂ geschädigten Fichte und Tanne. Holz als Roh- und Werkstoff, **39**, s. 477-487.
 - 31 Eckstein, D. / Sass, U., 1988. Dendroecological assessment of decline and recovery of fir and spruce in Bavaria forest. V: *Air pollution and forest decline. Proceedings of 14th Meeting for Specialists in Air Pollution - Effects on Forest Ecosystems, IUFRO, P 2.05, Oct. 2-8, 1988, Interlaken, Switzerland*. Bucher, J. B. / Bucher, W. I. Birmensdorf, s. 255-260.
 - 32 Eckstein, D./ Scholz, F. / Klein, H., 1995. Wood anatomical studies on cloned spruce trees fumigated with sulphur dioxide. IAWA Journal, **16**, 3, s. 299-309.
 - 33 Efron, B., 1976. Bootstrap methods; another look at the jackknife. The Annals of Statistics, **7**, s. 1-26.
 - 34 Elling, W., 1993. Immisionen im Ursachenkomplex von Tannenschädigung und Tannesterben. Allgemeine Forstzeitschrift, 2, s. 87-95.
 - 35 Enescu, V., 1995. Silver fir gene conservation in Romania - its management and monitoring. V: *Ecology and Silviculture of European Silver Fir, IUFRO WP S1.01 - 08, Altensteig, Germany*, s. 239-249.

- 36 Ferlin, F., 1991. Some characteristics of dieback phenomena of Norway spruce and its growth response to the air pollution stress. *Research Reports Forestry and Wood Technology*, **37**, s. 125-156.
- 37 Fink, S. / Braun, H. J., 1978. Zur epidemischen Erkrankungen der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). *Allgemeine Forst und Jagd Zeitung*, **149**, s. 145-150; 184-195.
- 38 Fritts, H. C., 1965. Radial Growth of beech and soil moisture in a Central Ohio Forest during the growing season of 1952. *Ohio Journal of Science*, **56**, s. 17-28.
- 39 Fritts, H. C., 1976. *Tree rings and climate*. London, New York, San Francisco, Academic Press, 567 s.
- 40 Fritts, H. C./ Blasing, T. J./ Hayden, B. P. / Kutzbach, J. E., 1971. Multivariate techniques for specifying tree growth and climate relationships and for reconstructing anomalies in paleoclimate. *Journal of Applied Meteorology*, **10**, 5, s. 845-864.
- 41 Fritts, H. C. / Dean, J. S., 1992. Dendrochronological modelling of the effects of climatic change on tree-ring width chronologies from the Chaco Canyon area, Southwestern United States. *Tree-Ring Bulletin*, **52**, s. 31-58.
- 42 Fritts, H. C./ Mosimann, J. E. / Bortorff, C. P., 1969. A revised computer program for standardizing tree-ring series. *Tree-Ring Bulletin*, **29**, 1-2, s. 15-20.
- 43 Gerecke, K. L., 1990. "Tannensterben" und "neuartige Waldschaden" - ein Beitrag aus der Sicht der Waldwachstumkunde. *Allgemeine Forst und Jagd Zeitung*, **161**, s. 81-96.
- 44 Gordon, G. A./ Gray, B. M. / Pilcher, J. R., Eds., 1982. Verification of dendroclimatic reconstructions. V: *Climate from the Tree-Rings*. Cambridge, Cambridge Press, 58-62 s.
- 45 Guiot, J., 1991. The Bootstrapped Response Function. *Tree-Ring Bulletin*, **51**, s. 39-41.
- 46 Hartung, J. / Elpelt, B., 1984. *Multivariate Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. München, Oldenburg Verlag, 524 s.
- 47 Holdenrieder, O., 1986. Beobachtungen zum Vorkommen von *Armillaria obscura* und *Armillaria cepistipes* an Tanne in Südbayern. *European Journal of Forest Pathology*, **16**, s. 375-379.
- 48 Holmes, R. L., 1994. *Dendrochronology program library. Users manual*, Tucson, University of Arizona, Laboratory of Tree-Ring Research, 55 s.

- 49 Holmes, R. L./ Adams, R. K. / Fritts, H. C., 1986. Tree-ring chronologies of Western North America, California, Eastern Oregon and Northern Great Basin. Tucson, University of Arizona
- 50 Hsiao, C., 1993. Analysis of panel data. Cambridge, Cambridge university press, 246 s.
- 51 Huber, B., 1943. Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung. Holz als Roh- und Werkstoff, **6**, s. 263 - 268.
- 52 Huges, M. K./ Kelly, P. M./ Pilcher, J. R. / LaMarche, V. C., 1982. Climate from tree rings. Cambridge, London, New York, Cambridge University Press, 223 s.
- 53 Kandler, O., 1983. Waldsterben: Emmisions- oder Epidemie-Hypothese. Naturwissenschaftliches Rundschau, **36**, s. 488-490.
- 54 Kennedy, R. W., 1961. Variation and periodicity of summerwood in some second-growth Douglas-fir. TAPPI, **44**, s. 161-166.
- 55 Kermavnar, A., 1992. Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Ravnik (1991-2000). Ljubljana, Sektor za urejanje gozdov pri GG Ljubljana,
- 56 Kindler, V., 1957. Zgodovina snežniških gozdov. V: *Prebiralni gozdovi na Snežniku - vegetacijska in gospodarska monografija*. Ljubljana, IGLG Slovenije. **4**, s. 81-84.
- 57 Knigge, W. / Koltzenburg, C., 1964. Bestimmung der Frühholz-Spätholzgrenze bei Nadelholz. Holz als Roh- und Werkstoff, **7**, s. 249-254.
- 58 Kočar, T., 1989. Zgodovina gospodarjenja z gozdovi. Gozdarski Vestnik, **47**, s. 319-326.
- 59 Kočar, T., 1990. Nekaj o zgodovini samostana Bistra ter pregled gospodarjenja z gozdovi tega predela v obdobju od prve svetovne vojne do danes. Gozdarski Vestnik, **48**, s. 43-51.
- 60 Kordiš, F., 1993. Dinarski jelovo bukovi gozdovi v Sloveniji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 139 s.
- 61 Kotar, M., 1978. Debela jelka s Turna. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, 41 s.
- 62 Kotar, M., 1994. Urwald Pečka, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, s. 6.

-
- 63 Kotar, M., 1996. Volume and Height Growth of Fully Stocked Mature Beech Stands in Slovenia During the Past Three Decades. V: *Growth Trends in European Forests (Studies from 12 Countries)*. Spiecker, H. / Mieliäinen, K. / Köhl, M. / Skovsgaard, J. P. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, s. 291-328.
- 64 Kotar, M./ Puhek, V. / Godler, L., 1995. Ekološke zahteve, rastne značilnosti in gojitvene lastnosti drevesnih vrst iz rodu *Sorbus* ter češnje in navadnega oreha. V: *Prezrte drevesne vrste, 17. gozdarski študijski dnevi*, Dolenjske Toplice (9 - 10. 11.1995), Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, s. 269-293.
- 65 Kozłowski, T. T., 1971. Growth and Development of Trees - Cambial growth, Root growth and Reproductive growth. New York, London, Academic Press, 514 s.
- 66 Kozłowski, T. T./ Winget, C. H. / Torrie, J. H., 1962. Daily radial growth in oak in relation to maximum temperature. *Botanical Gazette*, **124**, s. 9-17.
- 67 Kramer, H., 1988. Waldwachstumslehre. Hamburg, Berlin, Paul Parey Verlag, 374 s.
- 68 Larson, P. R., 1963. Stem form and silviculture. *Proceeding of Society of American Forest*, s. 103-107.
- 69 Larson, P. R., 1963. Stem form development in forest trees. *Forest Science Monography*, s. 181-193.
- 70 Larson, P. R., 1969. Wood formation and the concept of wood quality. *Yale School Forest Bulletin*, **74**.
- 71 Levanič, T., 1990. Ocena zgradbe in stanja slovenskih gozdov na podlagi popisa propadanja gozdov v letu 1987. Diplomaska naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 94 s.
- 72 Levanič, T. / Čufar, K., 1995. Three local silver fir (*Abies alba* Mill.) chronologies from the Dinaric phytogeographic region of Slovenia. *Dendrochronologia*, **13**, s. 113-120.
- 73 Liese, W./ Schneider, M. / Eckstein, D., 1975. Histometrische Untersuchungen am Holz einer rauchgeschädigten Fichte. *European Journal of Forest Pathology*, **5**, s. 152-161.
- 74 Logar, J., 1994. Vertikalna porazdelitev električne upornosti kot funkcija debeline kambijeve cone in žive skorje pri zdravi in prizadeti jelki. Diplomaska naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za gozdarstvo, 98 s.
- 75 Matyssek, R./ Cermak, J. / Kučera, J., 1991. Ursacheneingrenzungen eines lokalen

Buchensterbens mit einer Messmethode der Kronentranspiration. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, **142**, s. 809-828.

- 76 Melik, A., 1959. Posavska Slovenija. Ljubljana, Slovenska matica, 595 s.
- 77 Mlinšek, D., 1964. Sušenje jelke v Sloveniji - prvi izsledki. Gozdarski Vestnik, **22**, s. 145 -158.
- 78 Mlinšek, D., 1989. Pra-gozd v naši krajini. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 157 s.
- 79 Mork, E., 1928. Die Qualität des Fichtenholzes unter besonderer Rücksichtnahme auf Schleif- und Papierholz. Papier Fabrikant, **48**, 26, s. 741-747.
- 80 Mosteller, F. / Tukey, J. W., 1977. Data analysis and regression. Massachussets, USA, Addison-Wesley Reading, 437 s.
- 81 Neger, F. W., 1988. Das Tannensterben in den sächsischen und anderen deutschen Mittelgebirgen. Tharandt Forstliches Jahrbichte, **58**, s. 201-225.
- 82 Oven, P. / Torelli, N., 1994. Wound response of the bark in healthy and declining silver firs (*Abies alba*). IAWA Journal, **15**, 4, s. 407-415.
- 83 Pividori, M., 1991. Analisi degli incrementi e delle chiome in alcune stazioni di abete bianco (*Abies alba* Mill.) del piano montano in Piemonte (Italia). Dendrochronologia, **9**, s. 143-163.
- 84 Prelc, F./ Veselič / Jež, P., 1993. Rast jelke (*Abies alba* Mill.) se izboljšuje. Gozdarski Vestnik, **51**, 7-8, s. 314-331.
- 85 Pretzsch, H., 1996. Growth Trends of Forests in Southern Germany. V: *Growth Trends in European Forests (Studies from 12 Countries)*. Spiecker, H. / Mieliäinen, K. / Köhl, M. / Skovsgaard, J. P. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, s. 107-131.
- 86 Rinn, F., 1989. TSAP - Time Series Analysis Programme, Version 2.3. Reference Manual. Heidelberg, Frank Rinn Distribution, 187 s.
- 87 Robič, D. / Bončina, A., 1990. Sestava in struktura naravnega mladovja bukve in jelke v dinarskem jelovem bukovju ob izključitvi vpliva rastlinojede parkljaste divjadi. Zbornik gozdarstva in lesarstva, **36**, s. 69-78.
- 88 Rolland, C., 1993. Tree-Ring and climate relationship for *Abies alba* in the internal Alps. Tree Ring Bulletin, **53**, s. 1-11.

- 89 Rubner, K., 1960. Grundlagen des Waldbaues. Radebeuel, Berlin, Neumann Verlag, 620 s.
- 90 Sander, C./ Eckstein, D./ Kyncl, J. / Dobry, J., 1995. The growth of spruce (*Picea abies* (L) Karst) in the Krkonoše Mountains as indicated by ring width and wood density. *Annales des Sciences Forestieres*, **52**, s. 401-410.
- 91 Sander, C. / Levanič, T., 1996. Comparison of t-values calculated in different dendrochronological programmes. *Dendrochronologia* (In Print).
- 92 Schichler, B., 1996. Dendroökologische Untersuchungen an Tanne (*Abies alba* Mill.) in den Dinarsichen Bergen in Slowenien unter Einsatz verschiedener Standardisierungsverfahren. diplomska naloga, Hamburg, Universität Hamburg, Institut für Holzbiologie, 54 s.
- 93 Schlittgen, R. / Streitberg, B. H. J., 1987. Zeitreihenanalyse. München, Oldenburg Verlag, 505 s.
- 94 Schneider, O. / Hartmann, P., 1996. Growth Trends of Trees. Regional study on Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) in the Swiss Jura. V: *Growth Trends in European Forests (Studies from 12 Countries)*. Spiecker, H. / Mieliäinen, K. / Köhl, M. / Skovsgaard, J. P. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, s. 184-217.
- 95 Schüt, P., 1988. Der Wald stirbt in Stress. Frankfurt am Main, Berlin, Ulstein Sachbuch, 260 s.
- 96 Schweingruber, F. H., 1986. Abrupt growth changes in conifers. *IAWA Bulletin*, **7**, s. 277-283.
- 97 Schweingruber, F. H., 1989. Tree rings: basics and applications of dendrochronology. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publisher, 276 s.
- 98 Schweingruber, F. H./ Albrecht, H./ Beck, M./ Hessel, J./ Joos, K./ Keller, D./ Kontic, R./ Lange, K./ Niederer, M./ Nippel, C./ Spang, S./ Spinnler, A./ Steiner, B. / Winkler-Seifert, A., 1986. Abrupte Zuwachsschwankungen in Jahrringabfolgen als ökologische Indikatoren. *Dendrochronologia*, **4**, s. 125-183.
- 99 Schweingruber, F. H./ Briffa, K. R. / Jones, P. D., 1991. Yearly maps of summer temperatures in Western Europe from A.D. 1750 to 1975 and Western North America from 1600 to 1982: results of a radiodensitometrical study on tree rings. *Vegetatio*, **92**, 1, s. 5-71.
- 100 Schweingruber, F. H./ Eckstein, D./ Serre-Bachet, F. / Bräker, O. U., 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia*, **8**, s. 9-38.

- 101 Schweingruber, F. H./ Fritts, H. C./ Braker, O. U./ Drew, L. G. / Schar, E., 1978. The X-ray technique as applied to dendrochronology. *Tree Ring Bulletin*, **38**, s. 61-91.
- 102 Schweingruber, F. H./ Kontic, R. / Winkler-Seifert, A., 1983. Eine Jahrringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz. Zürich, Berichte Eidgenössisches Anstalt für das forstliche Versuchswesen, št.: 253,
- 103 Searcy, J. K. / Hardison, C. H., 1960. Double-mass curves. V: *Manual of hydrology: Part 1. General Surface Water Techniques*. Washington, D.C., US Geol. Survey, Water Supply Pap. **1541-B**, s. 31-59.
- 104 Sgerm, F., 1971. Debela jelka iz Trnovskega gozda. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, 69 s.
- 105 Smith, D. M. / Wilsie, M. C., 1961. Some anatomical responses of loblolly pine to soil-water deficiencies. *TAPPI*, **44**, s. 179-185.
- 106 Spiecker, H./ Mieliäinen, K./ Köhl, M. / Skovsgaard, J. P., Eds., 1996. Growth Trends in European Forests (Studies from 12 Countries). Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag, 372 s.
- 107 Šercelj, A., 1962. O kvartni vegetaciji na Slovenskem. *Geologija - razprave in poročila*, **7**, s. 25-34.
- 108 Šolar, M., 1986. Air pollution and forest decline in Slovenia. V: *18th IUFRO World Congress (conference proceedings)*, Ljubljana, Slovenija, IUFRO - Div. 2, s. 375 - 387.
- 109 Torelli, N., 1995. Reaction of beech and silver fir to mechanical wounding in view of CODIT model concept. *Acta Pharmaceutica*, **45**, 2, suppl. 1, s. 209-212.
- 110 Torelli, N. / Čufar, K., 1995. Investigations of the response of the silver fir to air-pollution and mechanical injuries in Slovenia. V: *Ecology and Silviculture of European Silver Fir, IUFRO WP SI.01 - 08*, Altensteig, Germany, s. 316-326.
- 111 Torelli, N./ Čufar, K. / Oven, P., 1995. Bioelectrical characterization of tree conditions and slime cells as possible symptoms of Silver fir decline. V: *Bioindication of Forest Site Pollution: Development of Methodology and Training*, Ljubljana, Slovenian Forestry Institute, Biotechnical Faculty, Agronomy Department, s. 39-44.
- 112 Torelli, N./ Čufar, K. / Robič, D., 1986. Some xylotomical, physiological and silvicultural aspects of silver fir dieback in Slovenia (NW Yugoslavia). *IAWA Bulletin*, **7**, 4, s. 343-350.

- 113 Torelli, N./ Oven, P./ Zupančič, M./ Križaj, B. / Čufar, K., 1992. Schleimzellen in der Rinde und traumatische Harzkanäle sterbender Tannen. Holz als Roh- und Werkstoff, **50**, s. 180.
- 114 Torelli, N./ Robič, D./ Zupančič, M./ Oven, P./ Ferlin, F. / Križaj, B., 1990. Electrical resistance as indicator of state of health and survival prognosis of silver fir from air polluted areas. Research Reports Forestry and Wood Technology, **36**, s. 17-26.
- 115 Trendelenburg, R. / Mayer-Wegelin, H., 1955. Das Holz als Rohstoff. München, Carl Hanser Verlag, 541 s.
- 116 Visser, H., 1986. Analysis of tree ring data using the Kalman filter technique. IAWA Bulletin, **7**, 4, s. 289-297.
- 117 Wiedenbach, P., 1995. Zur Lage der Weißtanne in Baden-Württemberg. V: *Ecology and Silviculture of European Silver Fir*, IUFRO WP S1.01 - 08, Altensteig, Germany, s. 7-16.
- 118 Yue, C., 1994. Untersuchungen des Radialzuwachses mit Longitudinaldaten Analyse. Doktorska disertacija, Freiburg im Breisgau, Albert-Ludwigs Universität, Abteilung fuer Forstliche Biometrie, 153 s.
- 119 Zech, W., 1983. Kann Magnesium immissionsgeschädigte Tannen retten. Allgemeine Forstzeitschrift, **38**, s. 237.

7 POVZETEK

7.1 Cilji naloge

Namen pričujoče naloge je preučiti stanje jelke v dinarski fitogeografski regiji z dendrokronološkega in dendroekološkega vidika, zato smo si zastavili naslednje cilje:

- Opraviti dendrokronološko diferenciacijo jelovih rastišč v Sloveniji in izdelati lokalne in regionalno jelovo kronologijo ter opraviti primerjavo slovenskih jelovih kronologij s tujimi.
- Preučiti prirastni odziv zdravih in prizadetih jelk na različnih rastiščih v dinarski fitogeografski regiji.
- Preučiti vpliv klime na širino branik pri jelki.
- Preučiti prostorsko porazdelitev pojava značilnih let pri jelki.
- Preučiti vpliv različnih jakosti sečnje na variiranje širine branik in na možen pojav prirastne depresije.
- Preučiti nihanje širine branike vzdolž letne prirastne plasti ob upoštevanju različnih zdravstvenih stanj dreves in različnih dolžin krošnje.
- Preučiti pojav prirastne depresije kot odraz domnevnega splošnega umiranja gozdov v Evropi in Sloveniji v 60. letih in v dendroekološki luči poiskati možne odgovore in razloge za propadanje jelke v zadnjih štiridesetih letih.
- Preučiti ksilogenezo v zdravem, dinamično razvijajočem se gozdu (supresija, reorientacija) ter v stresnih higrotermičnih pogojih in pod vplivom polucij.

7.2 Material in metoda

Vsi raziskovalni objekti so bili izbrani v dinarski fitogeografski regiji, ki si ga delijo tri območne enote Zavoda za gozdove Slovenije - Kočevje, Ljubljana in Postojna. V analiziranem območju smo izbrali 25 raziskovalnih ploskev z najmanj 15 drevesi, ki smo jih, glede na geografsko pripadnost, združili v 7 raziskovalnih objektov: To je bila osnova za vse dendrokronološke in dendroekološke analize. Za debelne in anatomske analize smo še

dodatno izbrali po eno raziskovalno ploskev z 9 drevesi na Mašunu in v Glažuti.

V raziskavo so bila vključena odrasla jelova drevesa s primerljivim cenotskim statusom iz sestojev v fazi debeljaka. Vsa drevesa so bila brez vidnih mehanskih poškodb na deblu. Posebej je bil zabeležen pojav epikormskih vej (sekundarna krošnja). V analizi smo upoštevali drevesa vseh stopenj osutosti razen sušic. Prizadetost vseh dreves je bila ocenjena vizualno po modificirani Bosshardovi metodi. Drevesom smo ocenili še utesnjenost krošnje po četrtinah in izmerili premer. Pri ocenjevanju utesnjenosti krošnje smo pazili tudi na morebitne sveže panje v bližini analiziranih dreves. Pojav takih panjev smo zabeležili in približno ocenili njihovo starost.

Vzorčili smo v transektih, na vsakih 20-25 m smo izbrali drevo najbližje transektu. Povprečna dolžina transekta je bila med 400 in 600 m.

Izvrčke debeline 5 mm smo vzeli v prsni višini drevesa (1.30 m) s prirastoslovnim svedrom znamke SUUNTO. Za vrtanje smo uporabljali svedre dolžine 350 in 400 mm in zunanega premera 12 mm. Vrtali smo vedno do stržena, z dveh nasprotnih strani in pravokotno na padnico. Vzorec smo takoj po odvzemu zalepili v lesen nosilec z utorom in opremili s 15 mestno šifro. Vzorce smo v laboratoriju posušili in obrusili.

Širine branik smo merili na merilni mizici LINTAB, ki je povezana z osebnim računalnikom. Vse meritve, kontrole točnosti meritev, izvrednotenja in sinhronizacije zaporedij širin branik smo opravili s pomočjo računalnika in različnih računalniških programov.

Na osnovi preverjenih zaporedij širin branik smo oblikovali lokalne jelove kronologije, iz teh pa regionalno jelovo kronologijo.

Analiza odvisnosti širine branike od klime se začne s standardizacijo širin branik po metodi ARMA v programu ARSTAN. Z avtoregresivno standardizacijo odstranimo iz zaporedij širin branik starostni trend in delno učinek konkurence v sestoji. V prvi fazi standardizacije smo za izločitev starostnega trenda iz zaporedij širin branik uporabili kubične zlepke širine intervala 33 let s takšno gibljivostjo, ki je v zaporedjih širin branik ohranila 50% variabilnosti osnovnih podatkov.

ARS lokalne kronologije, ki smo jih dobili po ARMA standardizaciji, smo uporabili za preučevanje odnosa med širino branike in klimo. Odnos med širino branike in klimo smo

izračunali s programom PRECON, ki za izračune uporablja metodo Bootstrapped.

Lokalne kronologije za vsak raziskovalni objekt smo primerjali s klimatskimi podatki za najbližjo primerljivo meteorološko postajo. Dolžina meteoroloških nizov je bila od prek 100 let (Ljubljana in Kočevje) do samo 40 let (Postojna). Za vse meteorološke postaje smo navzkrižno preverili homogenost podatkov.

Analizo značilnih let smo opravili za vse raziskovalne objekte v dinarski fitogeografski regiji. Pri izračunu značilnih let smo upoštevali kriterij, da je neko leto značilno, če 80% dreves od najmanj 13 dreves v primerjavi s prejšnjim letom reagira z zmanjšanjem oz. zvečanjem prirastka.

Debelno analizo smo opravili na ploskvah Glažuta in Mašun. Na vsaki ploskvi smo izbrali 9 jelk - po tri neprizadete, prizadete in močno prizadete jelke. Tako smo si omogočili primerljivost med obema ploskvama.

Razrez dreves je potekal po modificirani metodi za klasično debelno analizo. Kolobar v prsni višini smo nadomestili z dvema izvrtkoma. Pred meritvami smo kolobarje v delavnici ustrezno obdelali in razrezali na 2-4 manjše kose.

Za anatomsko analizo širine branik smo izbrali vzorce s štirih nivojev v drevesu, s treh različno prizadetih dreves in z dveh različno gospodarjenih rastišč. V analizo so bila vključena drevesa, ki smo jih uporabili tudi za debelno analizo. Na vsakem nivoju smo odvzeli vzorec lesa v sredini kolobarja ob strženu in ob skorji. Tako smo ob skorji dobili enako star les z različnih nivojev in s poudarjenimi fiziološkimi gradienti, ob strženu pa vzorce, ko naj bi branike zaradi neposredne bližine krošnje nastajale v primerljivih fizioloških razmerah dobre oskrbljenosti s hrano in rastnimi hormoni.

Skupaj smo za analizo pripravili 36 vzorcev. Poleg tega smo odvzeli tudi vzorce kompresijskega lesa (tam, kjer se je pojavljal) in vzorce branik iz predhodno določenih značilnih let. Kompresijski les in negativna značilna leta se ne pojavljajo na vseh preučenih drevesih, zato teh dveh posebnosti nismo vključili v standardno shemo vzorčenja, ker vse primerjave ne bi bile možne.

Analizo mikroskopskih preparatov smo opravili z navadnim svetlobnim mikroskopom pri povečavah od 15 do 45x. Tehnika merjenja širine ranega in kasnega lesa branike je potekala po modificirani Morkovi metodi.

7.3 Rezultati

Sedem lokalnih jelovih kronologij (Ravnik, Mašun, Kočevski Rog, Glažuta, Škocjan, Draga in Mokrec) od desetih smo združili v regionalno jelovo kronologijo. V regionalno kronologijo nismo vključili lokalnih kronologij Bistra, Javornik in Goteniški Snežnik.

Regionalna jelova kronologija ima v obdobju 1840-1995 dobro pokritost, nekoliko slabšo v obdobju 1790-1840. Pred letom 1790 pa jo sestavlja le 10 zaporedij širin branik iz Glažute in Kočevskega Roga.

Primerjava slovenske dinarske jelove kronologije z južnonemško regionalno kronologijo in lokalno kronologijo za Bavarski gozd je pokazala, da so si kronologije optično sicer podobne, matematično-statistični kazalci pa so relativno nizki (t_{BP} med 5 in 6).

Dendrokronološka primerjava lokalnih kronologij različno prizadetih jelk je pokazala, da prizadetost ne vpliva na primerljivost med kronologijami ali drugače povedano, če so si podobne kronologije zdravih jelk, so si tudi kronologije prizadetih in močno prizadetih jelk.

Analiza rastnih trendov v lokalnih kronologijah različno prizadetih jelk po ploskvah je pokazala, da je v začetku 60. let nastopila močna prirastna depresija, ki je dosegla svojo najnižjo točko v sredini 70. let. Po sušnem letu 1976 se je debelinski prirastek nenadoma začel povečevati. Podoben trend so opazili v številnih evropskih državah. Jelke so se na navidezno izboljšanje odzvale s povečanjem prirastka. To je bilo najbolj vidno pri navidezno neprizadetih jelkah, nekaj manj pri prizadetih jelkah, medtem ko so močno prizadete jelke še naprej hrale in umirale.

Analizo odvisnosti širine branike od klimatskih dejavnikov smo opravili na šestih reprezentativnih raziskovalnih objektih - Mašun, Glažuta, Mokrec, Ravnik, Škocjan in Javornik. Analize so pokazale, da jelki v dinarskem območju najbolj ustrezajo mile zime z veliko padavinami in ne preveč topla poletja z nekaj več padavinami v juliju in avgustu. Ugotavljamo tudi, da imajo temperature statistično značilen pomen, medtem ko padavine zaradi obilice (najmanj 1500 mm) in enakomerne porazdelitve prek celega leta niso statistično značilne.

V preučevanem območju smo v zadnjih 100 letih identificirali 11 negativnih in 9 pozitivnih značilnih let. V obdobju 1959 (+) do 1962 (-) smo zabeležili tudi značilni interval, ki je

skupen štirim od šestih preučenih objektov. Prostorska distribucija značilnih let je pokazala, da se jelke zelo skladno odzivajo na negativna značilna leta, medtem ko je odziv na pozitivno značilno leto lokalno pogojen.

Naše raziskave kažejo, da se jelka zelo senzitivno odziva na različne posege v sestoj. Najbolj jo prizadenejo močne sečnje, ki jim sledi sušno leto, najmanj pa posegi nizkih jakosti (npr. redčenja), ki povečujejo rastni prostor.

Lesna zaloga sestoja pomembno vpliva na zdravstveno stanje jelk. Hitro zniževanje lesne zaloge povzroči razpad samovarovalnih mehanizmov v sestoji in takšni sestoji postanejo mehansko in biološko labilni. Enako velja tudi za drevesa v sestojih. Zniževanje prirastka in presvetlitev krošnje je prvi odziv dreves na spremenjene razmere v sestoji.

Namen debelne analize je bil preučiti možnost datacije izpadov branik, preučiti vertikalno razporejenost debelinskega prirastka pri različno prizadetih jelkah, preučiti vpliv dolžine krošnje na velikost debelinskega prirastka ter preveriti zanesljivost meritev na izvrtkih in kolobarjih.

Izpadle branike se pojavljajo pri močno prizadetih jelkah. Pojav izpadlih branik je najpogostejši na panju in akropetalno upada. Največje zabeleženo število izpadlih branik pri močno prizadeti jelki na panju je bilo 11. Možnost datacije izpadlih branik samo na osnovi višje ležečih kolobarjev je omejena. V poštev pride samo takrat, ko se izpadi branik pojavljajo samo na nižje ležečih kolobarjih, ne pa po celotni dolžini debla. V primeru popolnega izpada ene ali več branik nam edino lokalna kronologija omogoča zanesljivo datacijo izpadlih branik. Širina branike po vertikali močno variira in je v tesni povezavi z dolžino krošnje. Daljša ko je krošnja, bolj so si branike po vertikali podobne in obratno. Branike so najširše v težišču krošnje. Normalen trend naraščanja širine branike lahko močno modificira sekundarna krošnja. Dolžina krošnje se s slabšanjem rastnosti jelk zmanjšuje, delež sekundarne krošnje pa se povečuje.

Primerjava med kronologijami, dobljenimi iz izvrtkov in kolobarjev, je pokazala, da obstaja skoraj popolna podobnost med obema tipoma kronologij. Meritve, opravljene na izvrtkih, so popolnoma enakovredne meritvam, ki so bile opravljene na kolobarjih.

V raziskavi ugotavljamo, da delež kasnega lesa v isti braniki z višino upada. Splošna

zakonitost, ki se je pokazala pri neprizadetih jelkah, je da širina branike akropetalno narašča, delež kasnega lesa pa se zaradi vpliva fiziološke bližine krošnje zmanjšuje. Pri močno prizadetih jelkah z epikormskimi vejami pa pojav sekundarne krošnje močno spremeni vertikalne fiziološke gradiente, zato je delež kasnega lesa v braniki po vertikali bolj ali manj enak.

Razmerje med ranim in kasnim lesom v branikah, ki so nastale v primerljivih fizioloških pogojih, se z višino spreminja - večinoma upada in je najmanjše v območju krošnje.

Med deležem kasnega lesa in širino branike obstaja dokaj tesna negativna korelacija, ki ni odvisna od stopnje prizadetosti drevesa.

Kompresijski les kot aktivno usmerjevalno tkivo se pojavlja sporadično in odvisno od potreb drevesa po preusmerjanju rasti. Anatomske lastnosti kompresijskega lesa maskirajo siceršnjo delitev branike na rani in kasni les.

Delež kasnega lesa v braniki v sušnih letih je močno odvisen od rastišča in lokalnih klimatskih danosti. Na Mašunu smo v vseh negativnih značilnih letih ugotavljali manjši delež kasnega lesa v branikah, v Glažuti pa smo ugotavljali ravno nasprotno - delež kasnega lesa je bil vedno nad pričakovanim. Te razlike pojasnjujemo s posebnostmi preučevanih rastišč.

7.4 Zaključki

- Za območje dinarske fitogeografske regije bilo izdelanih deset lokalnih jelovih kronologij.
- Skladnost med lokalnimi kronologijami različno prizadetih testnih dreves in znotraj ploskev je velika. Razlike med kronologijami med testnimi ploskvami lahko pripišemo lokalnim klimatskim in sestojnim prilikam.
- Sedem lokalnih jelovih kronologij je bilo združenih v regionalno jelovo kronologijo za dinarsko fitogeografsko regijo, ki je uporabna za dendrokronološko datiranje zgodovinskih objektov.
- Slovenska dinarska jelova kronologija je sicer vizualno dokaj podobna južnonemški in bavarski, vendar podobnost ni tolikšna, da bi ju lahko uporabili za datiranje objektov v Sloveniji.
- Prizadetost ne zmanjša primerljivosti lokalnih kronologij.
- Vse lokalne kronologije ne glede na lokacijo in prizadetost testnih dreves izkazujejo padec prirastka med letom 1961 in 1976 in ponovni porast po letu 1976.

- Za to obdobje je značilna visoka mortaliteta, ki jo v veliki meri pripišemo klimatskim ekstremom, zlasti ponavljajočim se sušam, očitno pa gre za sindrom več znanih in neznanih dejavnikov. S stresno, niti z nobeno drugo hipotezo pa ni mogoče pojasniti splošnega in nenadnega pojava umiranja v širšem evropskem prostoru.
- Jelke, ki so preživele krizno obdobje, je mogoče razvrstiti v tri skupine: **(a)** debelinski prirastek neprizadetih jelk je primerljiv s prirastkom pred obdobjem depresije in se normalno odzivajo na spremembe rastnih dejavnikov, **(b)** debelinski prirastek prizadetih jelk se je zmanjšal v primerjavi z obdobjem pred depresijo, vendar se drevje še vedno odziva na spremembe rastnih dejavnikov, **(c)** debelinski prirastek močno prizadetih jelk še naprej peša.
- Odzivne krivulje jasno kažejo, da jelki v celotnem preučenem območju ustrezajo mile in s padavinami bogate zime ter nekoliko hladnejša poletja z večjo količino padavin v juniju in juliju. Hladne pomladi zavirajo kambijevo aktivnost in zmanjšujejo debelinski prirastek. Zaradi dobre oskrbljenosti s padavinami padavinski režim ne predstavlja omejujočega dejavnika.
- Na Javorniku smo uspeli s klimo pojasniti 56% variabilnosti širine branike, na Glažuti pa le 29%, zato trdimo, da metoda kljub kompleksnosti v naših klimatskih in orografskih prilikah ne daje vedno zadovoljivih rezultatov.
- Dendrokronološka analiza za obdobje 1895 do 1995 izkazuje 20 značilnih let: 11 negativnih in 9 pozitivnih. Dve negativni značilni leti, 1942 in 1976, sta prisotni povsod v Evropi. V obdobju 1959 - 1962 je bil identificiran tudi značilni interval, ki se pojavlja na štirih od šestih preučevanih lokacij.
- Odziv na klimatsko ugodno leto je na slabem rastišču nejasen ali celo nekonsistenten, medtem ko je na boljših rastiščih odziv na pozitivna značilna leta vselej pozitiven. V klimatsko zelo neugodnih letih (npr. leto 1942, 1967 in 1976) so jelke ne glede na rastišče in prizadetost enotno reagirale z zmanjšanjem prirastka.
- Karakteristično je, da je na dobrih rastiščih ne glede na prizadetost število pozitivnih in negativnih značilnih let manjše kot na ekstremnih.
- Na intenzivno sečnjo so se vsa drevesa ne glede na rastišče in prizadetost odzvala z zmanjšanjem prirastka, pri čemer manj vitalna začno hirati, bolj vitalna pa si po začetni

prirastni depresiji počasi opomorejo.

- Enako močan poseg v higrotermično neugodnem letu povzroči večji stres in večjo prirastno depresijo, večjo mortaliteto in daljšo rehabilitacijo.
- Neugodna konstelacija zaporedja več suš in premočnega poseganja v gozd lahko povzroči uničenje sestoja.
- Z zniževanjem lesne zaloge se zmanjšuje tudi prirastek.
- Pri močno prizadetih jelkah se na bazi drevesa pojavi močna depresija, ki ji sledi izpad prirastka, z nadaljnjim propadanjem se depresija in izpad branik širita akropetalno.
- Jelka se izjemno senzitivno odziva na poslabšanje rastnih razmer, v stresnih razmerah se pojavljajo neskljene branike ali pa pride celo do popolnega izpada prirastne plasti. Pojav izpadlih branik je močno povezan s stanjem drevesa in je indikator njegovega propadanja.
- Izpad branik se začne na bazi drevesa in s prizadetostjo akropetalno napreduje. S pomočjo lokalnih in regionalnih kronologij lahko zanesljivo predvidimo in datiramo izpadle branike.
- Največje ugotovljeno število izpadlih branik pri propadajoči jelki na bazi drevesa je bilo 11.
- Ritmika odziva juvenilnega in adultnega lesa je primerljiva.
- Pojav epikormskih vej poveča prirastek in zmanjša delež kasnega lesa na bazi drevesa.
- Širina kasnega lesa s širino branike načeloma narašča, delež pa pada, pri čemer je variabilnost kasnega lesa v območju ekstremno ozkih branik največja.

8 SUMMARY

8.1 *Purpose of the study*

The purpose of the present study was to investigate the health condition of the silver fir in the Dinaric phytogeographic region from the dendrochronological and dendroecological points of view, therefore we need the following:

- To make dendrochronological differentiations of silver fir stands in Slovenia, to establish local and regional silver fir chronologies and to compare Slovene regional chronology with European ones.
- To study growth responses of healthy and affected silver firs on different sites in the studied region.
- To study the effect of climate on tree-ring widths in the silver fir.
- To study the spatial distribution of pointer years in the silver fir.
- To study the effect of different intensities of felling on the remaining trees, their tree-ring widths and on their growth depression.
- To study diameter increment variations along the stem, taking into consideration different tree health and crown length.
- To study increment depression of the silver fir as a part of the global forest decline in Europe and Slovenia in the 60's and to find possible answers to this phenomenon from the dendrochronological point of view.
- To study tree ring formation in a healthy, dynamically developing forest stand, under the effects of suppression and reorientation of growth, and under special climatic conditions and pollution.

8.2 *Material and methods*

All research plots were located in the Dinaric phytogeographical region, which belongs to three forest districts: Kočevje, Ljubljana, and Postojna. Altogether 25 research plots with at least 15 trees per plot were chosen; these were then joined into 7 research objects. Research objects were the basis for all investigations. Two additional research plots with 9 trees on each were chosen for stem analysis and wood anatomical analysis.

The trees were mature silver fir trees with a comparable coenotic status. All forest stands

belonged to the same type of mixed silver fir-beech forests (*Abieti-Fagetum dinaricum*). In their ecological similarity and silvicultural treatment the forest sites were comparable. All trees were without visible mechanical damages; the occurrence of epicormic branches was specially observed and noted. All trees, except dead and clearly dying ones, were analysed. Tree health was determined by visual assessment of needle loss according to a slightly modified four-point scale as per Bosshard. The diameter at breast height was measured and the oppression of the crown was determined. To help us explain possible abrupt growth changes, occurrence of stumps in the neighbourhood and their approximate year of felling was also observed.

Sampling was done along the transects, each 20-25m one tree was chosen. The average length of the transect was between 400 and 600m.

From standing trees, two 5 mm thick cores per tree parallel to the slope of the land and on opposite sides of the tree, were taken at a breast height of 1.30m using a SUUNTO 400mm increment borer. Each core was glued into a wooden holder. The surface of the cores was sanded before measuring.

Tree-ring widths were measured on a LINTAB measuring table connected to a personal computer. All measurements, data control, and synchronization of the tree-ring widths were done by a personal computer equipped with dendrochronological programmes such as TSAP/x, DPL and PRECON.

Error-free tree-ring series were averaged into local chronologies and those further into regional silver fir chronology.

Each response function calculation started with tree-ring width standardization following an ARMA model in the programme ARSTAN. Autoregression standardization was applied to remove age trends and partially the effect of competition from tree-ring width series. ARMA standardization consists of two steps: **(1)** removing age trends with spline function with 33-year stiffness and 50% frequency cut-off and **(2)** calculating of autoregressive local chronology .

The relation between tree-ring width and climate was calculated using the PRECON programme and BOOTSTRAPPED method.

Each local chronology was compared with climatic data from the nearest meteorological

station. The length of available data was between 40 years in Postojna and Babno Polje and 100 in Ljubljana and Kočevje. All meteorological data were tested for homogeneity with a DPL programme. Response functions were calculated for all research plots.

Pointer years were defined as years where 80% of at least 13 trees exhibited positive or negative growth changes compared to the previous year. Pointer years were calculated in the DENDRO programme.

For stem analysis two sample plots were chosen: Glažuta and Mašun, each with 9 silver fir trees which were grouped into three groups - healthy, intermediate, and heavily affected of three trees each. This sampling strategy enabled comparison between Glažuta and Mašun.

Classically in each tree up to nine stem discs are taken at different stem heights but we chose to replace stem disc at the breast height with two cores. Stem discs were prepared and measured according to standard procedures.

For wood anatomical analysis of tree-ring widths, samples from four levels along the stem, from three differently affected silver firs and from two differently managed forest stands were analysed. Analysed trees were the same as those for the stem analysis.

In each level of the tree, samples from the pith and from the periphery were taken. The purpose of this was (1) to compare the amount of latewood in tree-rings formed in the same year at different heights along the stem with a pronounced physiological gradient, and (2) to compare amounts of latewood in the tree-rings formed in the good growing conditions near the pith (and therefore near the crown) along the stem. Altogether 36 samples from different trees were analysed.

Additionally, samples of compression wood and samples from tree-ring formed in pointer years were taken to analyse the tree-ring formation in specific growing conditions. These samples were not included in the standard sampling plan since their occurrence was random.

A slightly modified light microscope (15-45x magnification) in connection with a digitiser and the PC running programme MALES and DENDRO were used to analyse the early / latewood relation. The border between early and latewood was calculated in accordance with slightly modified Mork's method.

8.3 Results

Seven local chronologies from Ravnik, Mašun, Kočevski Rog, Glažuta, Škocjan, Draga, and

Mokrec were averaged into a regional silver fir chronology. Local chronologies from Bistra, Javornik, and Goteniški Snežnik were not included.

The depth of the Slovene regional silver fir chronology is good from 1840 to 1995 and slightly worse from 1790 to 1840. Before 1790, the regional chronology consists of only 10 tree-ring series from Glažuta and Kočevski Rog.

Comparison of Slovene regional chronology with the South German and the Bavarian one revealed moderate visual comparability and not very high statistical values (t_{BP} between 5 and 6).

Comparison of differently affected silver fir local chronologies showed that tree health had only a moderate influence on comparability between local chronologies, or in other words, if there is no similarity between silver fir local chronologies of the healthy trees, there is neither any similarity between those of heavily affected ones.

Analysis of tree-ring width trends show that in the beginning of the 60's there was a heavy growth depression with the lowest point in the middle of the 70's. After the very dry year 1976, the diameter increment showed the first recovery with constant increase up to the present. The same trend has been observed in many European countries. The most notable increment recovery was observed in healthy silver firs, and the least in heavily affected ones which continue slow die-back.

Analysis of the relationship between climate and tree-ring widths was done on six plots - Mašun, Glažuta, Mokrec, Ravnik, Škocjan, and Javornik. Most favourable were mild winters with above average precipitation, warm springs, and moderately warm summers with above average precipitation in June and July.

We also noticed the statistically significant influence of temperatures especially at the beginning of vegetation period, in March and April. From a statistical point of view precipitation are not significant due to their high amounts (min. 1500mm) and even distribution all over the year.

In the last 100 years, 11 negative and 9 positive pointer years were identified. In the period 1959 (+) - 1962 (-) the pointer interval common to four of six research objects was identified. The spatial distribution of pointer years shows that the silver fir is very sensitive to negative pointer years, but only locally and insignificantly to positive ones.

It was observed and recognised that the silver fir responds very sensitively to different forest management treatments. The highest growth depression is observed if high intensity felling is followed by a very dry year; on the other hand, low intensity felling that is thinning, normally improves the growth.

Growing stock of the forest site has an important influence on tree health conditions. A fast reduction of it can provoke destruction of selfprotecting mechanisms in the forest site and its mechanical and biological stability is endangered. Silver fir trees respond to the instability of the forest stand with decreased increment and reductions of the crowns.

The purpose of the stem analysis was to study the possibility of dating missing rings, to study the vertical distribution of the same annual increment in differently affected silver firs, to study the effect of crown length on annual increment, and to compare the quality of measurements obtained by cores and stem discs.

Missing rings occurred only in heavily affected silver firs. The missing rings were most frequent near the base of the tree. The number of missing rings decreased acropetaly. The largest number of missing rings on a tree base was eleven.

The possibility of dating missing rings on the basis of the above lying stem discs is limited. It is possible to date them only when they occur only near the tree base and not in the whole stem. When a complete tree-ring, or even several of them fall out, only a dendrochronological method with regional and local chronologies can date them.

Tree-ring width has high variability along the stem and is tightly connected to the crown length. The longer the crown, the wider are the tree-rings. Tree-rings are the widest in the crown centre. The usual trend of basipetally decreasing tree-ring widths can be modified by a secondary crown. The primary crown becomes shorter with decreasing vitality, and secondary crown takes over assimilation.

A comparison of two methods, cores *versus* stem discs, shows that there are almost no significant differences between the two methods.

In healthy silver firs the percentage of latewood decreases acropetaly, while tree-ring width increases acropetaly. In intermediate and heavily affected silver firs the occurrence of the secondary crown modifies the normal vertical distribution of the latewood - its percentage along the stem is more or less constant.

The ratio between early and latewood from tree-ring from the centre of the trunk varies along the stem: normally the percentage of latewood decreases and is smaller in the upper part of the crown.

The percentage of latewood in tree-rings in a very dry year is highly dependent on the site and local climatic conditions. At Mašun in a negative pointer year the ratio of latewood in tree-rings was smaller than expected; on the other hand the ratio of latewood in tree-rings at Glažuta was higher than expected. This differences can only be ascribed to local forest site conditions.

8.4 Conclusions

- In the Dinaric phytogeographic region ten local chronologies were developed.
- Consistency between the chronologies of differently affected silver firs in the research plots was high. Differences between local chronologies between research plots can be ascribed to local climatic and stand conditions.
- Seven local chronologies were used to construct a regional silver fir chronology for Dinaric region. It is suitable for dating historical objects.
- Slovene silver fir regional chronology is visually similar to the South German and the Bavarian one; however the similarity is not high enough to use any but our own for dating historical objects.
- Health conditions of the trees do not affect the comparability of the local chronologies.
- All local chronologies, no matter the tree health, exhibit growth depression from 1961 to and 1976 and growth increase afterwards.
- Typical for 1961 to 1986 is a high mortality, which could be ascribed to climatic extremes, especially repetitive droughts in last decades. Neither the stress hypothesis nor any other forest-decline hypothesis can explain the sudden and general decline in Europe.
- The silver firs which survived the period of depression can be divided into three groups: **(a)** the diameter increment of unaffected silver firs is comparable with the one prior to growth depression and the reaction to the changes of growth factors is normal **(b)** the diameter increment of slightly affected silver firs is lower than the one prior to growth depression; however, trees react normally to changes in growth factors, **(c)** the diameter increment of heavily affected silver firs is still decreasing; no reaction to change of growing factors was observed.

- Response functions clearly show that mild winters rich with precipitation and slightly colder summers with above average precipitation in June and July are most favourable for high increments of the silver fir. Cold springs slow down cambial activity and are thus not favourable. Since the precipitation are evenly distributed over the year, they do not represent a limiting growth factor.
- On Javornik 56% and on Glažuta only 29% of tree-ring width variability could be explained by climate; therefore, we acknowledge that despite the complexity of the method, in our climatic and orographic occasions, the results are not always satisfactory.
- During 1895-1995, 20 pointer years were determined: 11 negative and 9 positive. Two negative pointer years, 1942 and 1976, are panEuropean. During 1959-1962 the pointer interval was determined in four out of six research plots.
- The silver fir response to a positive pointer year in less productive forest sites is unclear and inconsistent, while in more productive ones it is always positive. The response in negative pointer years, such as 1942, 1967 and 1976 is always consistent, no matter what the forest site productivity.
- It is typical for very productive forests that the number of positive and negative pointer years is smaller than on less productive ones.
- High intensity fellings, without regard to the forest site or forest tree health, provokes a decrease of diameter increment. After high intensity felling, trees react by a growth decrease related to their vitality; less vital trees react with an even higher growth depression while trees of better vitality respond with a growth increase after a certain time.
- In climatically unfavourable years, the same intensity of intervention can lead to higher mortality, water and light stress are more intensive, growth depression is more intensive and thus the rehabilitation of the annual increment is longer.
- Unfavourable combination of forest management and heavy droughts can lead to forest stand destruction.
- Decreasing the growing stock causes a decrease of the diameter annual increment
- In heavily affected silver firs, strong growth depression on the stem is followed by the occurrence of missing rings. With progression of the silver fir decline, growth depression and missing rings advance acropetally.
- The silver fir is very sensitive to worsening of growing conditions and reacts by many missing or incomplete tree-rings. Missing rings are highly correlated to tree health and are

also a sign of tree decline.

- Missing rings are most frequent at the base of the tree and decrease acropetaly. They can be identified by local and regional chronologies.
- The highest number of missing rings identified on the trunk was 11 missing rings.
- The growth pattern of juvenile and adult wood is comparable.
- The occurrence of epicormic branches increases the diameter increment on stem base and decreases the proportion of latewood on a stem base.
- The proportion of latewood increases with decreasing tree-ring width; the variability of latewood proportion in extremely narrow rings is the highest.

9 SMERNICE ZA NADALJNJE RAZISKAVE

- Preveriti raziskave Ecksteina in sodelavcev, ki so z vključitvijo gostote kasnega lesa pri preučevanju odnosa med klimo in prirastkom uspeli pojasniti večji delež variabilnosti širine branike.
- Preučiti anomalije v sezonskem nihanju gostote znotraj branike in poiskati vzroke zanje.
- Preučiti dendrokronološko podobnost med ravnimi ritmi solitarnih dreves na rodovitnih in nerodovitnih tleh.
- Študij odziva na klimatske spremembe pri solitarnih in podstojnih drevesih v sestoji.

10 ZAHVALA

Hvala mentorju prof. dr. Niku Torelliju za strokovne nasvete, usmerjanje in vsestransko pomoč pri nastajanju doktorske disertacije, prof. dr. Marijanu Kotarju za skrben pregled in koristne napotke brez katerih delo ne bi bilo popolno. Hvala prof. dr. Dietru Ecksteinu, ki je od vsega začetka sodeloval pri oblikovanju osnutka naloge in bil moj mentor med trimesečnim študijskim bivanjem v Hamburgu. S svojim bogatim znanjem je bistveno pripomogel k nastanku disertacije. Hvala doc. dr. Katarini Čufar za njeno vztrajnost in borbenost pri uveljavljanju dendrokronologije v Sloveniji, za strokovne nasvete in za skrbno prvo branje disertacije. Hvala mag. Dušanu Robiču, ki mi je vedno stal ob strani in mi pomagal s strokovnim in prijateljskim nasvetom. Hvala tudi prof. dr. Fritzu Schweingruberju, ki mi je med krajšim študijskim bivanjem v Švici, nasul kopico koristnih nasvetov, ki sem jih ob pisanju upošteval.

Pri laboratorijskem in terenskem delu so mi praktično in z nasveti pomagali: mag. Primož Oven, dipl.ing. Martin Zupančič, dipl. ing. Nevenka Bogataj, študenti Birgit Schichler z univerze v Hamburgu, Alenka in Matjaž Šivic, Irena Kumprej ter Grega Trebušak. Prijatelj Constantin Sander z univerze v Hamburgu mi je z nasveti pomagal pri uvajanju novih dendrokronoloških tehnik.

Posebna zahvala gre vsem gozdarjem v javni gozdarski službi, ki so mi z izkušnjami in nasveti pomagali pri iskanju primernih raziskovalnih objektov in zbiranju terenskih podatkov. Brez njihove dobre volje pričujoče delo ne bi nastalo. Predvsem bi se rad zahvalil: Špeli Habič, Marku Udoviču, Janezu Andoljšku, Janezu Levstku, Tomažu Kočarju, Andreju Kermavnarju, Juretu Begušu, Alešu Veselu, Tomažu Devjaku, Andreju Bončini, Branetu Veselu, Janezu Antončiču in Tonetu Smrekarju in Janezu Kirnu.

Na koncu bi se rad zahvalil tudi ženi Teji in sinu Jaku, ki sta me pri pisanju disertacije vseskozi podpirala, spodbujala in mi stala ob strani.

PRILOGE

Priloga 1: Opisi sestojev za vse analizirane ploskve.

Priloga 2: Lokalne in regionalna kronologija jelka v dinarskem območju.