

GDK: 174.7 *Larix decidua* Mill.: (234.32)(045)

Prispelo / Received: 13. 04. 2005

Sprejeto / Accepted: 22. 05. 2005

Izvorni znanstveni članek

Original scientific paper

KRONOLOGIJA MACESNA (*Larix decidua* Mill.) ZA OBMOČJE JUGOVZHODNIH ALP

Tom LEVANIČ¹

Izvleček

Predstavljena je sestava dolge kronologije širin branik za macesen v JV Alpah. Kronologija temelji na izvrtkih živih dreves in je dolga 333 let, največja pokritost je 74, več kot štirje vzorci obstajajo na 95 % in več kot 13 vzorcev na 74 % celotne dolžine. Samo prvih 8 let kronologije temelji na enem samem drevesu. Vzorci za kronologijo so bili nabrani na 6 tipičnih macesnovih rastiščih (Komna, Uskovnica, Vršič, Jezersko, Veža in Viševnik). Macesnova kronologija živih dreves se dobro ujema z nekaterimi tujimi macesnovimi kronologijami za območje Alp (Italija, Avstrija, Nemčija Francija in Švica). Analiza značilnih let je dala 34 pozitivnih in 87 negativnih značilnih let. Preliminarni testi so pokazali tudi dobro odzivnost na klimatska nihanja. Čeprav smo analizirali tudi nekaj zelo starih dreves (400+ branik), jih v končno kronologijo nismo vključili. Razlog za to so bile številne manjkajoče in lažne branike ter rastne anomalije.

Ključne besede: dendrokronologija, JV Alpe, macesen, *Larix decidua* Mill.

LARCH (*Larix decidua* Mill.) CHRONOLOGY FOR THE SOUTHEASTERN ALPS

Abstract

A 333 years long living larch tree ring chronology for the Southeastern Alps is presented. The highest chronology depth is 74, more than four samples are present in 95% of the entire length, and only the first eight years are based only on a single tree. Six sampling locations were chosen along the Alpine ridge in Slovenia, i.e.: Jezersko (two plots), Komna, Vršič, Veža, Viševnik and Uskovnica. Compiled chronology synchronise well with the selection of foreign chronologies (France, Italy, Austria, Germany and Switzerland). New Slovene larch chronology has 34 positive and 87 negative pointer years. Preliminary tests revealed good climatic signal as well. Although some very old trees (400 yrs. +) have been found, cored and measured, they were not included in this chronology due to many missing rings and various growth irregularities.

Key words: dendrochronology, SE Alps, European larch, Larix decidua Mill.

¹ doc.dr. T. L., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, SLOVENIJA

**VSEBINA
CONTENTS**

1	UVOD	41
	INTRODUCTION	
2	MATERIAL IN METODE	43
	MATERIAL AND METHODS	
3	REZULTATI IN DISKUSIJA.....	51
	RESULTS AND DISCUSSION	
4	ZAKLJUČKI	64
	CONCLUSIONS	
5	POVZETEK.....	65
6	SUMMARY.....	66
7	VIRI	68
	REFERENCES	
8	ZAHVALA	70
	ACKNOWLEDGMENTS	

1 UVOD

INTRODUCTION

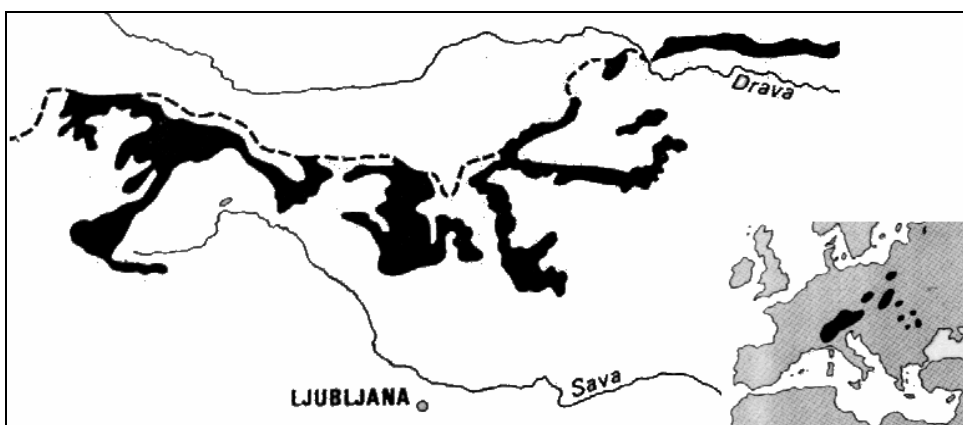
Sestavljanje dolgih, reprezentančnih kronologij za različne drevesne vrste ter določena časovna in prostorska območja so ena od glavnih nalog dendrokronologov. Za potrebe klasične dendrokronologije (datiranja) velikokrat zadoščajo že sestavljene kronologije za določeno drevesno vrsto in območje, dostikrat pa je treba za potrebe datiranja izdelati lastno, dolgo kronologijo, kar je zamuden in razmeroma drag postopek (glej npr. LEVANIČ / ČUFAR 1998) ali pa je treba združiti delo večjega števila raziskovalcev z določenega območja (glej npr. LEVANIČ / PIGNATELLI / ČUFAR 2001).

Z vpeljavo dendrokronoloških spoznanj in analiz v druge vede je nastal problem priprave novih kronologij za ožja območja, za določene drevesne vrste, za specifična rastišča ali za preučevanje povsem jasno definiranih okoljskih problemov, npr. propadanje smreke v okolici termoelektrarn (FERLIN 1991), problem propadanja jelke in njenega odziva na okoljske strese v Evropi in Sloveniji (ECKSTEIN / ANIOL / BAUCH 1983; OVEN / TORELLI 1994; ČUFAR / LEVANIČ / TORELLI 1995; ECKSTEIN / SCHOLZ / KLEIN 1995; TORELLI / ČUFAR 1995; LEVANIČ 1997), preučevanja vpliva soli za posipanje cestišč na rast dreves (OVEN / LEVANIČ 2001; LEVANIČ / OVEN 2002) ali preučevanja vpliva divjadi na rast dreves in regeneracijo sestojev (EGGERTSSON / LEVANIČ 2003).

Za potrebe specifičnih raziskav, kot je npr. odziv dreves na spreminjanje klime, izbiramo drevesne vrste, ki se primerno odzivajo na klimo, rastejo v razmerah, kjer so klimatskih dejavniki prevladujoči in limitirajoči dejavnik, in ki so primerno stare. Ustrezna starost dreves je na sploh eden večjih problemov, s katerim se srečujemo slovenski dendrokronologi. Drevesa so v Sloveniji večinoma precej mlada, le redkokatero drevo doseže starost prek 500 let, takšnih, ki so stara 1000 in več let in hkrati primerna za dendrokronološko analizo, pa je morebiti za prste obeh rok (LEVANIČ 2004). Zato je sestavljanje dolgih kronologij seveda zelo zamuden, težaven in drag postopek.

Macesen (*Larix decidua* Mill.) spada med vrste, ki so za dendrokronološke potrebe dobesedno idealne. Je dolgoživa drevesna vrsta, lahko raste v ekstremnih razmerah, oblikuje jasno vidne, čeprav velikokrat zelo ozke branike, v Sloveniji ni nagnjen k

izpadanju branik (LEVANIČ 2004), napadi macesnovega zavrtača pa pri nas niso dokumentirani. Rastišča macesna v Sloveniji so v Alpah in v gričevnatem svetu Brkinov in Goriškega – slika 1. V dinarskem svetu se macesen ne pojavlja. Redkim sestojem macesna na zgornji gozdni meji se pogosto pridruži tudi smreka (*Picea abies* Karst) na nižjih nadmorskih višinah ali ruševje (*Pinus mugo* Turra) na višjih nadmorskih višinah. Zaradi dolgoživosti in rasti na izpostavljenih legah je macesen še posebej primerna drevesna vrsta za sestavljanje dolgih kronologij, preučevanje odziva dreves na klimo in rekonstrukcijo različnih klimatskih parametrov v obdobja pred instrumentalnimi meritvami. Poleg macesna ima podoben potencial v Alpah samo še cemprin (*Pinus cembra* L.), ki ga v naših Alpah ni, in smreka, za katero pa so naše raziskave pokazale, da ima razmeroma šibek dendroklimatološki potencial*. Zanimivo je, da nekateri avtorji navajajo ravno nasprotno - dendroklimatološki potencial, in s tem odvisnosti med klimatskimi parametri in prirastkom v slovenskih Alpah, naj bi bil pri smreki večji kot pri macesnu (OGRIN 1998, 1999), vendar naše predhodne raziskave tega ne potrjujejo.



Slika 1: Areal macesna (*Larix decidua* Mill.) v Sloveniji (vir: Šumarska enciklopedija, 1980)

Figure 1: Larch (*Larix decidua* Mill.) range in Slovenia (source: Šumarska enciklopedija, 1980)

* V raziskavah, ki potekajo v okviru projekta PINE (Predicting Impact on Natural Ecotone) (5.OP EU), smo ugotavljali tudi povezanost med klimatskimi dejavniki in rastjo smreke. Na vseh ploskvah v Alpah smo ugotavljali relativno šibko korelacijo med širino branike in klimatskimi dejavniki. Članki, ki podrobneje opisujejo te povezave, so v pripravi.

Pričujoči prispevek ima namen predstaviti sestavo macesnove kronologije na osnovi kronologij živih dreves za celotno območje slovenskih Alp, ki so hkrati tudi jugovzhodni rob alpskega masiva v Evropi. Prispevek je do neke mere smiselno nadaljevanje in dopolnitev raziskave, katere rezultat je bila 518-letna macesnova kronologija za območje Julijskih Alp (TREBUŠAK 1998), kasneje pa skupna kronologija za Julijske Alpe in severovzhodno Italijo (LEVANIČ / PIGNATELLI / ČUFAR 2001).

Omenjene raziskave so se osredotočile predvsem na rastišča macesna v Julijskih Alpah, pa še to le delno. Zaradi tega je bilo smiselno raziskave poglobiti in dodati nove lokacije v Julijskih Alpah, Karavankah in Kamniško-Savinjskih Alpah. Poleg tega smo želeli dobiti zanesljivo in primerno dolgo kronologijo za dendroklimatološko analizo spreminjanja klime na zgornji gozdni meji. To je bil razlog, da smo v kronologijo vključili samo vzorce živih dreves in skrbno pazili, da nismo vključili nobenega vzorca, katerega geografska provenienca ne bi bila znana.

1.1 CILJI

GOALS

Cilji prvega dela raziskave so bili naslednji:

- sestaviti čim daljše lokalne kronologije živih dreves na izbranih lokacijah,
- primerjati rast in odziv macesna med lokacijami,
- primerjati dobljeno kronologijo z obstoječimi kronologijami macesna v alpskem prostoru,
- analizirati značilna leta in jih primerjati med lokacijami (izbranimi stojšči),
- pridobiti čim daljšo kronologijo živih dreves, ki bi bila osnova za študij spreminjanja klime na zgornji gozdni meji.

2 MATERIAL IN METODE

MATERIAL AND METHODS

Na območju jugozahodnih Alp smo izbrali 7 ploskev na zgornji gozdni meji. Ploskve so bile izbrane na nadmorskih višinah, kjer se macesen (*Larix decidua* Mill.) pojavlja v redkih sestojih in večinoma brez primesi smreke, ponekod pa prehaja tudi v sestoje

gorskega ruševja (*Pinus mugo* Turra). Takšni sestoji so skoraj praviloma na višjih nadmorskih višinah, velikokrat tudi že v območju varovalnih gozdov in zgornje gozdne meje. V takšnih sestojih se komajda gospodari, zato so drevesa navadno precej stara in izpostavljena naravni mortaliteti, kronologije pa obetajo zanimive rezultate.

Na območju Julijskih Alp smo analizirali rast dreves na 4 ploskvah (Vršič, Viševnik, Uskovnica in Komna), na območju Karavank na dveh ploskvah (Jezerko 1 in 2), na območju Kamniško-Savinjskih Alp pa na eni ploskvi na območju Dleskovške planote (Veža) - slika 2. Ploskve so bile izbrane tako, da smo zadovoljili kriteriju podaljševanja macesnovih kronologij in analizi odziva macesnov na zgornji gozdni meji na klimo in njene spremembe. Ker smo poleg tega želeli na istih vzorcih napraviti tudi rekonstrukcijo določenih klimatskih parametrov za preteklo obdobje, smo morali sestaviti čim bolj homogene lokalne kronologije s poudarjenim klimatskim signalom (in s čim manj drugimi, motečimi vplivi).

Preglednica 1: Osnovni podatki o ploskvah; koordinate so Gauss-Kruegerjeve (GK)

Table 1: Basic data on research plots; coordinates are displayed according to Gauss-Krueger system (GK)

Lokacija <i>Location</i>	GK-e	GK-n	NMV (m) <i>ASL (m)</i>	Opis ploskve <i>Description of the plot</i>
Vršič	5403329	5144936	1835	V in Z pobočja Velike Mojstrovke, nakloni do 50st., skalovitost velika, macesni kot vihamniki v redkem rušju, pogoste poškodbe zaradi strele, tla zelo plitva.
Viševnik	5416189	5135152	1720-1930	Macesni v redkem sestoju s primesjo smreke in ruševja, skalovitost velika, tla razmeroma plitva (razen v kotanjah).
Uskovnica	5415500	5134500	1650-1800	Redki sestoji macesna, na spodnjih lokacijah vdirajo smreka in delno plemeniti listavci, nakloni zmerni (do 25st.), skalovitost majhna.
Komna / Vogel	5405500	5126500	1550	Relativna ravnina – visokogorska planota, skalovitost velika, tla plitva, posamični macesni kot osamelci v gosti podrasti ruševja.
Jezerko-1	5457496	5142238	1450	Redek macesnov sestoj, zatravljen, naklon 25-30st., v spodnjem sloju se vrašča smreka, skalovitost majhna, pojavljajo se večje skale.
Jezerko-2	5455381	5137663	1550	Gostejši macesnovi sestoji s primesjo smreke (predvsem v sp. sloju), nakloni zmerni do 30st., skalovitost majhna, tla v kotanjah globoka, sicer plitva.
Veža	5476274	5135518	1610	Redek macesnov sestoj v rezervatu, paša, v podrasti ruševje (<i>Pinus mugo</i> Turra), negospodarjeno zadnjih 50 let, teren razgiban, vrtačast.



Slika 2: Lokacija ploskev, v spodnjem desnem kotu je lokacija ploskev umeščena v Slovenijo

Figure 2: Location of the selected larch (*Larix decidua* Mill.) plots in Slovenia, with smaller picture representing location of enlarged area in Slovenia

Metodologija odvzema vzorcev je bila na vseh ploskvah standardizirana, variiralo je le število vzorcev na ploskvi, ki je bilo odvisno od zadostnega števila primerno kvalitetnih dreves za analizo. Analizirali smo drevesa, ki so bila brez vidnih poškodb debla, z normalno razvito krošnjo, ki niso bila votla, v primeru da so rasla v sestoji, so morala biti v strehi sestoja in imeti povprečno (normalno) veliko krošnjo.



Slika 3: Tipična zgornja gozdna meja z macesnom in redkim ruševjem (lokacija: za Veliko Mojstrovko, Vršič)

*Figure 3: Typical upper timber line in Slovenian Alps with larch (*Larix decidua* Miller) and dwarf mountain pine (*Pinus mugo* Turra 1765) - location behind Velika Mojstrovka, Vršič*

Na zgornji gozdni meji ustreza tako zahtevnim kriterijem razmeroma malo dreves, zato se je število analiziranih dreves med ploskvami spreminjalo, nikoli pa jih ni bilo pod 10. Število analiziranih dreves na ploskvah se je sukalo med 12 in 18. Na drevo smo vedno odvzeli po dva izvrtka pravokotno na padnico – razen v primeru, da zaradi napak na eni strani debla drugega izvrtka ni bilo mogoče odvzeti. Vzorci so bili odvzeti s prirastoslovnim svedrom SUUNTO dolžine 400 mm in debeline 5 mm.

Odvzete vzorce smo shranili v plastične tulce, zalepili, jih označili s šifro in prenesli v laboratorij. Tam smo jih posušili in zalepili v lesene nosilce. Tako pripravljene vzorce smo zbrusili na industrijski tračni brusilki. Za brušenje smo uporabili brusne trakove različnih granulacij, začeli smo z granulacijo 180 in končali s 600.

Meritve širin branik smo opravili na merilni mizici VIAS in s programsko opremo PAST-4.

Sinhronizacija in kontrola meritev sta potekali v programu PAST-4. Del meritev smo zaradi izjemno ozkih branik in možne naknadne korekcije meritev opravili s programom WinDENDRO. Ta program je namenjen avtomatskemu prepoznavanju branik iglavcev in ga lahko s pridom uporabimo za hitro in preverljivo merjenje širin branik, ob ustrezni vhodni sliki pa tudi gostoto branik. Vhod v program je skenirana slika (v formatu TIFF), ki smo jo v našem primeru zajeli z ločljivostjo 1600 DPI in 24 bitno barvno globino. Zaradi visoke ločljivosti in temu posledične velikosti datotek (v povprečju 30 MB) smo lahko zajeli samo po en vzorec hkrati. Slike smo obdelali in meritve shranili v formatu TUCSON 100, ki smo ga za nadaljnjo obdelavo prenesli v program PAST-4.

Analiza značilnih let je bila opravljena v programu lastne izdelave P4P. Preostale statistične analize so bile narejene v programu SYSTAT 11, grafi pa narisani v programu SigmaPLOT 9.

Analiza značilnih let

Po definiciji je značilno leto tisto, kjer več kot 80 % branik od najmanj 13 v določenem letu izkazuje dvig ali padec prirastka v primerjavi s predhodnim letom (SCHWEINGRUBER et al. 1990). Pozitivno značilno leto je odsev ugodnih rastnih razmer in rezultat takšnega leta je branika, ki se po svoji širini bolj razlikuje od sosednjih branik. Enako velja tudi za negativno značilno leto, le da se to pot zaradi neugodnih rastnih razmer branika po svoji ozkosti močno razlikuje od sosednjih branik.

Za potrebe naše raziskave smo kriterij izbire značilnega leta nekoliko prilagodili, saj nismo imeli na vseh vzorčnih lokacijah zadostnega števila dreves. Tako smo za značilno leto določili leto, kjer 80 % branik od najmanj 8, obstoječih v določenem letu, reagira s povečanjem ali zmanjšanjem prirastka.

Pri statističnem vrednotenju vzorcev smo poleg enostavnih statističnih kazalcev, kot sta korelacija in avtokorelacija, uporabili tudi nekatere posebne statistične kazalce, prilagojene za uporabo v dendrokronoloških analizah. Ti dendrokronološki koeficienti so naslednji: vrednost t po Baillie-Pilcherju (t_{BP}), koeficient časovne skladnosti (nem.: Gleichläufigkeit) (GLK%), indeks navzkrižnega datiranja (CDI) in srednja stopnja občutljivosti (MS%).

Koeficienta t po Baillie-Pilcherju - t_{BP}

Koeficient t po Baillie-Pilcherju sta leta 1973 v dendrokronologijo uvedla Baillie in Pilcher (BAILLIE / 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 korenem iz števila stopinj prostosti. Pri primerjavi moramo upoštevati tudi predpogoj, da se vzorca prekrivata z najmanj 40 branikami.

$$cc = \frac{\sum (s_i - \bar{s})(r_i - \bar{r})}{\sqrt{\sum (s_i - \bar{s})^2 \sum (r_i - \bar{r})^2}} \quad t_{BP} = \frac{cc \sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-cc^2)}}$$

cc navzkrižna korelacija

s_i širina branike v i – tem letu pri vzorcu s

r širina branike v i – tem letu pri vzorcu r

n število skupnih let v primerjavi

\bar{s} povp. širina branike v vzorcu s

\bar{r} povp. širina branike v vzorcu r

V skladu s predlogom Baillie-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). V splošnem velja, da so vrednosti t_{BP} nad 4 dovolj visoke, da lahko trdimo, da sta si dva vzorca podobna (t-vrednosti smo izračunali v programu PAST-4 in so del standardnega postopka sinhronizacije in datacije). Pri izračunu t-vrednosti po Baillie-Pilcherju je treba tudi paziti, v katerem programu je bil koeficient izračunan. Primerjalne analize izračuna t-vrednosti po Baillie-Pilcherju, kakor jih izračunavajo različni programi (SANDER / LEVANIČ 1996), so namreč pokazale, da različni programi, ob enakih vhodnih podatkih, izračunajo različne t-vrednosti, zato je treba pri podajanju t-vrednosti nujno navesti, s katerim programom so bile računane.

Koeficient časovne skladnosti (nem. *Gleichläufigkeit*) – GLK %

Koeficient časovne skladnosti – GLK % (HUBER 1943; ECKSTEIN / 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. Pri GLK % nivo značilnosti ni vnaprej definiran, ampak ga je treba izračunati. Odvisen je predvsem od dolžine prekrivanja dveh vzorcev. Daljše je, višje vrednosti ima koeficient. V splošnem pa veljajo koeficienti na 65 % za dovolj visoke, da lahko govorimo o podobnosti dveh krivulj. Koeficient časovne skladnosti smo izračunavali v programu PAST-4 po naslednji formuli:

$$\Delta_i = (x_{i+1} - x_i) \rightarrow \begin{cases} \Delta_i > 0 : G_{ix} = +1 \\ \Delta_i = 0 : G_{ix} = 0 \\ \Delta_i < 0 : G_{ix} = -1 \end{cases} \quad GLK\% = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} |G_{ix} + G_{iy}|$$

GLK % koeficient časovne skladnosti med dvema kronologijama

Δ_i razlika med dvema zaporednima letoma

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:

$$50 + \frac{z \cdot 50}{\sqrt{n}}$$

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

n = število let prekrivanja obeh kronologij

Indeks navzkrižnega datiranja – CDI (an. *CrossDate Index*)

Indeks navzkrižnega datiranja je povzet po Schmidtu in je kombinacija koeficienta časovne skladnosti, t-vrednosti po Hollsteinu in t-vrednosti po Baillie-Pilcherju (SCHMIDT 1987). Dobra stran tega indeksa je, da poudari sinhrono in zmanjša nesinhrono pozicije. To doseže tako, da t-vrednosti pomnoži s tistimi koeficienti časovne skladnosti, ki imajo vrednosti večje od 50 %. Vrednosti indeksa so med 0 in 1000, pri tem pa velja, da so vrednosti nad 100 značilne. CDI se izračuna po naslednji formuli:

$$CDI = \frac{(GLK\% - 50)(t_{BP} + t_{HO})}{2} \frac{n}{1000}$$

CDI indeks navzkrižnega datiranja

GLK% koeficient časovne skladnosti

t_{BP} t-vrednost po Baillie-Pilcherju

t_{HO} t-vrednost po Hollsteinu

n število let prekrivanja

Srednja stopnja občutljivosti – MS (an. *Mean Sensitivity*)

Srednja stopnja občutljivosti (MS) je kazalec, ki je bil razvit posebej za potrebe dendrokronologije. Z njim merimo relativne razlike med širino opazovane in predhodne branike. Douglas je definiral srednjo stopnjo občutljivosti kot povprečni odstotek spremembe med opazovano in predhodno braniko (povzeto iz FRITTS 1976, str. 257-258). Povprečna stopnja občutljivosti se izračuna po naslednji formuli:

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

ms_x srednja stopnja občutljivosti

x_{t+1} preučevana branika

x_t predhodna branika

n število let prekrivanja

Vrednosti za srednjo stopnjo občutljivosti se gibljejo 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 razlike med zaporednimi širinami branik manjše, drevesa pa se manj odzivajo na okoljske vplive (npr. v zelo izenačenih razmerah mrzishč), višje vrednosti pa, da so med zaporednimi širinami branik precej velike razlike. Do takšnih razlik v rasti prihaja na ekstremnih rastiščih (npr. na sušnih smrekovih rastiščih, na zelo plitvih, skeletnih tleh ipd.). Ravno zaradi tega velja, da so za dendroklimatološke analize primernejša rastišča z visoko stopnjo občutljivosti (FRITTS 1976). V primerjavi z varianco in standardnim odklonom širin branik je

poudarek srednje stopnje občutljivosti bolj na spremembah med zaporednimi leti kot pa na variabilnosti (standardnem odklonu) celotnega zaporedja širin branik.

3 REZULTATI IN DISKUSIJA **RESULTS AND DISCUSSION**

3.1 KRONOLOGIJE PLOSKEV **CHRONOLOGIES BY PLOTS**

Posamezna sinhronizirana zaporedja širin branik smo na nivoju drevesa združili v povprečno zaporedje širin branik za posamezno drevo, nato pa ta povprečja združili v lokalno kronologijo. V prvem koraku smo sestavili lokalno kronologijo iz zaporedij širin branik, ki so se statistično in vizualno najbolje ujemala. Tako smo vključili vsa zaporedja širin branik, ki so pri navzkrižnem datiranju imela parameter t_{BP} nad 7,00, koeficient istosmernosti GLK % nad 75,00 in indeks navzkrižnega datiranja CDI nad 150,00. V drugem koraku smo lokalni kronologiji skušali pripojiti tudi zaporedja širin branik, ki v prvem koraku niso dosegala dovolj visokih statističnih parametrov, lahko pa bi se bolje prilegala na nastajajočo kronologijo. Tudi kriteriji vključevanja v posameznega zaporedja širin branik v lokalno kronologijo v drugem koraku so bili enaki kot pri sestavljanju začetne kronologije. Dolžina dobljenih lokalnih kronologij je bila med 87 in 327 leti. Čeprav so bila vzorčenja na vseh lokacijah, razen na lokaciji Komna / Vogel in Uskovnica, opravljena v letih 2002 in 2003, se vse lokalne kronologije ne zaključijo v teh dveh letih - najpogostejši razlog za to je izjemno ozka zadnja branika ali pa poškodba zadnje ali zadnjih dveh branik ob vrtnanju.

Starosti analiziranih dreves in dolžine dobljenih kronologij so v povprečju dokaj visoke. Najkrajša kronologija je bila dobljena na ploskvi Jezersko-1, samo 87 let. Najdaljše lokalne kronologije z območja JV Alp so tiste z Vršiča (325 let), Uskovnice (327 let) in Veže (318 let). Tudi sicer smo na teh lokacijah našli še nekaj zelo starih dreves, ki pa jih zaradi rastnih posebnosti in številnih izpadlih branik nismo mogli vključiti v kronologije lokacij. Tako smo na Veži našli drevesa s 453 in 423 branikami, na Vršiču eno drevo z več kot 382 branikami in na Uskovnici eno drevo z najmanj 372 branikami. Večinoma so bila to votla ali pa od plazov, snega in strel poškodovana drevesa. Z dendrokronološkega

vidika so zanimiva predvsem zato, ker so tako zelo stara, zaradi posebnosti v rasti pa žal niso bila primerna za vključitev v lokalno kronologijo.

Preglednica 2: Osnovni podatki o lokalnih kronologijah, ki so osnova za oblikovanje macesnove kronologije živih dreves za JV Alpe

Table 2: Basic data on local chronologies comprised in the Southeast Alps living larch chronology

Ime kronologije Chronology name	Dolžina Length	Od From	Do To	Največje število dreves* Max. number of trees*
Uskovnica	327	1670	1996	14 od 18
Vršič	325	1677	2001	11 od 13
Veža	318	1685	2002	9 od 12
Komna	221	1777	1997	8 od 12
Jezersko-2	220	1783	2002	9 od 10
Viševnik	168	1834	2001	12 od 15
Jezersko-1	87	1915	2001	11 od 14

* v kronologijo so bili vključeni samo vzorci z visokimi statističnimi kazalci.

* *only samples with significant statistical parameters were included in chronology*

Starosti analiziranih dreves in dolžine dobljenih kronologij so v povprečju dokaj visoke. Najkrajša kronologija je bila dobljena na ploskvi Jezersko-1, samo 87 let. Najdaljše lokalne kronologije z območja JV Alp so tiste z Vršiča (325 let), Uskovnice (327 let) in Veže (318 let). Tudi sicer smo na teh lokacijah našli še nekaj zelo starih dreves, ki pa jih zaradi rastnih posebnosti in številnih izpadlih branik nismo mogli vključiti v kronologije lokacij. Tako smo na Veži našli drevesa s 453 in 423 branikami, na Vršiču eno drevo z več kot 382 branikami in na Uskovnici eno drevo z najmanj 372 branikami. Večinoma so bila to votla ali pa od plazov, snega in strel poškodovana drevesa. Z dendrokronološkega vidika so zanimiva predvsem zato, ker so tako zelo stara, zaradi posebnosti v rasti pa žal niso bila primerna za vključitev v lokalno kronologijo.

Pregled osnovnih statističnih kazalcev lokalnih kronologij (preglednica 3) pokaže, da so bile najožje branike izmerjene na ploskvah Uskovnica in Vršič, najširše pa na ploskvah Jezersko-1 in Jezersko-2. V povprečju so bile branike široke med 0,76 in 2,55 mm. Največja variabilnost širine branike je bila na ploskvi Jezersko-1, najmanjša pa na Vršiču.

To kaže na dejstvo, da so bile širine branike na Vršiču izjemno izenačene, kar je posledica zelo zaostrenih rastnih razmer. Na tem rastišču smo imeli tudi največ težav z izpadlimi in lažnimi branikami. Avtokorelacija je v nestandardiziranih kronologijah indikator medsebojne odvisnosti širin dveh zaporednih branik. Višje so vrednosti, bolj je prirastek aktualnega leta odvisen od prirastka predhodnega letu. Najvišja avtokorelacija je bila izračunana na ploskvi Jezersko-1, najnižja pa na ploskvi Komna.

Srednja stopnja občutljivosti (MS) je bila najnižja na ploskvi Jezersko-1. To kaže, da so razlike med zaporednimi letnimi prirastki razmeroma majhne, kar pomeni, da okolje, v katerem rastejo drevesa, ni tako ekstremno kot npr. na Vršiču ali Veži. V nasprotju s to ploskvijo je na ploskvi Vršič srednja stopnja občutljivosti 0,27, kar pomeni, da so razlike v zaporednih letnih prirastkih lahko precej velike in da se drevesa precej občutljivo odzivajo na ostre okoljske dejavnike.

Na splošno lahko zaključimo, da imajo macesni na zgornji gozdni meji v glavnem relativno ozke branike (okoli 1 mm), razen na dveh ploskvah v Karavankah, kjer je tudi minimalna širina branike precej nadpovprečna, in da se na bolj ekstremnih rastiščih bolj senzitivno odzivajo na okoljske razmere (visoke vrednosti MS).

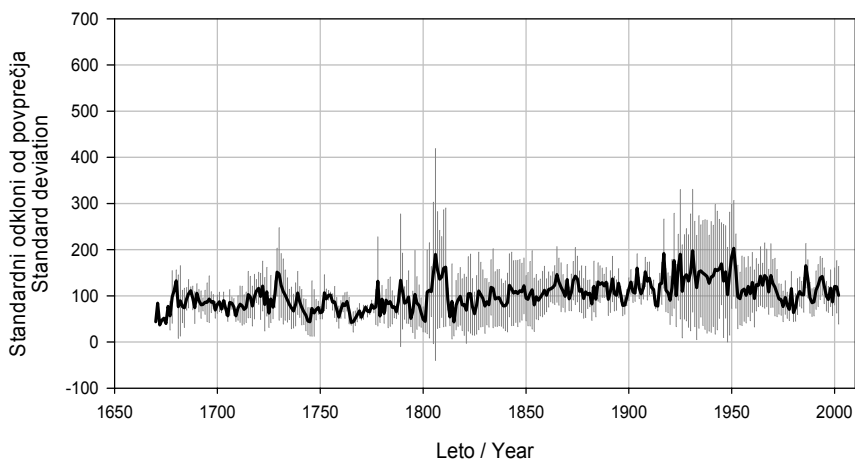
Preglednica 3: Osnovni statistični kazalci lokalnih kronologij

Table 3: Basic statistical parameters of the studied local chronologies

Kronologija Chronology	Dolžina Length	Min. Min	Maks. Max	Povp. Average	Var Variance	STD Standard deviation	AC(1) 1st order autocorrelation	MS Mean sensitivity
	Let Years	mm	mm	mm				
Jezersko-2	220	0,14	5,94	1,40	2,49	1,58	0,70	0,26
Jezersko-1	87	0,78	4,96	2,55	7,80	2,79	0,86	0,18
Viševnik	168	0,14	3,15	1,22	1,75	1,32	0,66	0,25
Komna	221	0,23	2,75	1,11	1,43	1,20	0,52	0,27
Uskovnica	327	0,10	1,83	0,88	0,90	0,95	0,74	0,24
Veža	318	0,21	2,57	0,88	0,89	0,94	0,71	0,23
Vršič	325	0,15	2,08	0,76	0,68	0,82	0,67	0,27
Lar-SE-slo	333	0,35	2,19	1,01	1,11	1,06	0,71	0,19

3.2 PRIMERJAVA KRONOLOGIJ MED PLOSKVAMI COMPARISON OF CHRONOLOGIES BETWEEN PLOTS

Osnova za sestavo dolge macesnove kronologije za JV Alpe so lokalne kronologije posameznih lokacij. Le-te se morajo dobro statistično in vizualno ujemati. Zaželeno je tudi, da se ujema vsaj določeno število pozitivnih in negativnih značilnih let. Pri sestavi ene lokalne kronologije za celotno jugovzhodno območje Alp smo upoštevali vse lokalne kronologije, ne glede na njihovo dolžino. Kriteriji za vključitev v regionalno kronologijo so bili visoki statistični kazalci, dobro vizualno ujemanje in ujemanje značilnih let. Primerjava je bila vizualna in statistična. Pri vizualni primerjavi smo opazovali optično ujemanje prirastnih vzorcev, pri statistični primerjavi pa ustrezno visoko značilnost posameznih statističnih parametrov. Tako smo ugotovili, da je statistično ujemanje med lokalnimi kronologijami dobro. Statistično značilne vrednosti t_{BP} nihajo med 5,06 in 12,20, GLK % med 63,40 in 74,10, CDI pa med 58,90 in 250,00. Vse lokalne kronologije se med seboj relativno dobro in statistično značilno ujemajo. Izjema sta le kronologiji *Jezersko-1* in *Jezersko-2*, ki se ne ujemata s kronologijami Vršič, Vogel in Uskovnica, se pa zelo dobro ujemata s kronologijami z Viševnika in Veže (preglednica 4).



Slika 4: Variabilnost širine branik lokalnih kronologij v različnih obdobjih v primerjavi z regionalno kronologijo (krepka črta)

Figure 4: Tree-ring width variability of different local chronologies in different time periods, heavy line = regional chronology lar-SE-slo

Preglednica 4: Ujemanje kronologij med seboj (krepko so označene značilne primerjave vrednosti t_{BP} , GLK % in CDI)

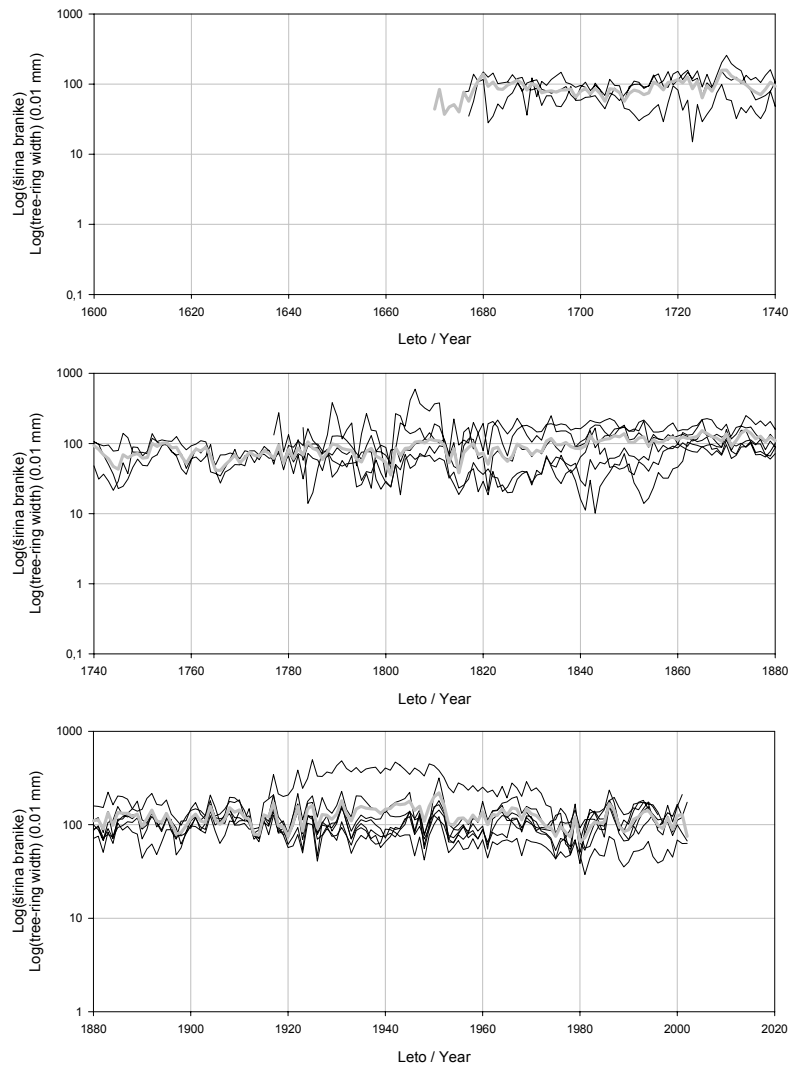
Table 4: Comparison of chronologies between plots (with significant relations of values t_{BP} , GLK% and CDI in bold)

		Jezerško 2	Jezerško 1	Viševnik	Komna	Uskovnica	Veža
Jezerško 1	t_{BP}	8,12					
	GLK%	74,10					
	CDI	194,00					
Viševnik	t_{BP}	9,66	5,06				
	GLK%	68,50	63,40				
	CDI	180,00	74,30				
Vogel	t_{BP}	3,31	3,34	6,47			
	GLK%	65,30	62,80	66,50			
	CDI	35,20	51,20	116,00			
Uskovnica	t_{BP}	3,90	6,05	5,98	6,06		
	GLK%	66,80	66,00	65,00	68,60		
	CDI	43,90	132,00	183,00	141,00		
Veža	t_{BP}	5,30	7,44	9,27	7,89	10,20	
	GLK%	68,00	69,50	67,30	71,30	69,60	
	CDI	61,90	125,00	159,00	195,00	214,00	
Vršič	t_{BP}	3,67	5,44	12,20	9,95	8,96	7,60
	GLK%	64,60	63,40	67,30	70,80	69,80	63,70
	CDI	44,40	76,90	180,00	237,00	203,00	118,00

Skupna značilna leta (an. pointer years)

Analiza skupnih pozitivnih in negativnih značilnih let* je pokazala dobro ujemanje značilnih let na celotnem analiziranem intervalu (1870-2002). Za obdobje 1870-2002 smo se odločili zato, ker je skupno večini analiziranih lokalnih kronologij in ker je od tega leta dalje ustrezna tudi zahtevana globina pri posameznih lokalnih kronologijah. Tako smo na vseh analiziranih lokacijah ugotovili 13 pozitivnih značilnih let na 5 ali več lokacijah in 17 negativnih značilnih let na 5 ali več lokacijah. Od tega je bilo 5 pozitivnih značilnih let na 6 od skupno 7 lokacij (leta 1922, 1924, 1934, 1969 in 1986). Eno pozitivno značilno leto (1949) je bilo skupno vsem raziskanim lokacijam. Pri negativnih značilnih letih jih je bilo kar 8 na 6 od 7 lokacij (leta 1902, 1923, 1926, 1932, 1946, 1948, 1961 in 1988). Eno negativno značilno leto pa je bilo skupno vsem lokacijam (1980).

* Kot skupno značilno leto smo definirali tisto leto, ki se pojavi na 4 od 7 preučeni ploskvah. Kriterij je veljal tako za pozitivna kot za negativna značilna leta.



Slika 5: Primerjava kronologij vseh analiziranih macesnovih ploskev v SV predelu Alp v Sloveniji - siva črta je macesnova kronologija za SV Alpe vpeta v lokalne kronologije.

Figure 5: Chronologies of all analysed larch (*Larix decidua* Mill.) plots in SE Alps in Slovenia - with grey line representing regional chronology for larch in SE Alps.

Število značilnih let med lokacijami se precej razlikuje. Največje število pozitivnih in negativnih značilnih let imata ploskvi Vršič (54) in Veža (53). Sledijo jima ploskve Jezersko-2, Uskovnica in Viševnik s po 49 značilnimi leti.

Preglednica 5: Skupna značilna pozitivna leta (kriterij za značilno leto: vsaj 80 % od najmanj 8 dreves se mora odzvati z dvigom ali padcem prirastka glede na preteklo leto)

Table 5: Common positive pointer years (criteria for pointer year: 80% of at least 8 trees should react with increase or decrease of increment in the studied year)

LETO Year	Jezersko 2	Jezersko 1	Viševnik	Vogel	Uskovnica	Veža	Vršič
1883	#		#			#	#
1885			#		#	#	#
1888					#		
1891	#		#		#	#	#
1892			#	#	#	#	
1895	#			#	#	#	#
1904	#			#	#	#	#
1915			#		#	#	#
1921	#		#		#	#	#
1922	#		#	#	#	#	#
1924	#		#	#	#	#	#
1927			#	#	#		#
1931	#		#	#	#		#
1934	#	#	#		#	#	#
1947	#			#	#	#	#
1949	#	#	#	#	#	#	#
1950	#		#		#		#
1960	#		#			#	#
1962	#			#	#		#
1969	#	#	#	#		#	#
1976	#		#		#		#
1979		#	#		#	#	#
1981		#		#	#		#
1982			#	#	#	#	#
1986	#		#	#	#	#	#
1989				#			
1991			#	#	#		#
1998		#	#			#	#
2000	#	#	#			#	#
SKUPAJ	19	8	23	16	26	21	27

Preglednica 6: Skupna značilna negativna leta (kriterij za značilno leto: vsaj 80 % od najmanj 8 dreves se mora odzvati z dvigom ali padcem prirastka glede na preteklo leto)

Table 6: Common negative pointer years (criteria for pointer year: 80% of at least 8 trees should react with increase or decrease of increment in studied year)

LETO Year	Jezersko 2	Jezersko 1	Viševnik	Vogel	Uskovnica	Veža	Vršič
1871	#				#	#	#
1882			#		#	#	#
1884	#				#	#	#
1888	#					#	#
1890			#	#	#	#	
1893	#		#	#	#	#	
1894				#	#	#	
1897	#				#	#	#
1902	#		#	#	#	#	#
1905	#		#		#	#	#
1913	#		#		#	#	#
1918	#		#		#	#	#
1920	#		#	#		#	
1923	#		#	#	#	#	#
1926	#		#	#	#	#	#
1932	#		#	#	#	#	#
1933	#		#	#	#		#
1939	#	#	#				#
1946	#		#	#	#	#	#
1948	#		#	#	#	#	#
1952	#		#		#	#	#
1953	#	#	#			#	#
1956	#					#	#
1959	#	#	#			#	#
1961	#	#	#		#	#	#
1968	#	#	#			#	#
1974	#	#			#	#	
1980	#	#	#	#	#	#	#
1981	#		#			#	
1987			#	#	#		#
1988	#	#	#		#	#	#
1989	#	#				#	
1996	#	#	#			#	#
SKUPAJ	30	10	26	14	23	32	27

3.3 KONČNA KRONOLOGIJA IN PRIMERJAVA Z DRUGIMI MACESNOVIMI KRONOLOGIJAMI IZ ALP FINAL CHRONOLOGY AND COMPARISON WITH LARCH CHRONOLOGIES FROM THE ALPINE REGION

Macesnova kronologija živih dreves za območje JV Alp je sestavljena iz lokalnih kronologij z lokacij *Viševnik, Uskovnica, Vogel/Komna, Vršič, Jezersko-1, Jezersko-2* ter *Veža*. Osnovne značilnosti kronologije so podane v preglednici 7. Kronologija je dolga 333 let, 95 % kronologije je pokrito z vsaj štirimi vzorci, največja globina je 74. Kronologija ima 34 pozitivnih in 87 negativnih značilnih let. Povprečna širina branike je $0,97 \text{ mm} \pm 0,31 \text{ mm}$. Najširša branika meri 2,16 mm, najožja pa 0,33 mm. Srednja stopnja občutljivosti je 0,188, avtokorelacija nestandardizirane kronologije pa je 0,74 (preglednica 7). Kronologija z globino je predstavljena na sliki 6.

Kronologijo živih macesnovih dreves smo primerjali z nekaterimi obstoječimi macesnovimi kronologijami za območje Alp. Macesnova kronologija z imenom Bebbler (BEBBER 1990) je bila izdelana za območje JV Italije, Lar-IT-SLO je združena italijansko macesnova kronologija, opisana v LEVANIČ / PIGNATELLI / ČUFAR (2001), kronologija Dachstein pokriva področje Dachsteina v Avstrija in je last dendrokronološkega laboratorija z BOKU, kronologijo Tirolska nam je odstopil Kurt Niccolussi, pokriva območje Obergurgla in širše okolice, tej kronologiji je podobna kronologija Obergurgel avtorice Veronike Giertz, ki smo jo dobili v mednarodni banki podatkov ITRDB* (NOAA, Boulder, Colorado, ZDA). Prav tako smo na spletu v isti banki podatkov dobili tudi naslednje kronologije: Berchstesgaden, Nemčija* (avtor K. Brehme), Les Mervieles, Francija* (avtor F. Serre Bachet), Fodara Vedla, Italija* (avtor W. Huesken), L'Orgere A in B, Francija* (avtor L. Tessier), Mar Lodge, Velika Britanija* (avtor F. Schweingruber) ter tri švicarske macesnove kronologije avtorja F. Schweingruberja Riederalp-Binna, Riederalp-Aletschwald in Simmental-Iffigenalp*.

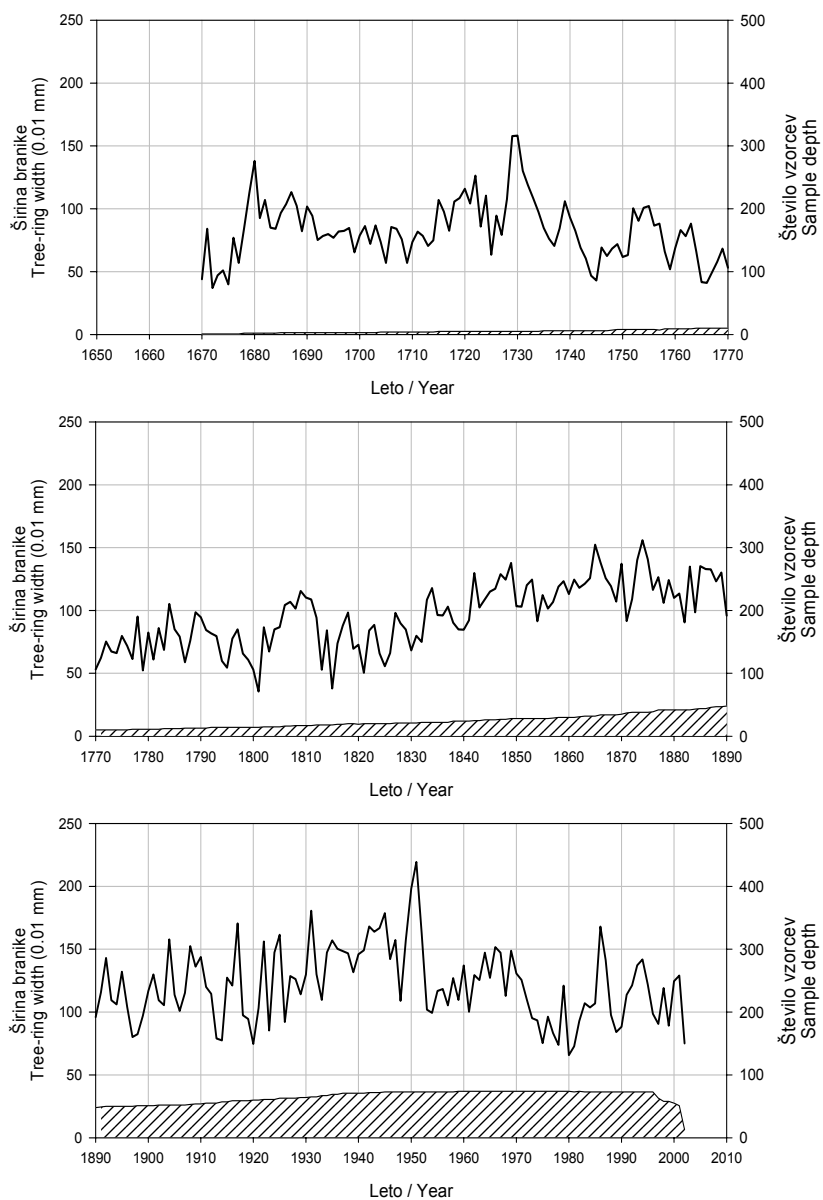
* Podatke v mednarodno banko podatkov prispevajo različni raziskovalci, kjer ni posebej navedena referenca. Velja naslednja oblika citiranja: »Contributors of the International Tree-Ring Data Bank, IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology, NOAA/NCDC Paleoclimatology Program, Boulder, Colorado, USA«

Preglednica 7: Osnovne značilnosti nove macesne kronologije živih dreves za področje JV Alp

Table 7: Basic characteristics of new larch chronology based on living trees for SE part of the Alps

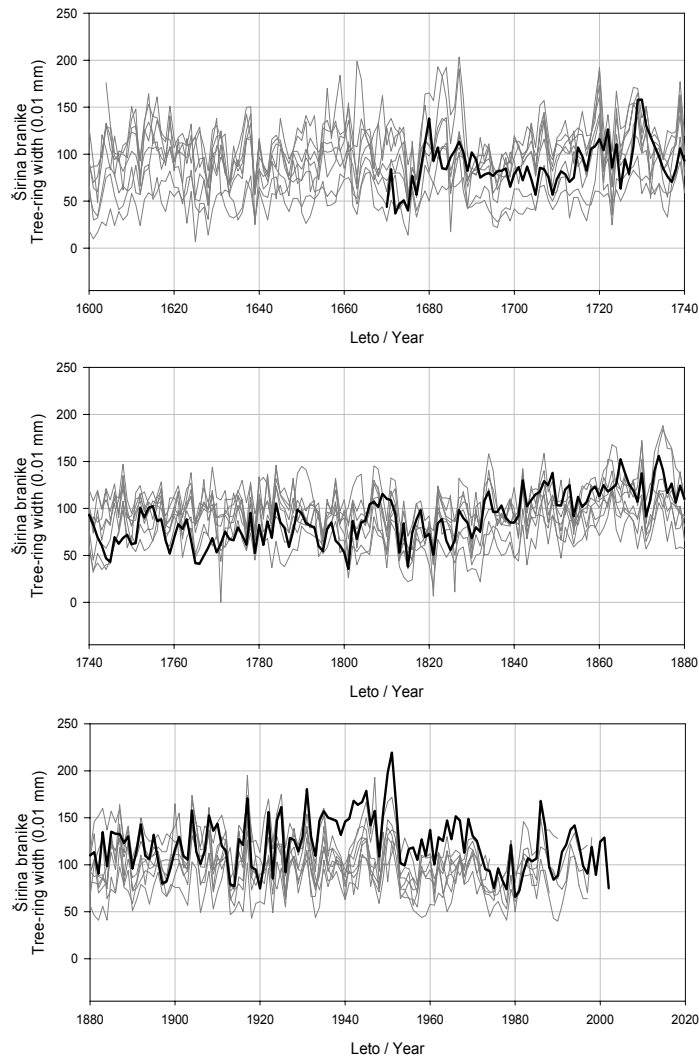
Parameter <i>Parameter</i>	Vrednost <i>Value</i>
Dolžina kronologije <i>Length of the chronology</i>	333 let / years
Povprečna širina branike <i>Average tree-ring width</i>	0,97 mm
Standardni odklon <i>Standard deviation</i>	±0,31 mm
Minimalna širina branike <i>Minimum tree-ring width</i>	0,33 mm
Maksimalna širina branike <i>Maximum tree-ring width</i>	2,16 mm
Srednja stopnja občutljivosti <i>Mean sensitivity</i>	0,188
Avtokorelacija 1 stopnje <i>1st order autocorrelation</i>	0,74
Največja globina <i>Maximum chronology depth</i>	74
Delež kronologije z globino 13 ali več <i>Percentage with depth more than 12</i>	74%
Delež kronologije z globino 4 ali več <i>Percentage with depth more than 3</i>	95%
Število pozitivnih značilnih let* <i>Number of positive pointer years</i>	34 (1758-2000)
Število negativnih značilnih let* <i>Number of negative pointer years</i>	87 (1758-2000)

* Kriterij za izbiro značilnega leta je bil: minimalna globina - 13 vzorcev v analiziranem letu; 80 % branik v analiziranem letu mora glede na predhodno leto izkazovati povečanje oz. zmanjšanje prirastka (skladno s SCHWEINGRUBER et al. 1990).



Slika 6: Slika macesne kronologije za zgornjo gozdno mejo v JV Alpah

Figure 6: Living larch chronology for upper timber line for SE edge of the Alps



Slika 7: Primerjava končne kronologije *lar-SE-slo* z macesnovimi kronologijami za alpski prostor - dve kronologiji sta iz Italije, tri iz Avstrije, po ena iz Francije in Nemčije, zadnja pa je kombinacija slovenskih in italijanskih kronologij, ki lokacijsko izvirajo iz območij, ki gravitirajo proti Jadranskemu morju.

Figure 7: Comparison of final larch chronology for SE edge of the Alps and some existing larch chronologies from Italy (1), Austria (3), France (1), Germany (1), and combination of Slovenian-Italian larch chronology based on combination of chronologies from close to the Adriatic sea locations.

Primerjava naše kronologije z vsemi prej omenjenimi tujimi kronologijami je pokazala, da se naša kronologija dobro vklaplja v obstoječe macesnove kronologije iz zahodnega, vzhodnega in severnega alpskega prostora, zelo malo pa ima skupnega z nekaterimi kronologijami iz centralnih Alp (Švica in Francija). Nič skupnega pa nima s Schweingruberjevo macesnovo kronologije Mar Lodge iz Velike Britanije.

Preglednica 8: Ujemanje macesnove kronologije za JV Alpe z nekaterimi kronologijami iz alpskega prostora (polna dolžina kronologije obdobje 1670-2002). Z zvezdico so označene kronologije, dobljene iz mednarodne dendrokronološke banke podatkov ITRDB. Podatki so razvrščeni po padajoči vrednosti koeficienta t_{BP} .

Table 8: Comparison of living larch chronology for SE part of the Alps with selection of larch chronologies from the Alpine region (period 1670-2002). Chronologies marked with * were downloaded from international dendrochronological databank ITRDB. Data are sorted according to descending t_{BP} value.

Kronologija <i>Chronology</i>	Država <i>State</i>	Prekrivanje <i>Overlap</i>	t_{BP}	GLK%	CDI	Od-do <i>From-To</i>
Fodara Vedla*	Italija	321	14,20	76,60	428	1670-1990
Lar-IT-SLO	SLO - I	328	13,80	72,70	352	1678-1997
Tirolska	Avstrija	329	12,70	69,80	286	1670-1998
Dachstein	Avstrija	328	12,20	71,00	274	1670-1997
Obergurgel*	Avstrija	303	9,57	70,10	207	1670-1972
Berchtesgaden*	Nemčija	278	9,56	69,20	205	1670-1947
Iffigenalp*	Švica	306	9,36	65,50	156	1681-1986
Bebber	Italija	319	8,98	72,70	218	1670-1988
L'orgere B*	Francija	304	7,00	63,80	117	1670-1973
L'orgere A*	Francija	289	6,52	63,10	100	1670-1958
Les Mervieles*	Francija	305	5,82	61,00	78	1670-1974
Alletschwald*	Švica	183	5,40	65,60	95	1792-1974
Binna*	Švica	97	3,78	68,60	73	1877-1973
Mar Lodge*	V. Britanija	131	0,12	74,70	0	1846-1976

4 ZAKLJUČKI CONCLUSIONS

Za območje slovenskega dela Alp smo naredili macesново kronologijo, ki temelji izključno na materialu rastočih dreves. Namen sestave takšne kronologije je bil pridobiti karseda dolgo kronologijo, ki bi bila v nadaljevanju raziskav primerna za dendroklimatološke analize. Razlog za izbiro samo živih dreves je bil v tem, da pri vgrajenem materialu dostikrat ne poznamo izvora materiala, kar pomeni, da vzorcem iz tako heterogene množice dreves posekanih na neznanih lokacijah zelo težko priredimo ustrezne meteorološke podatke, ki so osnova za dendroklimatološko analizo.

Rezultat našega dela je 333 let dolga kronologija, ki ima na celotnem razponu dobro pokritost, dober klimatski signal in se vizualno ter statistično dobro dopolnjuje z večino obstoječih macesnovih kronologij za področje Alp.

V primerjavi z drugo macesново kronologijo (LEVANIČ / PIGNATELLI / ČUFAR 2001), ki temelji na kombinaciji materiala živih dreves ter objektov iz Julijskih Alp in različnih objektov iz Italije, je nova macesnova kronologija reprezentativna za celotno področje jugovzhodnih Alp in pokriva celoten alpski prostor v Sloveniji. Kot taka je solidna osnova tudi za datiranje objektov iz obdobja od leta 1670 do sedanjosti.

Kljub dejstvu, da smo pri vzorčenju naleteli na zelo stara drevesa s 400 in več branikami, pa teh dreves nismo mogli vključiti v novo kronologijo. Razlogov za to je več, najpomembnejši so izjemno ozke branike, številne izpadle / dvojne branike, številne poškodbe, votlost ipd. Čeprav so bila drevesa izjemno stara – verjetno je šlo za najstarejše macesne v Sloveniji – in bi s svojo starostjo pomembno prispevala h konstrukciji dolge kronologije, pa jih zaradi njihovih rastnih posebnosti nismo mogli vključiti v kronologijo.

Velika podobnost s kronologijami (= telekonekcija) za preostale predele Alp nam pove, da više ko gremo v nadmorski višini, bolj si je odziv dreves na širšem alpskem območju podoben. To hkrati tudi pomeni, da bi bilo smiselno sestaviti univerzalno macesново kronologijo za celotno območje Alp in za daljše časovno obdobje. Precej dolgih macesnovih kronologij je že sestavljenih, vendar je le slovensko-italijanska prvi poskus

takšne združitve macesnovih lokalnih kronologij na širšem geografskem prostoru (primerjaj npr. LEVANIČ / PIGNATELLI / ČUFAR 2001). Druge macesnove kronologije so večinoma narejene za določeno ožje območje.

5 POVZETEK

V delu predstavljamo sestavo dolge kronologije živih macesnov za območje jugovzhodnih Alp. Macesnova kronologija, ki bi sistematično pokrila celotno alpsko območje v Sloveniji in hkrati preverila, ali so obstoječe alpske macesnove kronologije primerne za dendrokronološko delo v Sloveniji, doslej še ni bila narejena. Vzorce za kronologijo smo nabrali na območju, ki je segalo od Julijskih Alp (pretežno Triglavskega narodnega parka) do skrajnega roba Kamniško-Savinjskih Alp. Na tem območju smo izbrali 6 reprezentativnih lokacij – Komna, Uskovnica, Viševnik, Vršič, Jezersko (2 ploskvi) in Vežo (Dleskovška planota). Na vsaki od teh lokacij smo na zgornji gozdni meji izbrali redke sestoje starih macesnov in v vsakem od njih 10-18 dreves za dendrokronološko analizo. Iz vsakega izbranega drevesa smo odvzeli po dva izvrtka. Izvrtke smo odvzeli tako, da smo se izognili kompresijskemu lesu (pravokotno na padnico). Vzorce smo v laboratoriju posušili, vlepili v lesene nosilce in zbrusili na tračni brusilki. Za brušenje smo uporabili brusni papir treh granulacij – 180, 360 in 600. Večini vzorcev smo širine branik izmerili na merilni mizici LINTAB in dobljene podatke obdelali v programu PAST-4. Najbolj zahtevne vzorce pa smo poskenirali na skenerju zelo visoke ločljivosti (1600 DPI optične resolucije). Datoteka vsakega poskeniranega vzorca je bila velika okoli 40 megabajtov, kar je pomenilo precejšen problem pri obdelavi podatkov. Skenirane vzorce smo obdelali v programu WinDENDRO in rezultate analiz prenesli v program PAST-4 (www.sciem.com), kjer smo jih sinhronizirali in vključili med preostala izmerjena zaporedja širin branik.

Rezultat analiz so lokalne kronologije za 7 lokacij v slovenskih Alpah, kjer se pojavlja macesen. Lokalne kronologije so dolge med 87 in 327 leti in pri največji dolžini pokrivajo obdobje od leta 1670 do 2002. Pokritost posameznih kronologij niha med 8 in 14. Medsebojno ujemanje kronologij je zelo dobro, razlikujeta se edino lokalni kronologiji Jezersko-1 in Jezersko-2, ki se ne ujemata z lokalnimi kronologijami z Vogla, Vršiča in Uskovnice, čeprav je ujemanje posameznih zaporedij širin branik znotraj

lokacij *Jezerško-1* in *2* zelo dobro. Skupno smo na vseh ploskvah identificirali 13 pozitivnih in 17 negativnih značilnih let. Od tega se je bilo pet negativnih (leta 1922, 1924, 1934, 1969 in 1986) in eno pozitivno značilno leto (1949) na vseh ploskvah.

Vse lokalne kronologije smo združili v regionalno macesnovo kronologijo za območje jugovzhodnih Alp in dobili 333 let dolgo kronologijo. Njena največja pokritost je 74 dreves, na 95 % celotne dolžine pa je pokritost vsaj 4 drevesa. Širina branike je glede na rastišče analiziranih dreves ustrezno ozka, le $0,97 \text{ mm} \pm 0,31 \text{ mm}$. Najširša branika v kronologiji ima 2,16 mm, najožja pa 0,33mm. Srednja stopnja občutljivosti je 0,188, avtokorelacija 1 stopnje pa 0,74.

Primerjava slovenske kronologije živih macesnov z macesnovimi kronologijami, ki so jih naredili za druge predele Alp, je pokazala, da se naša kronologija lar-SE-slo zelo dobro ujema s kronologijami iz Avstrije, Italije in Francije, nekoliko slabše s kronologijami iz centralnih Alp - Švica, nikakršne podobnosti pa ni z macesnovo kronologijo iz Velike Britanije.

6 SUMMARY

The paper presents structure of the European larch (*Larix decidua* Mill.) chronology for the southeastern part of the Alps. Larch chronology is solely based on living trees. The reason for building this chronology lies in the fact that there is no representative larch chronology for this region that would be good enough for the dating purposes and with a strong climatic signal at the same time. Earlier made larch chronologies cover only a part of the Julian Alps, and as other parts have not been included into the existing larch chronologies, additional larch chronology has to be made that would include all larch sites in the Slovenian Alps and would be appropriate proxy record for climate reconstruction work.

Samples were collected on 6 locations – Komna, Uskovnica, Viševnik and Vršič in the Julian Alps, Jezerško-1 and Jezerško-2 in Karavanke Mts. and Veža (Dleskovška planota) in Kamniško-Savinjske Alps. On each location we took cores of at least 10 trees. Maximum number of cored trees was 18 on Uskovnica. On average, we cored 15 trees

per location. From each tree we took 2 cores perpendicular to the slope to avoid occurrence of the compression wood. Samples have been dried and glued into wooden holders. They were further processed on a belt sander to achieve proper surface for measuring. Three different grits of paper – 180, 360 and 600 – were used. Use of super fine grit was necessary as many of the examined rings were very narrow (only few cells per year).

Tree-ring widths were measured on a LINTAB measuring table connected to dendrochronological programme PAST-4 (www.sciem.com). Additionally, most problematic samples have been scanned at 1600 DPI and analysed in WinDENDRO 2003a. This enables us to study each core and to avoid possible missing or false rings.

For each plot we built a local chronology. Local chronologies were constructed only from those tree-ring series that really fit well into local chronology. On average, 90% of sampled trees could be included into local chronology. The longest local chronology was 327 and the shortest only 87 years long. Sample depth of local chronologies varies between 8 and 14. Correlations between chronologies were generally high. Only two locations, *Jezersko-1* and 2, did not correlate well with other chronologies, despite the fact that samples from each location fit well into local chronologies. Furthermore, we identified 13 positive and 17 negative common pointer years on at least 4 locations and 5 negative (1922, 1924, 1934, 1969 and 1986) and 1 positive pointer year (1949) on all studied locations.

Some cored trees were not included into local chronologies, despite the fact that they happened to be the oldest larch trees found in Slovenia. Growth of those trees was so complicated (they had many missing or false rings) that they did not meet the standards to be included into local chronologies.

In the final step we compiled regional larch chronology for the southeastern part of the Alps. Regional chronology *lar-SE-slo* is 333 years long, covers the period 1670-2002, and has a good sample depth. Highest sample depth is 74, more than four samples are present in 95% of the entire length and only first eight years are based on a single tree. Average tree-ring width of the new chronology is 0.97 ± 0.31 mm, widest ring 2.16 mm, and narrowest 0.33 mm. Relative mean sensitivity is 0.188, and the 1st order autocorrelation is 0.74. New compiled chronology has 34 positive and 87 negative

pointer years. Comparison of newly developed larch chronology lar-SE-slo with larch chronologies from Austria, Italy, Germany and France gives very high statistical values and very good visual similarity. Comparison with chronologies from the Central Alps (Switzerland) gives good statistical values and visual similarity, while comparison with one larch chronology from Great Britain gave no significant results at all.

7 VIRI REFERENCES

- BAILLIE, M. G. L. / PILCHER, J. R., 1973. A simple crossdating program for tree-ring research.- *Tree ring Bulletin* publ. 1974, 33: 7-14.
- BEBBER, A. E., 1990. A tree ring chronology for larch (*Larix decidua*) from the eastern Italian Alps.- *Dendrochronologia* 8: 119-139.
- 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.
- ECKSTEIN, D. / ANIOL, R. W. / BAUCH, J., 1983. Dendroklimatologische Untersuchungen zum Tannensterben.- *Eur.J.For.Path* 13, 5-6: 279-288.
- ECKSTEIN, D. / BAUCH, J., 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit.- *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 88, 4: 230-250.
- ECKSTEIN, D. / SCHOLZ, F. / KLEIN, H., 1995. Wood anatomical studies on cloned spruce trees fumigated with sulphur dioxide.- *IAWA Journal* 16, 3: 299-309.
- EGGERTSSON, O. / LEVANIČ, T., 2003. Tree ring studies in Iceland using two different approaches.- V: *Conference of the European Working Group for Dendrochronology*, Obergurgl, September 2003, s. 27.
- 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: 125-156.
- FRITTS, H. C., 1976. *Tree rings and climate*.- London, New York, San Francisco, Academic Press, 567 s.
- HUBER, B., 1943. Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung.- *Holz als Roh- und Werkstoff* 6: 263 - 268.

- LEVANIČ, T., 1997. Prirastna depresija jelke (*Abies alba* Mill.) v dinarskem fitogeografskem območju med leti 1960 in 1995 (Growth depression of the silver fir (*Abies alba* Mill.) in the dinaric phytogeographical region between 1960-1995).- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52: 137-164.
- LEVANIČ, T., 2004. Ugotavljanje starosti dreves.- V: *Staro in debelo drevje v gozdu*, Ljubljana, Slovenia, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire,
- LEVANIČ, T. / ČUFAR, K., 1998. The chronology of the silver fir (*Abies alba* Mill) from Pohorje, Slovenia (Kronologija jelke (*Abies alba* Mill) za območje Pohorja).- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 55: 135-149.
- LEVANIČ, T. / OVEN, P., 2002. Prirastne in anatomske značilnosti rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.), izpostavljenega solem za posipanje cestišč.- Zbornik gozdarstva in lesarstva 69: 237-258.
- LEVANIČ, T. / PIGNATELLI, O. / ČUFAR, K., 2001. A regional larch chronology of trees and historical buildings from Slovenia and Northern Italy.- *Dendrochronologia* 19, 2: 221-229.
- OGRIN, D., 1998. Dendrokronologija in dendroklimatologija Planine pri jezeru v Julijskih Alpah.- *Geografski vestnik* 70: 59-73.
- OGRIN, D., 1999. Klimatska pogojenost debelinskega prirastka dreves ob slovenskih visokogorskih alpskih jezerih (Climatic conditioning of radial increment of trees near Slovenian high-mountain Alpine lakes).- V: *Sonaravni razvoj v slovenskih Alpah in sosedstvu / I. Melikovi geografski dnevi*, Kranjska gora, Slovenija, Dela. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete, s. 89-102.
- OVEN, P. / LEVANIČ, T., Eds., 2001. Jahrringanalytische und holzanatomische Untersuchungen unterschiedlich befallener Rosskastanien (*Aesculus hippocastanum* L.) in der Stadt Ljubljana (Slowenien).- V: *Augsburger Baumpflegetage*. Augsburg, Bernhard Thalacker Verlag, 254-259 s.
- OVEN, P. / TORELLI, N., 1994. Wound response of the bark in healthy and declining silver firs (*Abies alba*).- *IAWA Journal* 15, 4: 407-415.
- SANDER, C. / LEVANIČ, T., 1996. Comparison of t-values calculated in different dendrochronological programmes.- *Dendrochronologia* 14: 269-272.
- SCHMIDT, B., 1987. Ein Dendrochronologischer Befund zum Bau der Stadtmauer der Colonia Ulpia Traiana.- *Bonner Jahrbuecher* 187: 495-503.

- 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: 9-38.
- 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 S1.01 - 08*, Altensteig, Germany, s. 316-326.
- TREBUŠAK, G., 1998. 518-letna kronologija macesna (*Larix decidua* Mill.) za JV Julijske Alpe.- Diplomaska naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 50 p.

8 ZAHVALA

ACKNOWLEDGMENTS

Raziskava je bila opravljena v okviru projekta MŠZŠ J4-3024 »Rast dreves na zgornji gozdni meji kot indikator klimatskih sprememb« (vodja dr. T. Levanič). Manjši del podatkov (Komna, Uskovnica) je bil uporabljen iz predhodnega projekta J4-7434 (vodja dr. K. Čufar), ki ga je ravno tako financiral MŠZŠ. Zahvaljujem se tudi kolegom gozdarjem iz območnih enot Bled, Kranj in Nazarje za pomoč pri iskanju najstarejših macesnovih sestojev v Sloveniji.

UDK 630 * 1/9 + 674 (06) (497.12) = 863
GDK 1/9 (06) (497.12) = 863

ISSN = 0351-3114

Slovenian Forestry Institute
University of Ljubljana, Biotechnical faculty:
Dep. of Forestry and Renewable Forest Resources & Dep. of Wood Science and Technology

RESEARCH REPORTS
Forestry and Wood Science and Technology
76

ZbGL

no. 76

p. 1- 206

Ljubljana

2005