

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Klemen MAROLT

**DENROKRONOLOŠKA IN
DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA RASTI
SMREKE IN BUKVE NA TREH RASTIŠČIH V
SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Klemen MAROLT

**DENDROKRONOLOŠKA IN DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA
RASTI SMREKE IN BUKVE NA TREH RASTIŠČIH V SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**DENROCHRONOLOGICAL AND DENDROCLIMATOLOGICAL
ANALYSIS OF NORWAY SPRUCE AND BEECH FROM THREE
SITES IN SLOVENIA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani, na Katedri za tehnologijo lesa.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico imenoval prof. dr. Katarino Čufar in za recenzenta prof. dr. Miha Humarja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član: prof. dr. Katarina Čufar

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član: prof. dr. Miha Humar

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Datum zagovora:

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

Klemen Marolt

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

| | |
|----|---|
| ŠD | Dn |
| DK | UDK 630*561.24:630*111(043.2) |
| KG | smreka/ <i>Picea abies</i> /bukov/ <i>Fagus sylvatica</i> /dendrokronologija/ denroklimatologija |
| AV | MAROLT, Klemen |
| SA | ČUFAR, Katarina (mentorica)/HUMAR, Miha (recenzent) |
| KZ | SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34 |
| ZA | Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo |
| LI | 2012 |
| IN | DENDROKRONOLOŠKA IN DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA RASTI SMREKE IN BUKVE NA TREH RASTIŠČIH V SLOVENIJI |
| TD | Diplomsko delo (univerzitetni študij) |
| OP | X, 52 str., 11 pregl., 25 sl., 32 vir. |
| IJ | sl |
| JI | sl/en |
| AI | Sestavili smo 3 lokalne kronologije smreke za lokacije: PA (Panška reka pri Ljubljani, 390 – 560 m n.m.v.), MP (Menina planina, 1070 – 1340 m n.m.v.) in KAP (zahodne Karavanke, 950 m n.m.v.), ter kronologijo bukve za KAF (zahodne Karavanke). Za primerjalne analize smo uporabili lokalni kronologiji bukve PA in MP iz arhiva. Kronologija smreke s PA je podobna bukovim kronologijam na istem rastišču in več kronologijami bukve iz oddaljenih rastišč. Kronologija smreke z MP je podobna kronologiji smreke in bukve različnih rastišč. Kronologija smreke s KAP je podobna smrekovim kronologijam več rastišč. Kronologija bukve iz Karavank je podobna visokogorskim bukovim kronologijam iz Italije, ter s smrekovi, bukovim in jelovi kronologiji iz Avstrije. Za smreko smo poleg kronologij širin branik sestavili tudi kronologije širin ranega in kasnega lesa. Na vseh 3 rastiščih so kronologije ranega lesa zelo podobne pripadajočim kronologijam širin branik. S pomočjo programa DENDROCLIM 2002 in ARSTAN residual kronologij smreke in bukve ter mesečnih količin padavin in povprečnih mesečnih temperatur smo ugotovili, da na variiranju širin branik smreke in bukve vplivajo različni klimatski dejavniki, in da so vplivi klime na različnih rastiščih različni. Na širine branik smreke na PA negativno vplivajo temperature v avgustu, na MP in KAP pa pozitivno padavine in (višje) temperature v zimskih mesecih. Na širine branik bukve na PA pozitivno vplivajo padavine, negativno pa temperature v juniju. Na MP in KAF pa pozitivno vplivajo temperature pred začetkom vegetacijske dobe. |

KEY WORDS DOCUMENTATION

| | |
|----|---|
| DN | Dn |
| DC | UDC 630*561.24:630*111(043.2) |
| CX | Norway spruce/ <i>Picea abies</i> /beech/ <i>Fagus sylvatica</i> /dendrochronology/dendroclimatology |
| AU | MAROLT, Klemen |
| AA | ČUFAR, Katarina (supervisor)/HUMAR, Miha (co-supervisor) |
| PP | SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34 |
| PB | University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology |
| PY | 2012 |
| TI | DENROCHRONOLOGICAL AND DENDROCLIMATOLOGICAL ANALYSIS OF NORWAY SPRUCE AND BEECH FROM THREE SITES IN SLOVENIA |
| DT | Graduation thesis (University studies) |
| NO | X, 52 p., 11 tab., 25 fig., 32 ref. |
| LA | sl |
| AL | sl/en |
| AB | We constructed raw tree-ring chronologies for the following growing sites: PA (Panška Reka near Ljubljana, 390 – 560 m. n.m.v.), MP (Menina planina, 1070 – 1340 m n.m.v.) and KAF (Western Karavanke, 950 m n.m.v.). These chronologies were made for spruce, and we also made 1 chronology for beech from KAF growing site. These chronologies were compared to previously made local chronologies of beech from MP and PA. Raw tree-ring chronology from PA for spruce is similar to beech chronology on the same growing site, and several other chronologies of beech from other remote growing sites. Chronology of spruce from MP is similar to chronologies of spruce from several other sites. Chronology of spruce from KAF is similar to a few chronologies of spruce from other sites. Chronology of beech from KAF is similar to mountain chronologies of beech from Italy and to spruce, beech and fir chronologies from Austria. On all the sites we also constructed spruce tree-ring width chronologies of early and late wood. Chronologies of early and late wood are very similar to raw tree-ring chronologies from the same growing sites and the same tree species. Dendroclimatological investigations were made using DENROCLIM 2002, ARSTAN residual, average monthly precipitation and temperatures data. We found out that various climatic factors and climate effects on different growing sites have different effect on tree-ring widths. Average temperatures in August have negative effect on tree-ring width of spruce from PA growing site. Precipitation and higher monthly temperatures in winter months have positive effect on tree-ring width of spruce from MP and KAF sites. On PA growing site, the precipitations in July have positive effect on tree-ring width of beech, while July temperatures have a negative effect. Temperatures in MP and KAF before growing season have a positive effect on tree-ring widths of beech. |

KAZALO VSEBINE

| | |
|--|-------------|
| KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA | III |
| KEY WORDS DOCUMENTATION | IV |
| KAZALO VSEBINE | V |
| KAZALO PREGLEDNIC | VII |
| KAZALO SLIK | VIII |
| KAZALO PRILOG | X |

| | |
|---|----------|
| 1 UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1 CILJI NALOGE | 2 |
| 2 SPLOŠNI DEL..... | 3 |
| 2.1 SMREKA V DENROKRONOLOGIJI..... | 3 |
| 2.2 OPIS SMREKE | 3 |
| 2.2.1 Rastišče in razširjenost smreke | 4 |
| 2.3 BUKEV V DENDROKRONOLOGIJI | 5 |
| 2.4 OPIS BUKVE..... | 6 |
| 2.4.1 Rastišče in razširjenost bukve | 7 |
| 3 MATERIALI IN METODE | 8 |
| 3.1 VZORČNE LOKACIJE | 8 |
| 3.1.1 Panška reka | 9 |
| 3.1.2 Menina planina | 10 |
| 3.1.3 Zahodne Karavanke | 12 |
| 3.2 ODVZEM IN PRIPRAVA VZORCEV | 13 |
| 3.2.1 Odvzem im priprava vzorcev iz kolutov | 13 |
| 3.2.2 Odvzem in priprava izvrtnikov | 14 |
| 3.3 MERJENJE ŠIRIN BRANIK | 15 |
| 3.3.1 Merjenje | 15 |
| 3.3.1.1 Merjenje širin ranega in kasnega lesa pri smreki | 16 |
| 3.3.2 Matematično – statistične analize | 17 |
| 3.3.2.1 Statistična analiza vrednosti – t po Baillie – Pilcherju..... | 17 |

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 3.3.2.2 | Koeficient časovne skladnosti (Gleichläufigkeit) GLK | 18 |
| 3.4 | SESTAVLJANJE KRONOLOGIJ | 18 |
| 3.5 | PRIMERJALNE KRONOLOGIJE | 19 |
| 3.6 | DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA | 21 |
| 3.6.1 | Priprava vzorcev za dendroklimatološko raziskavo | 21 |
| 3.6.2 | Standardizacija lokalnih kronologij | 21 |
| 3.6.3 | Klimatski podatki | 22 |
| 4 | REZULTATI IN RAZPRAVA | 25 |
| 4.1 | KRNOLOGIJE ŠIRIN BRANIK | 25 |
| 4.1.1 | Kronologija širin branik smreke (<i>Picea abies</i>) Menina planina | 25 |
| 4.1.2 | Kronologija širin branik smreke (<i>Picea abies</i>) Panška reka | 27 |
| 4.1.3 | Kronologija širin branik smreke (<i>Picea abies</i>) za zahodne Karavanke | 28 |
| 4.1.4 | Kronologija širin branik bukve (<i>Fagus sylvatica</i>) za zahodne Karavanke | 30 |
| 4.2 | PRIMERJAVA KRONOLOGIJ SMREKE | 32 |
| 4.3 | PRIMERJAVA KRONOLOGIJ BUKVE | 36 |
| 4.4 | MEDSEBOJNA PRIMERJAVA KRONOLOGIJ SMREKE IN BUKVE IZ TREH VZORČNIH LOKACIJ | 37 |
| 4.5 | DELEŽ KASNEGA IN RANEGA LESA | 38 |
| 4.6 | DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA | 40 |
| 5 | SKLEPI | 44 |
| 6 | POVZETEK | 46 |
| 7 | VIRI | 49 |
| ZAHVALA | | |
| PRILOGE | | |

KAZALO PREGLEDNIC

| | |
|--|----|
| Preglednica 1: Kronologije uporabljene za primerjavo..... | 19 |
| Preglednica 2: Osnovni podatki o merjenih vzorcih – Menina planina..... | 25 |
| Preglednica 3: Osnovni podatki o merjenih vzorcih – Panška reka..... | 27 |
| Preglednica 4: Osnovni podatki o merjenih vzorcih za smreko – zahodne Karavanke..... | 29 |
| Preglednica 5: Osnovni podatki o merjenih vzorcih za bukev – zahodne Karavanke..... | 31 |
| Preglednica 6: Primerjava kronologije smreke iz rastišča Panška reka (1932 – 2010, razpon 79 let) s kronologijami smreke, bukve in hrasta iz različnih rastišč v Sloveniji in na Hrvaškem. Kronologije, ki so po TVBP vrednosti manjše od 4 si statistično niso dovolj podobne. V preglednici so te kronologije obarvane sivo..... | 33 |
| Preglednica 7: Primerjava kronologije smreke iz rastišča Menina planina (1860 – 2010, razpon 151 let) s kronologijami smreke, bukve in jelke iz različnih rastišč v Sloveniji, Avstriji, Italiji in na Hrvaškem. Kronologije, ki so po TVBP vrednosti manjše od 4 si statistično niso dovolj podobne. V preglednici so te kronologije obarvane sivo..... | 34 |
| Preglednica 8: Primerjava kronologije smreke iz rastišča zahodne Karavanke (1858 – 2010, razpon 153 let) s kronologijami smreke in bukve iz rastišč v Sloveniji in Italiji. Kronologije, ki so po TVBP vrednosti manjše od 4 si statistično niso dovolj podobne. V preglednici so te kronologije obarvane sivo..... | 35 |
| Preglednica 9: Primerjava kronologije bukve iz rastišča Karavanke nad Jesenicami (1929 - 2010, razpon 82 let) s kronologijami bukve, smreke in jelke iz različnih rastišč v Sloveniji, Italiji in Avstriji. Kronologije, ki so po TVBP vrednosti manjše od 4 si statistično niso dovolj podobne. V preglednici so te kronologije obarvane sivo. | 36 |
| Preglednica 10: Statistični kazalniki TVBP in GLK (%) pri primerjavi kronologij iz vzorčnih lokacij Menina planina, Panška reka in zahodne Karavanke (/ - ni podobnosti). | 37 |
| Preglednica 11: Podobnosti med zaporedji širin branik, ranega in kasnega lesa ovrednotene s kazalniki Glk in TVBP. | 40 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1: Areal smreke v Evropi (Euforgen, 2011)..... | 4 |
| Slika 2: Areal bukve (Euforgen, 2011)..... | 7 |
| Slika 3: Lokacije rastišč (Atlas Slovenije, 2011). | 8 |
| Slika 4: Lega vzorčne lokacije Panška reka (Google Earth, 2011). | 9 |
| Slika 5: Gozd na vzorčni lokaciji Panška reka. | 10 |
| Slika 6: Lega vzorčne lokacije Menina planina (Google Earth, 2011). | 11 |
| Slika 7: Gozd na vzorčni lokaciji Menina planina. | 11 |
| Slika 8: Lega vzorčne lokacije zahodne Karavanke (Google Earth, 2011)..... | 12 |
| Slika 9: Gozd na vzorčni lokaciji zahodne Karavanke..... | 13 |
| Slika 10: Vzorca lesa smreke (zgoraj Panška reka, spodaj Menina planina) za merjenje širin branik ter ranega in kasnega lesa..... | 14 |
| Slika 11: Presslerjev sveder..... | 14 |
| Slika 12: Vzorca izvrtkov lesa bukve iz lokacije zahodne Karavanke za merjenje širin branik..... | 15 |
| Slika 13: Merilne naprave od leve proti desni: računalnik, merilna mizica, mikroskop s kamero..... | 16 |
| Slika 14: Klimogram meteorološke postaje Ljubljana (ARSO), reprezentativne za vzorčno lokacijo Panška reka. Obdobje od 1948 do 2009. | 23 |
| Slika 15: Klimogram za meteorološko postajo Planina pod Golico (ARSO), reprezentativno za vzorčno lokacijo zahodne Karavanke. Obdobje od 1950 do 2007. | 24 |
| Slika 16: Klimogram za meteorološko postajo Krvavec (ARSO), reprezentativno za vzorčno lokacijo Menina planina. Obdobje od 1961 do 1910..... | 24 |
| Slika 17: Zaporedja širin branik vzorcev smreke iz vzorčne lokacije Menina planina. Rdeča črta prikazuje povprečje kronologij, zelene pa kronologijo posameznega drevesa | 26 |
| Slika 18: Zaporedja širin branik vzorcev smreke iz vzorčne lokacije Panška reka. Rdeča črta prikazuje povprečje kronologij, modre pa kronologijo posameznega drevesa. | 28 |

| | |
|---|----|
| Slika 19: Zaporedja širin branik vzorcev smreke iz vzorčne lokacije zahodne Karavanke. Rdeča črta prikazuje povprečje kronologij, vijolične pa kronologijo posameznega drevesa..... | 30 |
| Slika 20: Zaporedja širin branik bukve iz vzorčne lokacije zahodne Karavanke. Rdeča črta prikazuje povprečje kronologij, ostale pa kronologije posameznega drevesa..... | 32 |
| Slika 21: Širina ranega in kasnega lesa ter širina branik v odvisnosti od časa za smreko na rastišču Panška reka..... | 38 |
| Slika 22: Širina ranega in kasnega lesa ter širina branik v odvisnosti od časa za smreko na rastišču Menina planina..... | 39 |
| Slika 23: Širina ranega in kasnega lesa ter širina branik v odvisnosti od časa za smreko na rastišču zahodne Karavanke. | 39 |
| Slika 24: Kronologija tipa »ARSTAN residual« indeksov širin branik bukve za sestoja Panška reka in Menina planina..... | 41 |
| Slika 25: Korelacijski koeficienti bootstrap za bukove (desno) in smrekove (levo) kronologije ARSTAN residual za povprečne mesečne temperature (črte) in skupne mesečne padavine (stolpci) od predhodnega septembra do tekočega decembra za tri rastišča v Sloveniji; zvezdice označujejo statistično značilnost na meji zaupanja 95 %. | 42 |

KAZALO PRILOG

- Priloga 1: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za smreko na vzorčni lokaciji Panška Reka.
- Priloga 2: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za smreko na vzorčni lokaciji Menina planina.
- Priloga 3: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za smreko na vzorčni lokaciji Karavanke nad Jesenicami.
- Priloga 4: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za bukev na vzorčni lokaciji Panška Reka.
- Priloga 5: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za bukev na vzorčni lokaciji Menina planina.
- Priloga 6: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za bukev na vzorčni lokaciji Karavanke nad Jesenicami.

1 UVOD IN POSTAVITEV PROBLEMA

Količina biomase, ki jo drevo investira v debelinski prirastek (nastanek branik v lesu debla), je dober kazalec fiziologije drevja, nastajanje lesa pa je med drugim odvisno od klimatskih razmer. Zato so pomembne časovne vrste širin branik, ki so med drugim pogosto uporabljeni za študij različnih dejavnikov na rast drevja v različnih bioklimatskih enotah. Pomembne so tudi za napovedovanje prihodnjih učinkov škodljivih dejavnikov, kamor spadajo tudi klimatske spremembe (Čufar in sod., 2008a).

Navadna smreka (*Picea abies*) je naravno razširjena po vsej Evropi. V srednji Evropi so jo v zadnjih dveh stoletjih veliko sadili tudi na zanko nenanavnih rastiščih. Tako zavzema velik del sredogorja in gričevja in marsikje sega tudi do nižin ter tako vlada v evropskem gozdu. Tudi v Sloveniji, kjer danes predstavlja približno eno tretjino lesne zaloge, je v zadnjih dveh stoletjih povečala svoj delež za več kot štirikrat, glede na delež, ki bi ga imela, če bi ostala znotraj svojih naravnih rastišč in če bi gozd ohranil naravno sestavo drevesnih vrst (Kotar in Brus, 1999).

Tudi bukev (*Fagus sylvatica*) predstavlja približno eno tretjino lesne zaloge v Sloveniji in je po količini prehitela smreko (Zavod za gozdove Slovenije, 2010). Zato pravimo, da je danes naša najpomembnejša drevesna in lesna vrsta. Če bi imeli današnji gozdovi v Sloveniji naravno sestavo drevesnih vrst, bi bil delež bukve še večji z 58 % (Kotar in Brus, 1999).

Na Oddelku za lesarstvo že od leta 1993 tečejo dendrokronološke raziskave smreke (Čufar, Levanič 1998-1999) in bukve (Čufar in sod., 2008b). Na rastiščih Menina planina in Panška reka v zadnjih letih tečejo raziskave nastajanja lesa pri bukvi in smreki. Doslej so bile že opravljene dendrokronološke raziskave bukve (Čufar in sod., 2008b, Majer, 2010, Prislan in sod., 2010). V pričujoči nalogi smo želeli opraviti dendrokronološko analizo smreke iz Panške reke in Menine planine ter za primerjavo vključiti še bukev in smreko z rastišč v Karavankah.

1.1 CILJI NALOGE

Cilji diplomske naloge so:

- sestaviti lokalne kronologije širin branik ter širin ranega in kasnega lesa smreke (*Picea abies*) na rastiščih Panška reka, Menina planina in Karavanke,
- sestaviti lokalno kronologijo širin branik bukve (*Fagus sylvatica*) na rastišču Karavanke,
- s pomočjo sestavljenih kronologij in kronologij bukve iz Panške reke in Menine planine iz arhiva Oddelka za lesarstvo, primerjati rast smreke in bukve na treh proučenih rastiščih,
- opraviti primerjave med sestavljenimi kronologijami s kronologijami bukve, smreke, hrasta in jelke z različnih rastišč v Sloveniji in okoliških dežel,
- sestaviti ARSTAN kronologije in opraviti dendroklimatološke analize ter pojasniti vpliv klime na variiranje širin branik pri bukvi in smreki, na različnih rastiščih,
- oceniti, kako se vpliv klime na rast dreves razlikuje med rastišči v odvisnosti od nadmorske višine in drevesne vrste.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 SMREKA V DENROKRONOLOGIJI

V okviru projekta uvajanje dendrokronologije v Sloveniji so že pred leti pričeli s sistematičnim sestavljanjem dolgih referenčnih kronologij letnih prirastkov smreke in jelke, za potrebe datiranja (Levanič in sod. 1995). Dendrokronološke raziskave na smreki (*Picea abies*), so v Sloveniji prvič izvedli v laboratoriju Katedre za tehnologijo lesa (Levanič in Čufar, 2000, Lindner, 2000). Raziskali so smreke iz različnih rastišč, vendar jim iz zbranih podatkov ni uspelo sestaviti regionalne kronologije smreke.

2.2 OPIS SMREKE

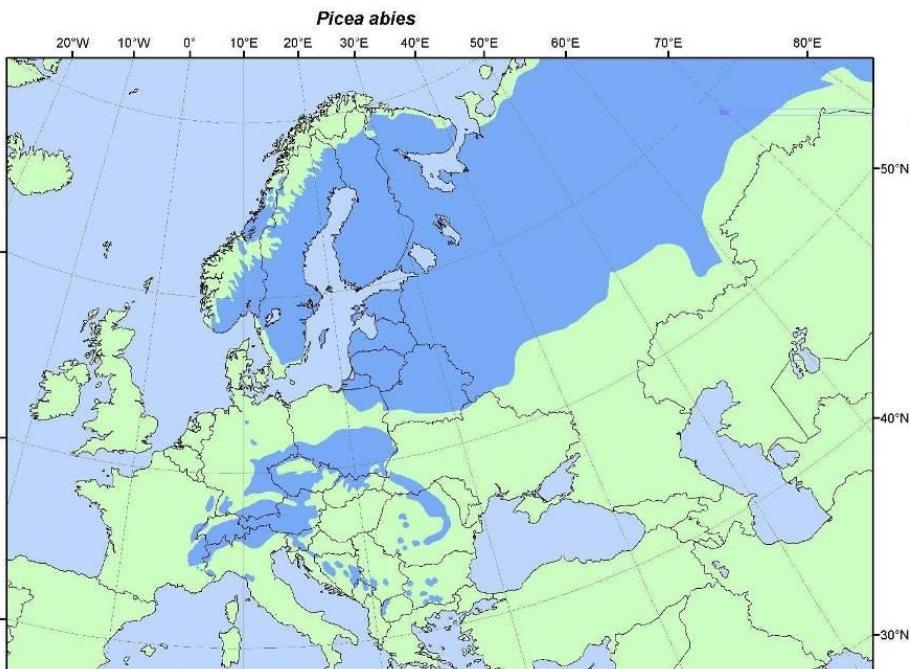
Smreka ima pokončno in izrazito oblikovano deblo s stožčasto ali pa ozko piramidalno krošnjo. Veje rastejo iz debla v vretencih. Smreka skupaj z jelko dosega najvišjo višino od vseh samoniklih evropskih dreves (Kotar in Brus, 1999). Globina koreninskega sistema je odvisna od vrste tal. Na plitvih tleh so korenine povsem na površini in čeprav pokrivajo veliko površino, drevesu ne omogočajo dobre stabilnosti. Skorja na deblu je rdečkasta, sprva gladka, pozneje pa začne odstopati v obliki okroglastih ploščic (Brus, 2005).

Smrekovina ima neobarvano jedrovino. Les je večinoma rumenkastobel, v starosti tudi rumenkastorjav. Branike od ozkih do zelo širokih, so razločne. Prehod iz svetlega, belkastega ranega lesa do rdečkastorumenega kasnega lesa je večinoma postopen. Les vsebuje smolne kanale, pogost je tudi pojav smolnih žepkov. Srednja gostota r_0 je 430 kg/m^3 (Čufar, 2006), krčenje je zmerno. Les se suši brez težav, lahko se cepi in lahko se lušči. Nezaščiten les je zmerno odporen proti atmosferilijam in neodporen proti insektom in glivam (razred odpornosti 4) (Lesar in sod., 2008). Uporaba lesa je zelo raznovrstna in množična. Poseben pomen ima kot konstrukcijski les za visoke in nizke gradnje, ter za notranjo opremo. Primerna je tudi za proizvodnjo lesnih tvoriv (Čufar, 2006).

2.2.1 Rastišče in razširjenost smreke

Navadna smreka je zelo prilagodljiva vrsta s široko ekološko amplitudo. To je eden izmed razlogov, da je v preteklosti doživelja največje povečanje areala. Najraje ima sveža in zračna tla in nima velikih potreb po hranilih. Prenese tudi kisla tla, potrebuje visoko relativno zračno vlago. Nižinske lege zanjo niso ustrezne, ker slabo prenaša sušo in vročino, občutljiva pa je tudi na onesnažen zrak. Zadovolji se z dvomesečnim vegetacijskim obdobjem. V nižjih in toplejših legah je sencovzdržna. V višjih legah pa potrebuje več svetlobe in je polsencovzdržna vrsta (Brus, 2005).

V Sloveniji raste vse do zgornje gozdne meje, njena naravna spodnja meja pa je v dinarskem svetu na okrog 600 m n. m. v., vendar je zaradi njenega razširjanja izven naravnih rastišč ta meja premaknjena v najnižje lege (Kotar in Brus, 1999).



Slika 1: Areal smreke v Evropi (Euforgen, 2011).

2.3 BUKEV V DENDROKRONOLOGIJI

Za bukev (*Fagus sylvatica*) je značilno, da lahko raste na zelo različnih rastiščih in da je ekološko zelo prilagodljiva, zato je tudi zanimiva za dendrokronološke raziskave. Zaradi teh razlogov bukev postaja v zadnjih letih tudi vse bolj zanimiva za okoljske študije. Ker so v lesu shranjene informacije o vplivih okolja na rast drevesa, je vse bolj zanimiva tudi za dendroekološke in dendroklimatološke študije (npr. Di Filippo in sod., 2007, Prislan in sod., 2010).

Na območju evropskega prostora je v zadnjem času čedalje več zanimanja za dendrokronološke raziskave bukve, kronologije pa predstavljajo osnovo za nadaljnje dendrokronološke in dendroklimatološke raziskave (Berdajs, 2008, Čufar in sod. 2008b, Majer, 2010). Na Oddelku za lesarstvo, na Katedri za tehnologijo lesa, potekajo dendrokronološke raziskave bukve, ki so vključevale rastišča jugovzhodne Slovenije (Čufar s sod., 2008b, Nekič, 2005), Julijskih Alp na Tolminskem (Rutar, 2003), ter na Menini planini in Panški reki (Prislan in sod., 2010).

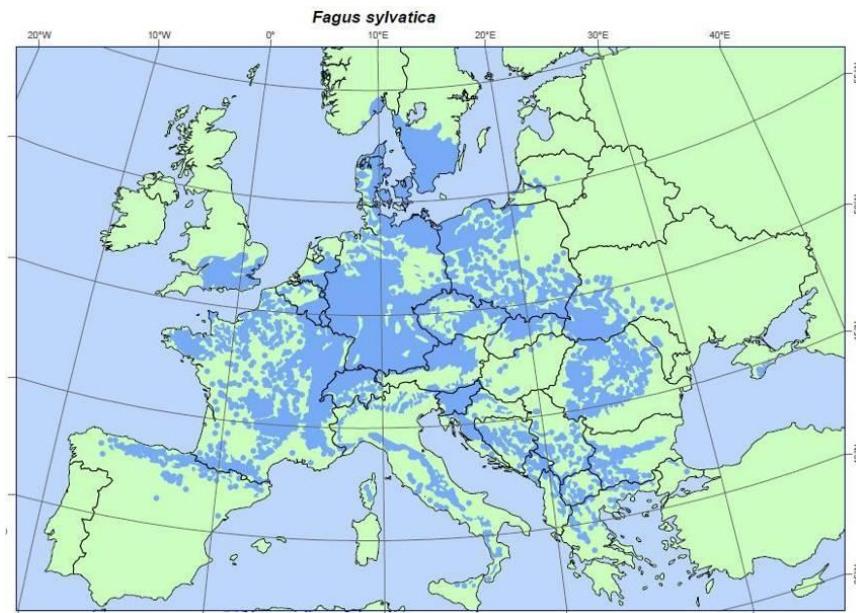
2.4 OPIS BUKVE

Bukov je drevesna vrsta, ki bi jo v Sloveniji lahko poimenovali kraljica gozda. Pri nas so jo v preteklih obdobjih obravnavali celo kot gozdni plevel, zato je bil dolgo njen delež za polovico manjši, kot bi bil če bi bili gozdovi v Sloveniji naravni. Bukov s svojim videzom, to je ravnim in visokim debлом ter mogočno krošnjo z izredno veliko gostoto listja, vzbuja spoštovanje (Kotar in Brus, 1999). Je listopadno drevo in ima veliko, zaobljeno krošnjo in razvejan, srednje globok in zelo gost srčast koreninski sistem, v katerem so korenine pogosto zaraščene med seboj. Deblo bukve je ravno in včasih razvito do vrha krošnje, skorja pa je tudi pri starejših drevesih tanka, siva in gladka (Brus, 2005).

Les je rdečkasto bel, normalno brez obarvane jedrovine. Pri starejših drevesih se na prečnem prerezu navadno pojavlja nepravilno oblikovan, rdečerjav diskoloriran les imenovan rdeče srce. Branike so razločne. Kasni les z manj trahejami je nekoliko temnejši od ranega. Zelo značilni so številni široki trakovi, ki so na tangencialni površini vidni kot rdečkasta vretenca, na radialni pa kot očitna, do več milimetrov visoka zrcalca. Les bukve ima visoko gostoto (srednja gostota r_0 680 kg/m³) (Čufar, 2006), je trden in trd, ter se zelo krči in nabreka. Dimenzijska stabilnost lesa je neugodna, trdnostne lastnosti so glede na gostoto nadpovprečno visoke. Les je zelo žilav in zelo trden. Bukovino je mogoče lepo obdelati. Uporaba lesa je zelo raznovrstna, kot na primer za krivljen les, vezan les, stopnice, pohištvo, železniške pragove. Bukovina je izhodiščni material za proizvodnjo oplemenitenih lesnih tvoriv, laminata, furnirskih in mizarskih plošč in za proizvodnjo ivernih plošč (Čufar, 2006).

2.4.1 Rastišče in razširjenost bukve

Navadna bukev najraje raste na svežih in globokih, rahlih in odcednih, s kalcijem bogatih humoznih tleh. Po lastnostih je subatlantska vrsta, rada ima vlogo in izravnano temperaturo, sušno in pozimi zelo hladno kontinentalno podnebje pa ji ne ustreza. Ustreza ji humidno podnebje z dovolj padavinami. Potrebuje precej toplove in vsaj 5 – mesečno vegetacijsko obdobje. Razširjena je v večini srednje in zahodne Evrope. V Sloveniji je naravno razširjena povsod, razen v nižinskem svetu severozahodne in osrednje Slovenije in na suhih rastiščih sredozemskega sveta. Navadno raste v pasu med 500 m n. m. v. in 1600 m n. m. v., včasih se vzpone vse do gozdne meje (Brus, 2005).

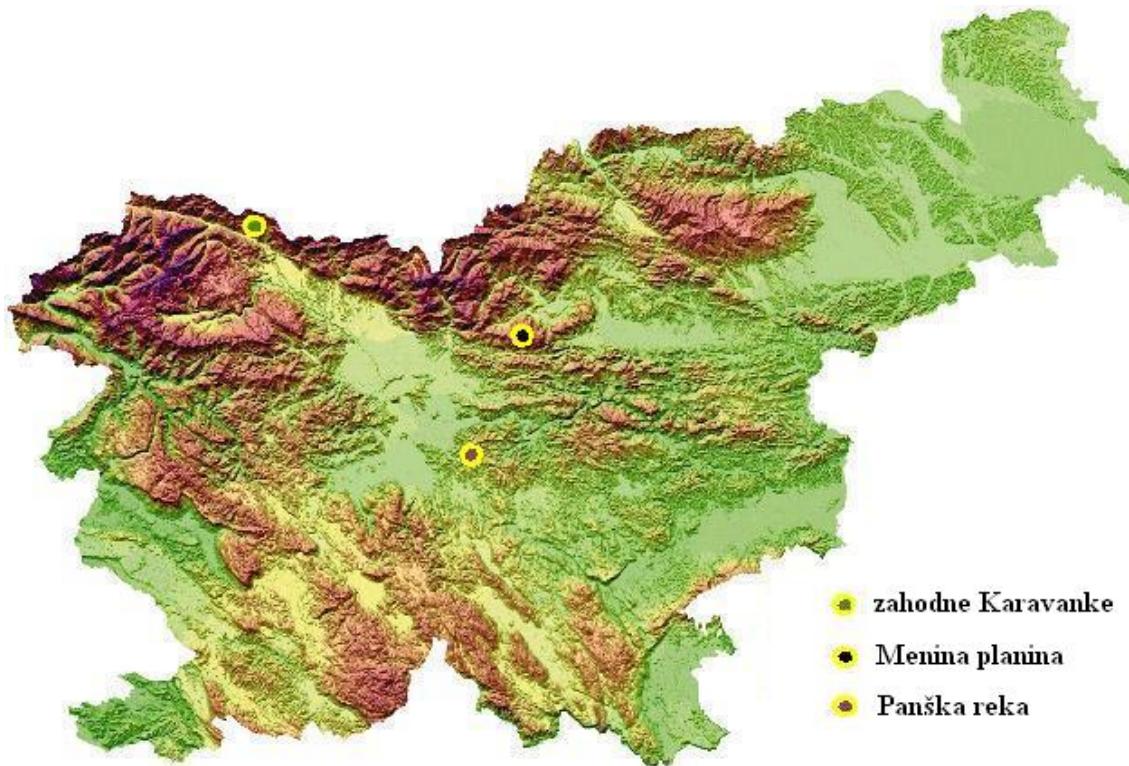


Slika 2: Areal bukve (Euforgen, 2011).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 VZORČNE LOKACIJE

Za pričajočo nalogo smo potrebovali vzorce iz različnih rastišč, z različno nadmorsko višino in različno specifično klimo. Zato smo se odločili za tri različna rastišča in sicer vzorčne lokacije Panška reka, Menina planina in Zahodne Karavanke.



Slika 3: Lokacije rastišč (Atlas Slovenije, 2011).

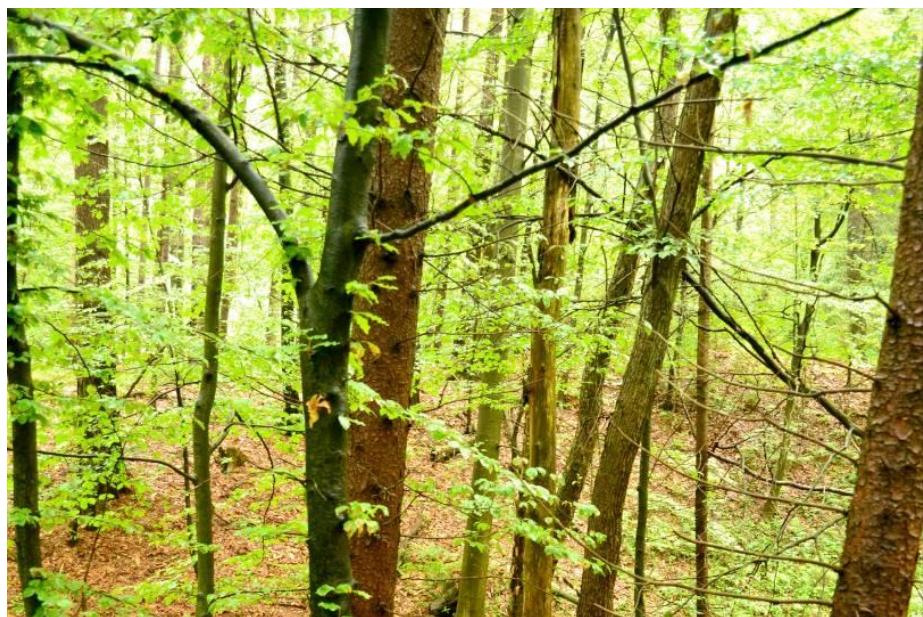
3.1.1 Panška reka

Vzorčna lokacija Panška reka se nahaja pod vasjo Javor in v bližini vasi Mali Lipoglav in je od Ljubljane oddaljena približno 14 km zračne linije. Dendrokronološko raziskavo smo izvedli na rastišču na nadmorski višini 390 m – 560 m. (N 46°01'07.4" E 14°40'26.5").



Slika 4: Lega vzorčne lokacije Panška reka (Google Earth, 2011).

Vzorci so bili odvzeti na vzorčni lokaciji, na kateri se nahajata dve gozdni združbi; *Hacquetio – Fagetum typicum* (60 %) in *Querco – Fagetum typicum* (40 %). Vzorčna ploskev sestoji iz skupinsko raznomernega sestoja bukve, hrasta, smreke, javorja, rdečega bora in ostalih listavcev. Naklon, na katerem rastejo drevesa, znaša okoli 30°. Tla so pokrita s prstjo, pod katero prevladuje kamnina dolomit (GGN Ljubljana - Polje, 2009).

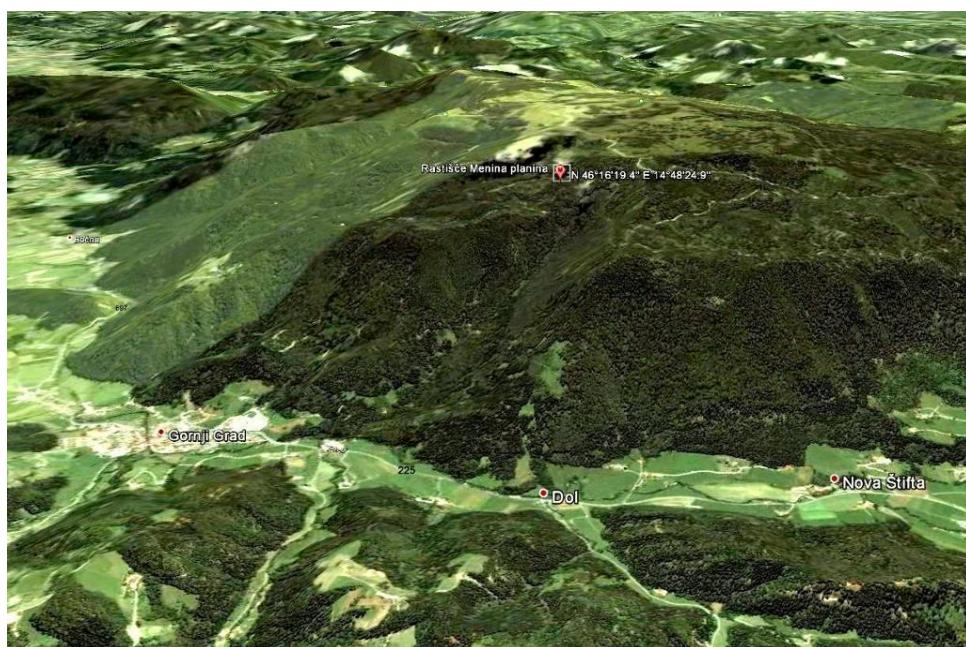


Slika 5: Gozd na vzorčni lokaciji Panška reka.

3.1.2 Menina planina

Vzorčna lokacija Menina planina se nahaja v katastrski občini Gornji Grad, od katerega je oddaljena približno 3 km zračne linije. Vzorce za raziskavo smo odvzeli na rastišču, na nadmorski višini 1070 m - 1340 m (N 46°16'19.4" E 14°48'24.9").

Na tej vzorčni lokaciji so vzorci odvzeti na rastišču *Abieti - Fagetum prealpinum typicum* (100%) (GGN Gornji Grad, 2009).



Slika 6: Lega vzorčne lokacije Menina planina (Google Earth, 2011).

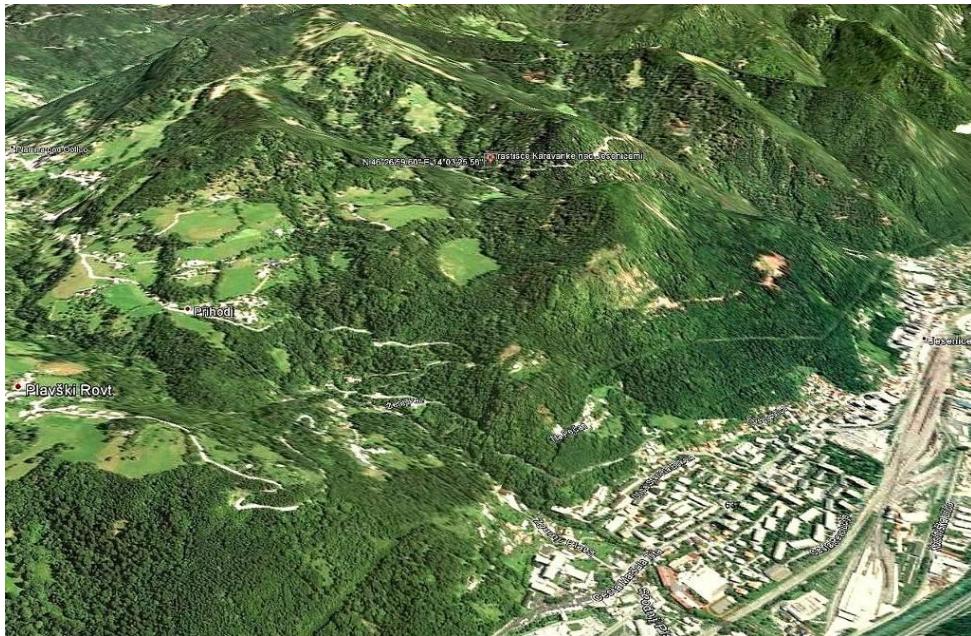
Na rastišču prevladuje jelovo – bukov tip gozda. Drevesa rastejo na pobočju, katerega naklon znaša približno 17 stopinj. Tla na katerih rastejo drevesa, so pokrita s prstjo, pod katero prevladuje apnenčasta kamnina (Majer, 2010).



Slika 7: Gozd na vzorčni lokaciji Menina planina.

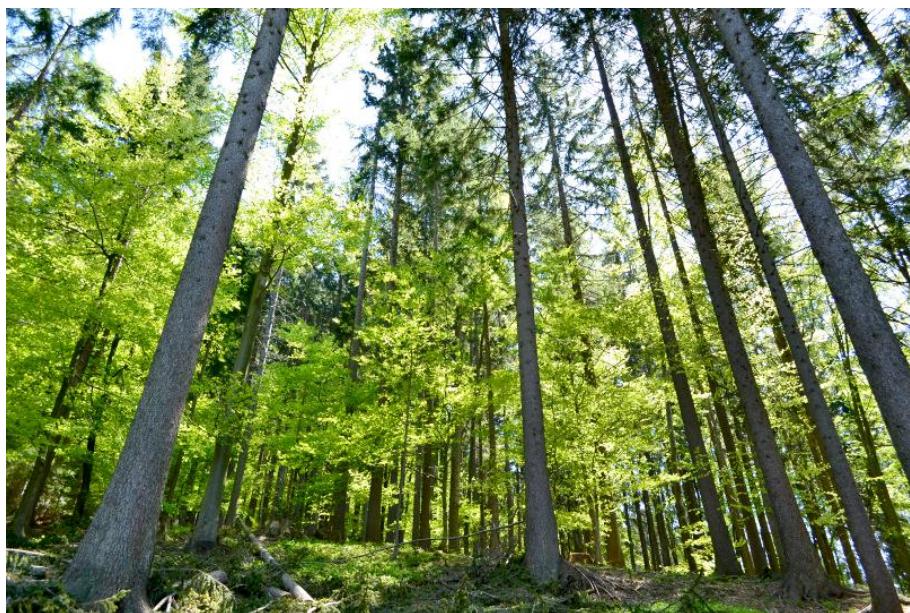
3.1.3 Zahodne Karavanke

Tretja vzorčna lokacija, zahodne Karavanke se nahajajo vzhodno od vasi Planina pod Golico in Pihodi nad Jesenicami. Rastišče je od Jesenic oddaljeno približno 1600 m zračne linije in se nahaja na nadmorski višini 950 m (N 46°26'59.60" E 14°03'25.56").



Slika 8: Lega vzorčne lokacije zahodne Karavanke (Google Earth, 2011).

Na vzorčni lokaciji prevladuje gozdna združba *Polygonato vertikillato - Luzulo - Fagetum*. Na rastišču z naklonom 19 stopinj prevladuje smreka (63 %) in bukev (25 %). Matična podlaga sestoji iz peščenjakov (GGN Jesenice, 2008).



Slika 9: Gozd na vzorčni lokaciji zahodne Karavanke.

3.2 ODVZEM IN PRIPRAVA VZORCEV

3.2.1 Odvzem im priprava vzorcev iz kolutov

Za izdelavo diplomskega dela smo za dendrokronološko raziskavo uporabili 14 kolutov dreves smreke iz lokacije Panška reka, 13 kolutov dreves smreke iz lokacije Menina planina in 7 kolutov dreves bukve iz lokacije zahodne Karavanke. Vsi koluti so bili odvzeti od dreves iz redne sečnje, na višini 4 m nad tlemi. Pri tem smo bili pozorni, da smo izbrali zdrava dominantna ali kodominantna drevesa. Iz vsakega koluta smo na tračnem žagальнem stroju izrezali v radialni smeri po dva vzorca z oznako A in B ter ju oštevilčili s številko drevesa. Pri izžagovanju vzorcev smo pazili, da smo vzorec izžagali na mestu, kjer je bilo vidnih čim manj anomalij. Za izvedbo analize smo morali te vzorce ustrezno pripraviti. Po razžagovanju smo vzorce sušili na prostem do zračno suhega stanja. Ko so se vzorci osušili, smo jih pred nadaljno obdelavo klimatizirali v normalni klimi. Vzorce smo nato zbrusili na tračnem brusilnem stroju v mizarski delavnici na Oddelku za lesarstvo. Vzorce smo brusili z brusilnimi papirji različnih granulacij. Najprej smo uporabili papir granulacije 40, 80 in 120, za tem pa še s papirji granulacije 150, 180, 240 in 280. S tem smo dosegli dovolj gladko površino za opazovanje vzorcev pod mikroskopom.



Slika 10: Vzorca lesa smreke (zgoraj Panška reka, spodaj Menina planina) za merjenje širin branik ter ranega in kasnega lesa.

3.2.2 Odvzem in priprava izvrtkov

Pred odvzemom izvrtkov smo izbrali testna drevesa smreke in bukve iz rastišča v Karavankah. Pri izbiri dreves smo okularno ocenili starost in zdravstveno stanje posameznega drevesa. Od vsakega drevesa smo na prsnici višini (1,3 m) odvzeli po dva izvrtdka. S Presslerjevim svedrom smo vrtali čim bolj pravokotno na os debla v radialni smeri.



Slika 11: Presslerjev sveder

S konico svedra smo si želeli priti čim bliže, oziroma do stržena. Ko s svedrom zavrtamo do stržena, med vzorec in sveder previdno potisnemo posebno vlečko, s katero izvlečemo izvrtek iz izvrtine. Nato smo izvrtek vstavili v plastično cevko in jo označili s šifro vzorca.

V laboratoriju Katedre za tehnologijo lesa smo vzorce s PVAC lepilom prilepili v zato namenjene letvice z utorom. Sledila je nadaljna obdelava v mizarski delavnici na Oddelku za lesarstvo. Vzorce smo morali zbrusiti tako gladko, da smo pri merjenju lahko razločno videli branike, prehod iz ranega v kasni les in posamezne celice. Uporabili smo horizontalni tračni brusilni stroj z različnimi granulacijami papirja. Granulacije brusilnega papirja so bile najprej 80, 120, 150, 180 nato 240 in na koncu še 320.



Slika 12: Vzorca izvrtkov lesa bukve iz lokacije zahodne Karavanke za merjenje širin branik.

3.3 MERJENJE ŠIRIN BRANIK

3.3.1 Merjenje

Po pripravi vzorcev je sledilo merjenje širin branik na Katedri za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete. Ustrezno pripravljene vzorce smo položili na merilno mizico LINTAB z ročnim pomikom. Nad mizico je bil postavljen stereo mikroskop OLYMPUS S2 11, s kamero SONY CCD/RGB, ki sliko lahko neposredno prenaša na monitor SONY-Triniton. Zajem podatkov s pomične mizice nam je omogočil dendrokronološki program TSAP Win, katerega smo v nadaljevanju uporabili tudi za obdelavo podatkov.

Meritve na vzorcu položenem na merilno mizico, so potekale od periferije proti strženu. Vzorec smo obrnili z obdelano stranjo navzgor. Med samim merjenjem smo pazili, da je merjenje širin branik vedno potekalo pravokotno na branike. Same meritve potekajo tako,

da premaknemo mizico za širino branike. Računalnik nam po pritisku gumba na računalniški miški, v programu zabeleži pomik oz. širino branike z natančnostjo 1/100 mm. Med merjenjem se nam je na računalniškem ekranu sproti izrisoval graf zaporednih širin branik.

3.3.1.1 Merjenje širin ranega in kasnega lesa pri smreki

Branika v lesu je letna prirastna plast, vidna v prečnem in radialnem prerezu. Sestavljata jo rani in kasni les. Rani les je pri iglavcih les z relativno širokimi celičnimi lumni in tankimi stenami, ki nastaja na začetku rastne vegetacijske sezone. Kasni les je les, z relativno ozkimi lumni in debelimi stenami, ki nastaja na koncu vegetacijske periode. Pri večini domačih iglavcev ločimo rani, prehodni in kasni les. Pri raziskani smreki je bil prehod med ranim in kasnim lesom postopen, zato smo mejo med ranim in kasnim lesom določili približno na sredini prehodnega lesa.



Slika 13: Merilne naprave od leve proti desni: računalnik, merilna mizica, mikroskop s kamero.

3.3.2 Matematično – statistične analize

Merjenju je sledila kontrola in sinhronizacija širin branik. Prvo kontrolo smo opravili z vizualnim primerjanjem krivulj med seboj. Nato smo ujemanje posameznih krivulj preverili še s statističnimi kazalniki statistične analize vrednosti – t po Baillie – Pilcherju (v nadaljevanju TVBP) in koeficientom časovne skladnosti (v nadaljevanju GLK). Na vsak objekt smo merili po dva vzorca. Pri vzorcih, ki niso kazali zadostnega ujemanja z drugimi vzorci, smo meritve ponovili. Meritve, ki ponovno niso kazale zadostnega ujemanja smo poizkušali identificirati z drugimi meritvami in tako ugotovili, če se kje nahajajo manjkajoče branike. Za ugotavljanje ujemanja krivulj smo za kronologijo uporabili povprečje širin branik obeh vzorcev iz posameznega objekta.

3.3.2.1 Statistična analiza vrednosti – t po Baillie – Pilcherju

Izračun koeficiente TVBP ali t - vrednost, po Baillie in Pilcher-ju (1973, cit. po Levanič, 1996) je parametričen statističen test. Izračunali smo ga s pomočjo programa TSAP Win, da bi ugotovili podobnost med dvema zaporedjema širin branik oz. kronologijama. S primerjanjem krivulj na osnovi t - vrednosti si močno olajšamo optično navzkrižno datiranje velikega števila kronologij. Primerjava vedno poteka med dvema krivuljama in temelji na izračunu korelacijskega koeficiente, korigiranega s kvadratnim korenom iz števila stopinj prostosti. Koeficient t lahko zavzame vrednost med 0 in 100. Mejna vrednost za statistično značilno podobnost dveh zaporedij širin branik je $TVBP \geq 4$ (v tem primeru lahko rečemo, da sta dve zaporedji širin branik podobni) (Levanič, 1996).

3.3.2.2 Koeficient časovne skladnosti (Gleichläufigkeit) GLK

Koeficient časovne skladnosti po Eckstein in Bauch-u (1969, cit. po Levanič, 1996) je po definiciji mera ujemanja dveh kronologij na opazovanem intervalu. Pri tem primerjamo dva vzorca rasti med seboj. Izražamo ga v odstotkih in zavzema vrednost med 0 % in 100 %. Bolj ko sta si dve kronologiji podobni, večjo vrednost ima koeficient časovne skladnosti. Mejna vrednost za značilno podobnost dveh zaporedij širin branik je 70 % (Levanič, 1996). Koeficient smo izračunali s pomočjo programa TSAP Win.

3.4 SESTAVLJANJE KRONOLOGIJ

Med opravljanjem meritev smo merili s predpostavko da je bilo zadnje leto, ko je drevo še priraščalo leto 2010. Širine branik smo merili od periferije proti strženu. Glede na število branik, ki smo jih izmerili na posameznem vzorcu smo lahko določili starost vzorca in s tem kdaj je nastala prva branika. Ko smo opravili po dve meritvi zaporedij na drevo, smo vizualno primerjali zaporedji istega drevesa in zaporedja različnih dreves med seboj. Če so se zaporedja širin branik primerjanih dreves med seboj ujemala, smo lahko potrdili njihovo sinhronost. S tem smo potrdili zadnje leto, ko je drevo še priraščalo in eventualno manjkajoče branike, smo branike tudi datirali. Manjkajočih branik nismo zasledili pri nobenem od vzorcev smreke, zasledili pa smo jih pri meritvah bukve v zahodnih Karavankah. Manjkajoča branika se je pojavila pri štirih od sedmih dreves, v letih 1925 do 1928. Kontrolo manjkajočih branik sta opravila Klemen Novak in prof. dr. Katarina Čufar. Pred sestavo kronologij smo imeli množico sinhroniziranih in datiranih zaporedij širin branik za vsako rastišče.

3.5 PRIMERJALNE KRONOLOGIJE

Po sestavi treh lokalnih kronologij za smreko in ene lokalne kronologije za bukev (zahodne Karavanke), smo jih primerjali z drugimi kronologijami, ki so jih predhodno sestavili v laboratoriju Katedre za tehnologijo lesa ali so jih dobili z izmenjavo z drugimi laboratoriji iz Italije in Avstrije oz. iz mednarodne baze ITRDB (International Tree Ring Data Base). Uporabili smo kronologije bukve (*Fagus sylvatica*), smreke (*Picea abies*), jelke (*Abies alba*) in hrasta (*Quercus spp.*). Navajamo samo kronologije, ki so se ujemale z našimi kronologijami (Preglednica 1).

Preglednica 1: Kronologije uporabljeni za primerjavo.

| Št. | Šifra | Država | Kronologija | Vir |
|-----|----------|-----------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1 | BU-BREZR | Slovenija | Bukev Brezova reber | Čufar in sod., 2008a |
| 2 | BU-CERMO | Slovenija | Bukev Črmošnjice | Čufar in sod., 2008a |
| 3 | BU-GORJA | Slovenija | Bukev Gorjanci | Čufar in sod., 2008a |
| 4 | CE-A2003 | Slovenija | Bukev Celje A | Čufar in sod., 2008a |
| 5 | CEB-2003 | Slovenija | Bukev Celje | Čufar in sod., 2008a |
| 6 | CRO999 | Slovenija | Bukev Cinkov rog | Čufar in sod., 2008a |
| 7 | DRA903M3 | Slovenija | Bukev Draga | Čufar in sod., 2008a |
| 8 | FA07-KR | Slovenija | Bukev, združena Slovenska kronologija | Čufar (neobjavljeno) |
| 9 | GOR999 | Slovenija | Bukev Gorjanci | Čufar in sod., 2008b |
| 10 | KLI999 | Slovenija | Bukev Knežja lipa | Čufar in sod., 2008b |
| 11 | KRE902 | Slovenija | Bukev Kočevska reka | Čufar in sod., 2008b |
| 12 | LIP999 | Slovenija | Bukev Panška reka | Čufar in sod., 2008b |
| 13 | MEN999AB | Slovenija | Bukev Menina planina | Prislan in sod., 2010 |
| 14 | MO1-3-99 | Slovenija | Bukev Mokronog 1 | Čufar in sod., 2008b |
| 15 | MO1-901T | Slovenija | Bukev Mokronog 2 | Berdajs, 2008 |
| 16 | MO2-901T | Slovenija | Bukev Mokronog 1 | Berdajs, 2008 |
| 17 | MO3-901T | Slovenija | Bukev Mokronog 4 | Berdajs, 2008 |
| 18 | PO-901 | Slovenija | Bukev Postojna (Pivka) | Čufar in sod., 2008b |
| 19 | SNE-999 | Slovenija | Bukev Mašun | Čufar in sod., 2008b |

Preglednica 1 se nadaljuje na naslednji strani.

-nadaljevanje

| Št. | Šifra | Država | Kronologija | Vir |
|-----|-------------------------|-----------|---|---|
| 20 | TOL-A | Slovenija | Bukev Tolmin A | Čufar in sod., 2008b |
| 21 | TOL-B | Slovenija | Bukev Tolmin B | Čufar in sod., 2008b |
| 22 | TOL-C-KR | Slovenija | Bukev Tolmin, Planina Kal | Čufar in sod., 2008b |
| 23 | HsaFS00M | Avstrija | Bukova kronologija Hallstatt | Grabner (osebna komunikacija) |
| 24 | 2021002F | Italija | Bukev Nimis | Di Filippo in sod., 2007 |
| 25 | 8016000F | Italija | Bukova kronologija Gracco | Di Filippo in sod., 2007 |
| 26 | 8017001F | Italija | Bukova kronologija Timau | Di Filippo in sod., 2007 |
| 27 | 8018000F | Italija | Bukova kronologija Paularo | Di Filippo in sod., 2007 |
| 28 | 8019000F | Italija | Bukova kronologija (Tre confini) Tromeja | Di Filippo in sod., 2007 |
| 29 | 8020000F | Italija | Bukova kronologija Cleulis | Di Filippo in sod., 2007 |
| 30 | A91ROG999039PIC | Slovenija | Smrekova kronologija Kočevski Rog | Levanič, (neobjavljen- arhiv Katedre za tehnologijo lesa) |
| 31 | KOS_KRO | Slovenija | Smrekova kronologija | Levanič, (neobjavljen- arhiv Katedre za tehnologijo lesa) |
| 32 | M92DRA999 | Slovenija | Smreka Draga | Čufar in sod., 2008b |
| 33 | M92DRA999 | Slovenija | smreka, Draga | Levanič, (neobjavljen)* |
| 34 | M93BOR999 | Slovenija | Smreka, Borovec | Levanič, (neobjavljen)* |
| 35 | M93GOS999 | Slovenija | Smreka, Goteniški Snežnik | Levanič, (neobjavljen)* |
| 36 | M96TNP90 | Slovenija | Smreka TNP | Levanič, (neobjavljen)* |
| 37 | VRSIC | Slovenija | Smreka Vršič | ITRDB- International Tree-Ring Data Base |
| 38 | MAS-902 | Slovenija | Smrekova kronologija Mašun | Levanič, (neobjavljen)* |
| 39 | MRZ9000 | Slovenija | Smrekova kronologija Mrazišča, Notranjska | Levanič, (neobjavljen)* |
| 40 | PC-SL-08 | Slovenija | Smrekova kronologija Alpe | Katarina Čufar (neobjavljen) |
| 41 | POK-901 | Slovenija | Smrekova referenčna kronologija | Katarina Čufar (neobjavljen) |
| 42 | SbgOT TM -PA | Avstrija | Smrekova kronologija Salzburg | Grabner (osebna komunikacija) |
| 43 | MARIAZ | Avstrija | Smreka, Mariazell, Avstrija | Grabner (osebna komunikacija) |
| 44 | SENJ | Hrvaška | Smreka, Senj, Hrvaška | ITRDB- International Tree-Ring Data Base |
| 45 | VLASIC | Hrvaška | Smreka, Vlašič, Hrvaška | ITRDB- International Tree-Ring Data Base |
| 46 | QSESlo08 | Slovenija | Hrastova kronologija SE Slovenija | Čufar in sod., 2008b |
| 47 | OstOesAA | Avstrija | Jelova kronologija, vzhodna Avstrija | Grabner (osebna komunikacija) |

*Levanič, (neobjavljen, arhiv Katedre za tehnologijo lesa)

3.6 DENDROKLIMATOLOŠKA ANALIZA

3.6.1 Priprava vzorcev za dendroklimatološko raziskavo

Sinhronizirana zaporedja širin branik smrek s Panške reke in Menine planine, smreke in bukve iz Karavank, ter podatke iz predhodnih raziskav za bukve s Panške reke in Menine planine, smo uporabili za dendroklimatološko analizo.

3.6.2 Standardizacija lokalih kronologij

Na rast branik vplivajo različni klimatski in neklimatski dejavniki. Pri dendroklimatološki analizi moramo vpliv neklimatskih dejavnikov, kot so starostni trendi, vplivi sestoja, biotski dejavniki in drugi dejavniki okolja v čim večji meri izločiti. V ta namen smo izvedli standardizacijo lokalnih kronologij s pomočjo programa ARSTAN (Holmes, 1994). Standardizacija pomeni, da poiščemo primerno regresijsko funkcijo in izračunamo razlike med prilagojenimi ter dejanskimi vrednostmi (Levanič, 1996).

Vhodni podatki za program ARSTAN so bila datirana zaporedja širin branik v formatu Tucson (ekstenzija *.rwl). Podatke smo v tem formatu zapisali s pomočjo programa TSAP Win. Zaporedja širin branik smo s programom ARSTAN nato standardizirali v dveh korakih (prim. Cerar, 2007).

V prvem koraku smo na surovinih podatkih o širinah branik izvedli regresijo z negativno eksponentno funkcijo. S tem smo odstranili vpliv dolgoročnih trendov. Eksponentna funkcija pa je toga in ne omogoča povsem zadovoljivega prilagajanja razgibanim zaporedjem širin branik, ki se pojavljajo v naravi. Zato smo v drugem koraku uporabili še

izravnava s kubičnimi zlepki (angl. cubic smoothing spline), pri čemer smo ohranili 50 % variabilnosti začetnih podatkov. Kubični zlepek je zvezno odvedljiva funkcija, sestavljena iz več kubičnih polinomov (Levanič, 1996).

Po standardizaciji so bile širine branik prevedene v indekse, iz variabilnosti širin branik pa so bili domnevno odstranjeni vplivi "neklimatskih dejavnikov", ki vplivajo na širino branik, npr. starostni trend.

S programom ARSTAN smo izračunali štiri tipe kronologij: RAW (neindeksirana kronologija širin branik), ARSTAN residual (RES) in ARSTAN standard (STD) (standardna kronologija). Kronologiji ARSTAN residual je bil odstranjen vpliv neklimatskih dejavnikov, zato je najpomembnejša za proučevanje zveze med širinami branik, širin ranega ali kasnega lesa in klimatskimi dejavniki. V našem primeru smo kronologijo ARSTAN residual uporabili za dendroklimatološko analizo s programom DENDROCLIM 2002. Za to analizo smo potrebovali še klimatske podatke (poglavje 3.6.3).

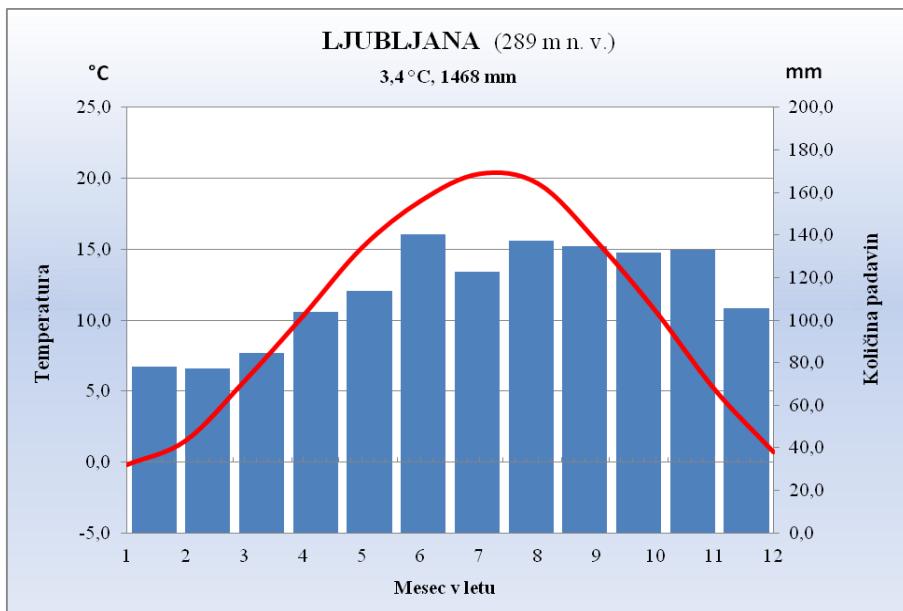
V program DENDROCLIM 2002 smo vnesli podatke (ARSTAN residual kronologijo), določili katere mesečne klimatske podatke želimo uporabiti (v našem primeru od september prejšnje leta do december tekoče leta) in vnesli obdobje (npr. 1958 - 2010). Nato nam program obdela podatke, ki jih v nadaljevanju lahko v programu Excel uporabimo za grafični izris.

3.6.3 Klimatski podatki

V naslednjih klimogramih so prikazani podatki za povprečje skupnih mesečnih padavin in povprečnih temperatur za meteorološke postaje reprezentativne za posamezno rastišče, ki jih zbira ARSO (Agencija republike Slovenije za okolje).

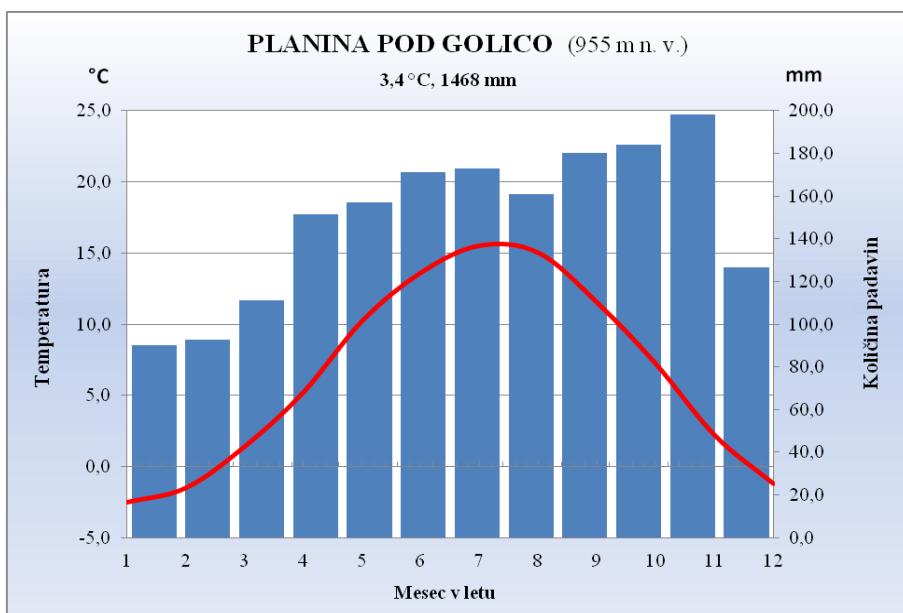
Za vzorčno lokacijo Panška reka smo uporabili meteorološke podatke za Ljubljano. Za padavine v klimogramu so prikazane povprečne skupne mesečne vrednosti za obdobje od

leta 1948 do 2009. Za temperaturo pa so v klimogramu prikazane povprečne mesečne vrednosti podatkov, zajetih med leti 1948 in 2009.



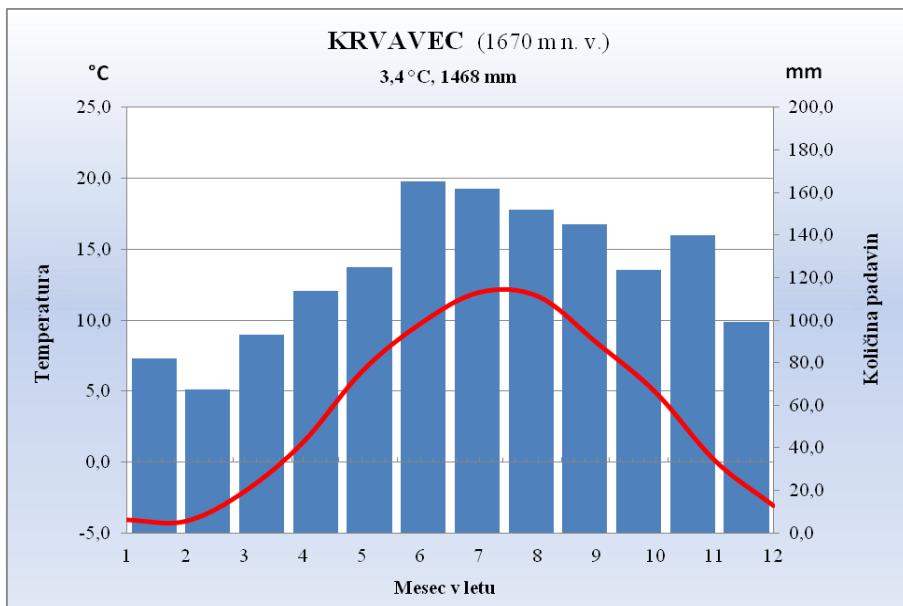
Slika 14: Klimogram meteorološke postaje Ljubljana (ARSO), reprezentativne za vzorčno lokacijo Panška reka. Obdobje od 1948 do 2009.

Za vzorčno lokacijo zahodne Karavanke smo uporabili meteorološke podatke za Planino pod Golico. Za padavine in temperature so v klimogramu prikazane povprečne vrednosti podatkov, zajetih med leti 1950 in 2007.



Slika 15: Klimogram za meteorološko postajo Planina pod Golico (ARSO), reprezentativno za vzorčno lokacijo zahodne Karavanke. Obdobje od 1950 do 2007.

Za vzorčno lokacijo Menina planina smo uporabili meteorološke podatke za Krvavec. Za padavine in temperature so v klimogramu prikazane povprečne vrednosti podatkov, zajetih med leti 1961 in 2010.



Slika 16: Klimogram za meteorološko postajo Krvavec (ARSO), reprezentativno za vzorčno lokacijo Menina planina. Obdobje od 1961 do 1910.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 KRNOLOGIJE ŠIRIN BRANIK

4.1.1 Kronologija širin branik smreke (*Picea abies*) Menina planina

Na rastišču Menina planina smo za raziskavo uporabili kolute 13 posekanih dreves smreke. Drevo z oznako MEN01 je vsebovalo najmanjše število branik 42, drevo z oznako MEN02 pa je vsebovalo največje število branik 151. Iz preglednice 2 je za vsak posamezen vzorec razvidno število branik ter leto nastanka prve in zadnje branike. Za vsa vzorčna drevesa posekana v zimskem času 2010/2011 smo z datiranjem kronologij potrdili, da je zadnja branika nastala v letu 2010.

Preglednica 2: Osnovni podatki o merjenih vzorcih – Menina planina.

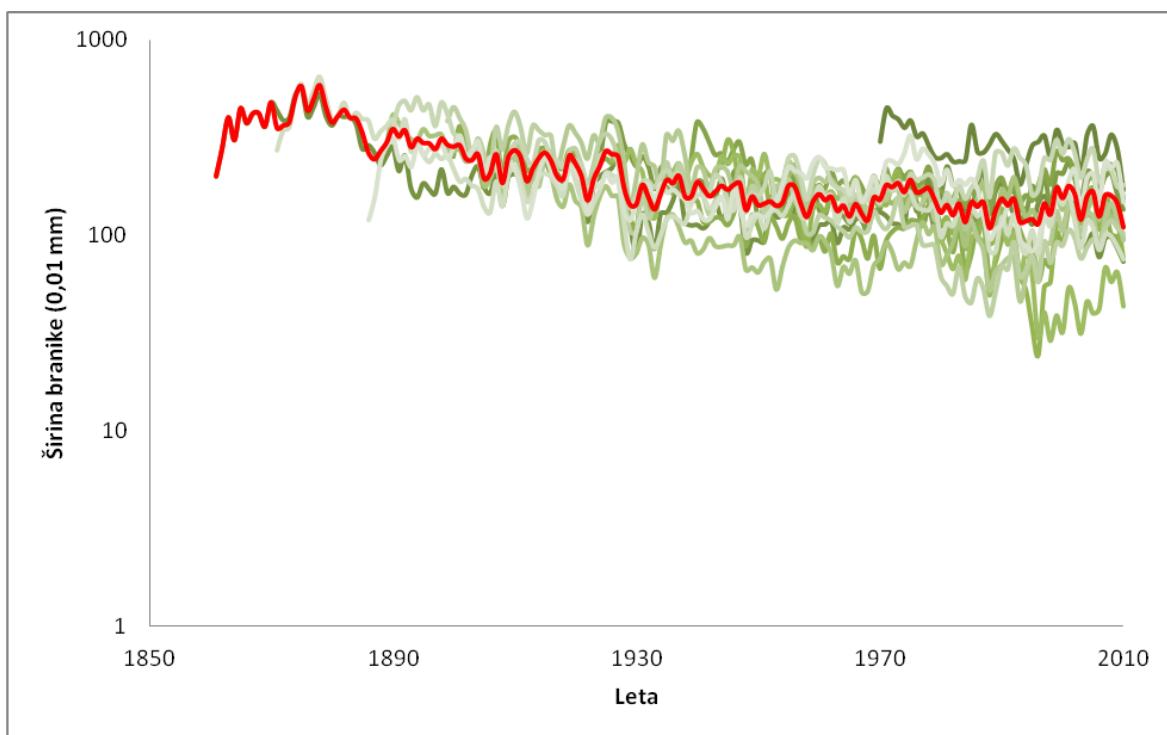
| šifra | datum prve branike | datum zadnje branike | število branik |
|---------|--------------------|----------------------|----------------|
| MEN01A1 | 1969 | 2010 | 42 |
| MEN01B1 | 1969 | 2010 | 42 |
| MEN02A1 | 1860 | 2010 | 151 |
| MEN02B1 | 1861 | 2010 | 150 |
| MEN03A1 | 1925 | 2010 | 86 |
| MEN03B1 | 1923 | 2010 | 88 |
| MEN04A1 | 1938 | 2010 | 73 |
| MEN04B1 | 1938 | 2010 | 73 |
| MEN05A1 | 1899 | 2010 | 112 |
| MEN05B1 | 1899 | 2010 | 112 |
| MEN06A1 | 1943 | 2010 | 68 |
| MEN06B1 | 1943 | 2010 | 68 |
| MEN07A1 | 1925 | 2010 | 86 |
| MEN07B1 | 1925 | 2010 | 86 |
| MEN08A1 | 1888 | 2010 | 123 |
| MEN08B1 | 1888 | 2010 | 123 |
| MEN09A1 | 1909 | 2010 | 102 |
| MEN09B1 | 1909 | 2010 | 102 |
| MEN10A1 | 1898 | 2010 | 113 |
| MEN10B1 | 1898 | 2010 | 113 |
| MEN11A1 | 1889 | 2010 | 122 |

Preglednica 2 se nadaljuje na naslednji strani.

- nadaljevanje

| šifra | datum prve branike | datum zadnje branike | število branik |
|---------|--------------------|----------------------|----------------|
| MEN11B1 | 1889 | 2010 | 122 |
| MEN12A1 | 1870 | 2010 | 141 |
| MEN12B1 | 1870 | 2010 | 141 |
| MEN13A1 | 1885 | 2010 | 126 |
| MEN13B1 | 1885 | 2010 | 126 |

Graf zaporednih širin branik na spodnji sliki 17 prikazuje variiranje širin branik posameznih dreves iz lokacije Menina planina med leti 1860 in letom poseka 2010. Obdobje od leta 1888 naprej je »pokrito« z več kot štirimi drevesi. Iz slike 17 je razvidno, da je variiranje širin branik skladno med drevesi. Iz tega sklepamo, da variiranje širin branik narekuje predvsem klima, drevesa pa so primerna za dendroklimatološke raziskave.



Slika 17: Zaporedja širin branik vzorcev smreke iz vzorčne lokacije Menina planina. Rdeča črta prikazuje povprečje kronologij, zelene pa kronologijo posameznega drevesa .

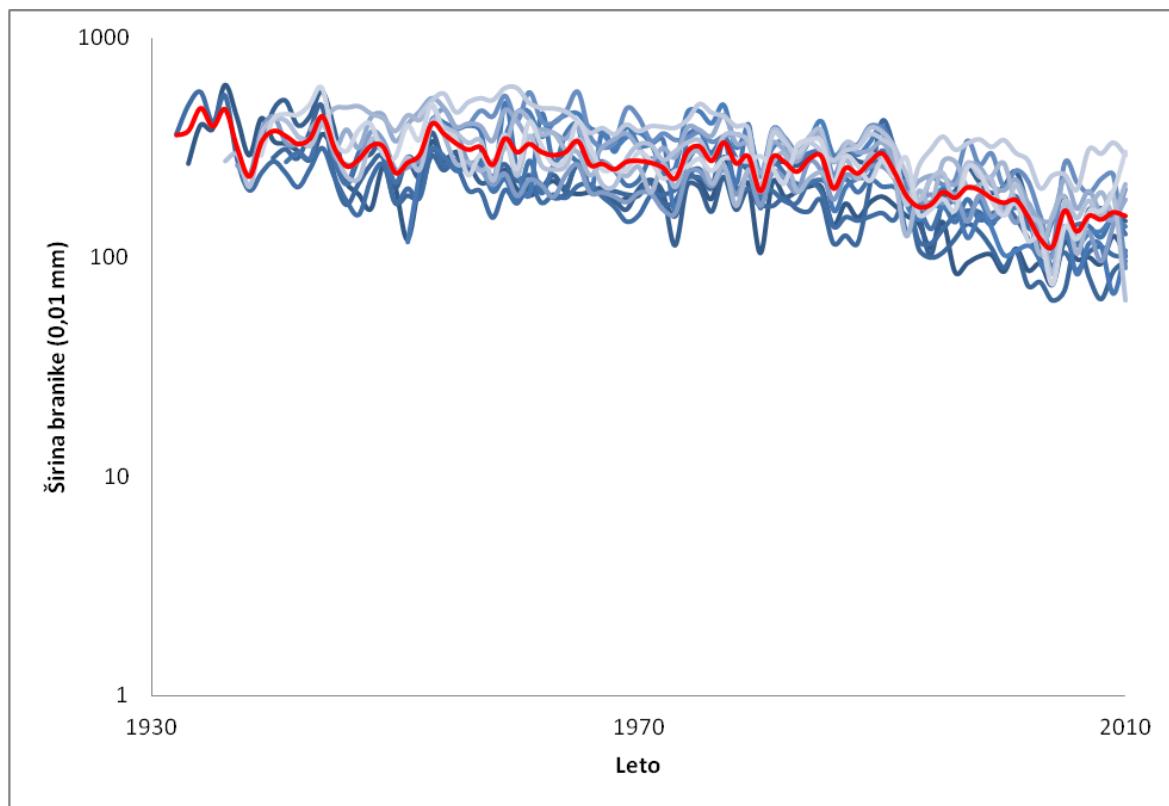
4.1.2 Kronologija širin branik smreke (*Picea abies*) Panška reka

Na rastišču Panška reka smo v raziskavi uporabili kolute 14 posekanih dreves smreke. Na tej lokaciji so bili vzorci v povprečju odvzeti na precej mlajših drevesih. Drevo z oznako PAN07 je imelo najmanjše število branik 54, drevo z oznako PAN04 pa je bilo najstarejše in je imelo 79 branik.

Preglednica 3: Osnovni podatki o merjenih vzorcih – Panška reka.

| šifra | datum prve branike | datum zadnje branike | število branik |
|---------|--------------------|----------------------|----------------|
| PAN01A1 | 1933 | 2010 | 78 |
| PAN01B1 | 1933 | 2010 | 78 |
| PAN02A1 | 1939 | 2010 | 72 |
| PAN02B2 | 1939 | 2010 | 72 |
| PAN03A1 | 1939 | 2010 | 72 |
| PAN03B1 | 1939 | 2010 | 72 |
| PAN04A1 | 1932 | 2010 | 79 |
| PAN04B1 | 1932 | 2010 | 79 |
| PAN05A1 | 1941 | 2010 | 70 |
| PAN05B1 | 1941 | 2010 | 70 |
| PAN06A2 | 1952 | 2010 | 59 |
| PAN06B2 | 1952 | 2010 | 59 |
| PAN07A1 | 1959 | 2010 | 52 |
| PAN07B1 | 1957 | 2010 | 54 |
| PAN08A2 | 1954 | 2010 | 57 |
| PAN08B2 | 1955 | 2010 | 56 |
| PAN09A1 | 1935 | 2010 | 76 |
| PAN09B1 | 1935 | 2010 | 76 |
| PAN10A1 | 1951 | 2010 | 60 |
| PAN10B1 | 1942 | 2010 | 69 |
| PAN11A1 | 1941 | 2010 | 70 |
| PAN11B1 | 1941 | 2010 | 70 |
| PAN12A3 | 1935 | 2010 | 76 |
| PAN12B3 | 1935 | 2010 | 76 |
| PAN13A1 | 1950 | 2010 | 61 |
| PAN13B1 | 1950 | 2010 | 61 |
| PAN14A1 | 1940 | 2011 | 72 |
| PAN14B1 | 1940 | 2010 | 71 |

Graf zaporednih širin branik na sliki 18 prikazuje variiranje širin branik posameznih dreves iz lokacije Panška reka, med letom 1932 in letom poseka 2010. Obdobje od leta 1950 pa je pokrito z več kot štirimi drevesi. Iz spodnje slike je razvidno, da je tudi na tem rastišču variiranje letnih prirastkov različnih dreves skladno.



Slika 18: Zaporedja širin branik vzorcev smreke iz vzorčne lokacije Panška reka. Rdeča črta prikazuje povprečje kronologij, modre pa kronologijo posameznega drevesa.

4.1.3 Kronologija širin branik smreke (*Picea abies*) za zahodne Karavanke

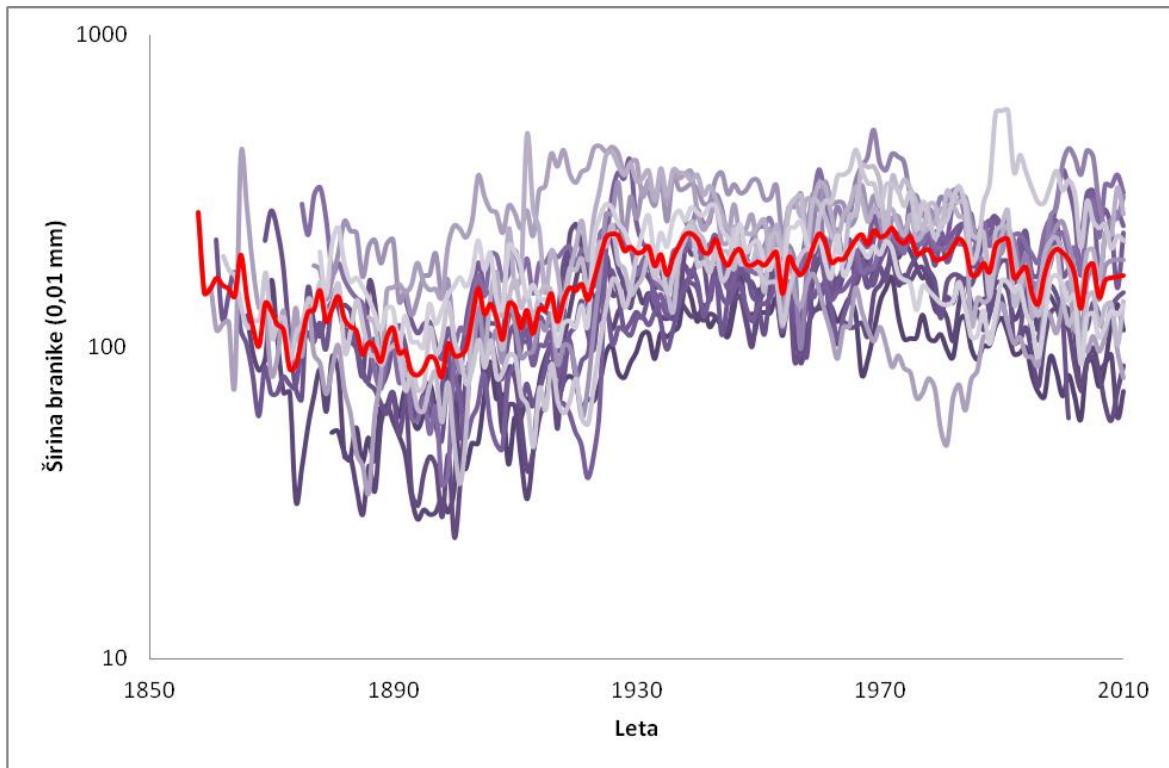
Na rastišču zahodne Karavanke smo raziskali izvrтки iz 15 vzorčnih dreves smreke. Izbrana drevesa s tega rastišča so bila vsa starejša od 70 let. Vzorčno drevo z oznako KAP09 je imelo najmanjše število branik, to je 73 branik. Vzorec KAP11B je vseboval največje število branik, kar 153. Pri vzorcih KAP04, KAP05, KAP06, KAP07, KAP 08, KAP10, KAP11, KAP12 ter KAP13 se razlikuje število branik med vzorcem A in B, ker vsi izvrtki niso vsebovali stržena. Pri nobenem od vzorcev nismo pri datiranju zaznali

izpadlih branik. Posledica različnega števila branik med vzorcem A in B so manjkajoče branike pri strženu ali na periferiji zaradi poškodb izvrtnikov, nastalih pri odvzemu ali pripravi vzorcev (brušenju).

Preglednica 4: Osnovni podatki o merjenih vzorcih za smreko – zahodne Karavanke.

| šifra | datum prve branike | datum zadnje branike | število branik |
|--------|--------------------|----------------------|----------------|
| KAP01A | 1880 | 2010 | 131 |
| KAP01B | 1880 | 2010 | 131 |
| KAP02A | 1866 | 2010 | 145 |
| KAP02B | 1866 | 2010 | 145 |
| KAP03A | 1882 | 2010 | 129 |
| KAP03B | 1882 | 2010 | 129 |
| KAP04A | 1869 | 2010 | 142 |
| KAP04B | 1918 | 2010 | 93 |
| KAP05A | 1861 | 2010 | 150 |
| KAP05B | 1929 | 2010 | 82 |
| KAP06A | 1925 | 2010 | 86 |
| KAP06B | 1892 | 2010 | 119 |
| KAP07A | 1900 | 2010 | 111 |
| KAP07B | 1915 | 2010 | 96 |
| KAP08A | 1875 | 2010 | 136 |
| KAP08B | 1880 | 2010 | 131 |
| KAP09A | 1938 | 2010 | 73 |
| KAP09B | 1938 | 2010 | 73 |
| KAP10A | 1878 | 2010 | 133 |
| KAP10B | 1877 | 2010 | 134 |
| KAP11A | 1870 | 2010 | 141 |
| KAP11B | 1858 | 2010 | 153 |
| KAP12A | 1921 | 2010 | 90 |
| KAP12B | 1905 | 2010 | 106 |
| KAP13A | 1886 | 2010 | 125 |
| KAP13B | 1893 | 2010 | 118 |
| KAP14A | 1862 | 2010 | 149 |
| KAP14B | 1862 | 2010 | 149 |
| KAP15A | 1878 | 2010 | 133 |
| KAP15B | 1878 | 2010 | 133 |

Graf zaporednih širin branik na sliki 19 prikazuje variiranje širin branik posameznih dreves smreke iz lokacije zahodne Karavanke za obdobje med leti 1858 in letom poseka 2010. Obdobje od leta 1875 je pokrito z več kot štirimi drevesi. Na vseh vzorcih, na katerih smo zaznali skorjo, smo pri meritvah zabeležili zadnjo braniko, nastalo v letu 2010 pred posekom.



Slika 19: Zaporedja širin branik vzorcev smreke iz vzorčne lokacije zahodne Karavanke. Rdeča črta prikazuje povprečje kronologij, vijolične pa kronologijo posameznega drevesa.

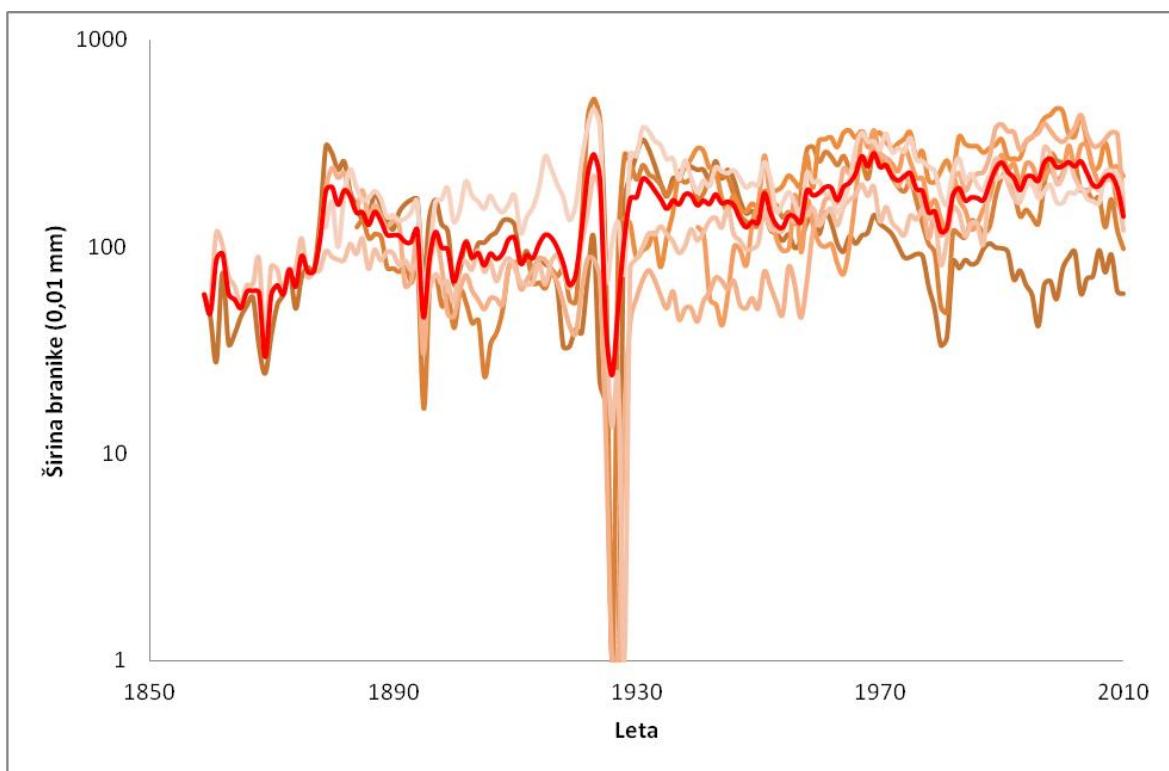
4.1.4 Kronologija širin branik bukve (*Fagus sylvatica*) za zahodne Karavanke

Na rastišču zahodne Karavanke smo odvzeli tudi vzorce iz 7 bukovih dreves. V vzorec sta bili zajeti dve drevesi mlajši od 90 let, ostalih 5 dreves pa je bilo starejših od 125 let. Najstarejše drevo je imelo 152 branik (šifra KAF01A).

Preglednica 5: Osnovni podatki o merjenih vzorcih za bukev – zahodne Karavanke.

| šifra | datum prve branike | datum zadnje branike | število branik |
|--------|--------------------|----------------------|----------------|
| KAF01A | 1859 | 2010 | 152 |
| KAF01B | 1867 | 2010 | 144 |
| KAF02A | 1884 | 2010 | 127 |
| KAF02B | 1885 | 2010 | 126 |
| KAF03A | 1944 | 2010 | 67 |
| KAF03B | 1928 | 2010 | 83 |
| KAF04A | 1940 | 2010 | 71 |
| KAF04B | 1951 | 2010 | 60 |
| KAF05A | 1878 | 2010 | 133 |
| KAF05B | 1878 | 2010 | 133 |
| KAF06A | 1861 | 2010 | 150 |
| KAF06B | 1860 | 2010 | 151 |
| KAF07A | 1879 | 2010 | 132 |
| KAF07B | 1880 | 2010 | 131 |

Graf zaporednih širin branik na sliki 20 prikazuje variiranje širin branik posameznih dreves bukve iz lokacije zahodne Karavanke, za obdobje med leti 1859 in letom poseka 2010. Obdobje od leta 1884 naprej pa je pokrito z več kot 4 drevesi. Na vseh vzorcih smo pri meritvah zabeležili zadnjo braniko, nastalo v letu 2010 pred posekom. V letih 1925 do 1928 smo pri nekaterih vzorcih zaznali izpad branik. Leta 1925 smo pri dveh drevesih zaznali izpadlo braniko. V naslednjih letih smo zaznali izpadle branike le pri posameznih drevesih, in sicer leta 1926 pri treh drevesih, leta 1927 pri dveh drevesih in leta 1928 pri enem drevesu. Ko smo vstavili podatke o ugotovljenih manjkajočih branikah, smo zaporedja širin branik uspešno sinhronizirali in potrdili, da je pri vseh drevesih zadnja branika nastala v letu 2010.



Slika 20: Zaporedja širin branik bukve iz vzorčne lokacije zahodne Karavanke. Rdeča črta prikazuje povprečje kronologij, ostale pa kronologije posameznega drevesa.

4.2 PRIMERJAVA KRONOLOGIJ SMREKE

V naslednjih preglednicah od 6 do 9 prikazujemo primerjave sestavljenih kronologij smreke s kronologijami različnih lesnih vrst iz različnih lokacij. Čeprav je datacija značilna kadar je $TVPB \geq 4.0$, prikazujemo, tudi rezultate primerjav kjer je bila $TVPB$ pod mejo značilnosti.

V prvi primerjavi (preglednica 6) smo primerjali lokalno kronologijo smreke iz rastišča Panška reka.

Preglednica 6: Primerjava kronologije smreke iz rastišča Panška reka (1932 – 2010, razpon 79 let) s kronologijami smreke, bukve in hrasta iz različnih rastišč v Sloveniji in na Hrvaškem. Kronologije, ki so po TVBP vrednosti manjše od 4 si statistično niso dovolj podobne. V preglednici so te kronologije obarvane sivo.

| Reference | šifra kronologije | Lesna vrsta | Glk | TVBP |
|---------------------------------------|-------------------|-------------|-----|------|
| Bukev Tolmin A | TOL-A | bukev | 68 | 5,4 |
| bukev Panška reka | LIP999 | bukev | 63 | 4,4 |
| Bukev Gorjanci | BU-GORJA | bukev | 63 | 4,2 |
| Bukev Mokronog 1 | MO1-3-99 | bukev | 61 | 4,0 |
| Bukev Mokronog 3 | MO2-901T | bukev | 61 | 3,9 |
| Bukev Mokronog 4 | MO3-901T | bukev | 61 | 3,8 |
| Bukev Cinkov rog | CRO999 | bukev | 70 | 3,8 |
| Bukev Črmošnjice | BU-CERMO | bukev | 69 | 3,7 |
| Bukev Mašun | SNE-999 | bukev | 65 | 3,6 |
| Bukev Celje | CEB-2003 | bukev | 64 | 3,5 |
| Bukev Mokronog 2 | MO1-901T | bukev | 65 | 3,3 |
| Bukev Draga | DRA903M3 | bukev | 69 | 3,3 |
| Bukev Postojna (Pivka) | PO-901 | bukev | 66 | 3,2 |
| Bukev Brezova reber | BU-BREZR | bukev | 62 | 3,2 |
| Bukev, združena Slovenska kronologija | FA07-KR | bukev | 68 | 3,2 |
| Smreka Senj, Hrvaška, ITRDB | SENJ | smreka | 66 | 3,0 |
| Bukev Knežja lipa | KLI999 | bukev | 65 | 2,9 |
| Smreka Draga | M92DRA999 | smreka | 61 | 2,9 |
| Bukev Tolmin B | TOL-B | bukev | 69 | 2,8 |
| Hrastova kronologija SE Slovenija | QSESlo08 | hrast | 67 | 2,7 |
| Bukev Celje A | CE-A2003 | bukev | 60 | 2,2 |

Zanimivo je, da je kronologija smreke iz rastišča Panška reka pri Ljubljani značilno podobna s kronologijo bukve iz istega rastišča, ter z bukvijo iz rastišč pri Tolminu, na Gorjancih in pri Mokronogu, oddaljenih 60 km, 60 km, in 38 km. Primerjava s smrekovima kronologijama iz Drage na Notranjskem in iz Senja na Hrvaškem ima TVBP 2,9 in 3,0, GLK pa znaša 61 % in 66 %. Rezultati bi bili drugačni, v kolikor bi v arhivu Katedre za tehnologijo imeli več kronologij smreke iz bližnjih rastišč. Primerjava z regionalno kronologijo hrasta je dala TVBP 2,7 in GLK 67 %.

V drugi primerjavi smo primerjali lokalno kronologijo smreke iz rastišča Menina planina.

Preglednica 7: Primerjava kronologije smreke iz rastišča Menina planina (1860 – 2010, razpon 151 let) s kronologijami smreke, bukve in jelke iz različnih rastišč v Sloveniji, Avstriji, Italiji in na Hrvaškem. Kronologije, ki so po TVBP vrednosti manjše od 4 si statistično niso dovolj podobne. V preglednici so te kronologije obarvane sivo.

| Reference | šifra kronologije | Lesna vrsta | Glk | TVBP |
|--|-------------------|-------------|-----|------|
| Bukev Mašun | SNE-999 | Bukev | 71 | 6,9 |
| Smreka združena Slovenska kronologija | PC-SL-08 | Smreka | 64 | 4,8 |
| Smreka, Goteniški Snežnik | M93GOS999 | Smreka | 63 | 4,0 |
| Bukev Kočevska reka | KRE902 | Bukev | 61 | 4,0 |
| Smreka, Draga | M92DRA999 | Smreka | 60 | 3,4 |
| Smreka, Vlašič, Hrvaška | VLASIC | Smreka | 57 | 3,4 |
| Bukev Cinkov rog | CRO999 | Smreka | 60 | 3,3 |
| Smreka Vršič | VRSIC | Smreka | 63 | 3,3 |
| Smreka TNP | M96TNP90 | Smreka | 60 | 3,0 |
| Smreka, Senj, Hrvaška | SENJ | Smreka | 64 | 3,0 |
| Bukev združena Slovenska kronologija | FA07-KR | Bukev | 62 | 2,9 |
| Bukev Tolmin A | TOL-A | Bukev | 58 | 2,8 |
| Smreka, Borovec | M93BOR999 | Smreka | 64 | 2,8 |
| Bukev Mokronog 1 | MO2-901T | Bukev | 59 | 2,6 |
| Smreka, Mariazell, Avstrija | MARIAZ | Smreka | 58 | 2,6 |
| Smreka Avstrija, Oberösterreich | SbgO™-PA | Smreka | 62 | 2,4 |
| Slovenska jelova kronologija stanje 2006 | ABAL2006 | Jelka | 63 | 2,3 |
| Smreka, Slovenija in Avstrija | SI+A-PCA | Smreka | 56 | 2,3 |
| Smreka, Cortina d' Ampezzo, Italija | CORT.N | Bukev | 62 | 2,3 |
| Bukev Mokronog | MO1-3-99 | Bukev | 56 | 2,2 |
| Bukev Panška reka | LIP999 | Bukev | 60 | 2,1 |
| Bukev Postojna (Pivka) | PO-901 | bukev | 59 | 1,9 |

Kronologija smreke iz rastišča Menina planina je značilno podobna s kronologijo bukve iz Mašuna in Kočevske reke, ter s kronologijo smreke na Goteniškem Snežniku, oddaljenih 80 km, 80 km, in 75 km. Značilna podobnost se kaže tudi pri primerjavi kronologije z združeno Slovensko smrekovo kronologijo. Primerjava s smrekovima kronologijama iz Hrvaške, iz Vlašiča in Senja ima TVBP 3,4 in 3,0, GLK pa znaša 57 % in 64 %. Kronologijo smreke iz rastišča Menina planina smo primerjali tudi s kronologijami smreke iz rastišč v Avstriji Mariazell, Oberössterreich; TVBP je pri primerjavi znašal 2,6 in 2,4,

GLK pa 58 % in 62 %. Kronologijo smo primerjali tudi s kronologijo smreke iz rastišča v Italiji. TVBP je znašal 2,3, GLK pa 62 %. Primerjava z regionalno kronologijo jelke je dala TVBP 2,3 in GLK 63 %.

V tretji primerjavi smo primerjali lokalno kronologijo smreke iz rastišča zahodne Karavanke.

Preglednica 8: Primerjava kronologije smreke iz rastišča zahodne Karavanke (1858 – 2010, razpon 153 let) s kronologijami smreke in bukve iz rastišč v Sloveniji in Italiji. Kronologije, ki so po TVBP vrednosti manjše od 4 si statistično niso dovolj podobne. V preglednici so te kronologije obarvane sivo.

| Reference | Šifra kronologije | Lesna vrsta | Glk | TVBP |
|---|-------------------|-------------|-----|------|
| Smrekova kronologija Mašun | MAS-902 | Smreka | 62 | 6,4 |
| Smrekova kronologija Pokljuka | POK-901 | Smreka | 62 | 5,8 |
| Smrekova referenčna kronologija | PC-SL-08 | Smreka | 62 | 4,4 |
| Smrekova kronologija Kočevski Rog | A91ROG999039PIC | Smreka | 59 | 4,3 |
| Bukev Mašun | SNE-999 | Bukev | 64 | 3,9 |
| Bukev Draga | DRA903M3 | Bukev | 62 | 3,6 |
| Bukev Pivka jama | PO-901 | Bukev | 64 | 3,4 |
| Smrekova kronologija Mrazišča, Notranjska | MRZ9000 | Smreka | 59 | 3,3 |
| Smrekova kronologija, Goteniški Snežnik | M93GOS999001PIC | Smreka | 59 | 3,3 |
| Smrekova kronologija, Draga na Kočevskem | M92DRA999051PIC | Smreka | 57 | 3,3 |
| Bukev Cinkov rog | CRO999 | Bukev | 59 | 3,1 |
| Bukev Nimis, Italija | 2021002F | Bukev | 58 | 3,1 |
| Smrekova kronologija | KOS_KRO | Smreka | 54 | 2,8 |
| Bukev Kočevska reka | KRE902 | Bukev | 61 | 2,6 |
| Bukev Mokronog | MO2-901T | Bukev | 67 | 2,6 |
| Bukev Gorjanci | GOR999 | Bukev | 58 | 2,5 |
| Bukev Celje | CEB-2003 | Bukev | 60 | 2,1 |
| Bukev Mokronog | MO1-901T | Bukev | 56 | 2,0 |
| Bukev Brezova reber | BU-BREZR | Bukev | 61 | 1,9 |

Kronologija smreke iz rastišča zahodne Karavanke je značilno podobna s kronologijo smreke na Mašunu in v Kočevskem Rogu, oddaljenih 95 km in 115 km. Značilna podobnost se kaže tudi pri primerjavi kronologije z referenčno Slovensko smrekovo kronologijo za Alpe. Kronologijo smreke iz rastišča zahodne Karavanke smo primerjali tudi s kronologijami bukve iz rastišča Nimis v Italiji, TVBP je pri primerjavi znašal 3,1 GLK pa 58 %.

4.3 PRIMERJAVA KRONOLOGIJ BUKVE

V četrti primerjavi smo primerjali lokalno kronologijo bukve iz rastišča zahodne Karavanke. Za primerjavo smo zaradi problema manjkajočih branik uporabili samo del kronologije, za obdobje od leta 1929 do leta 2010.

Preglednica 9: Primerjava kronologije bukve iz rastišča Karavanke nad Jesenicami (1929 - 2010, razpon 82 let) s kronologijami bukve, smreke in jelke iz različnih rastišč v Sloveniji, Italiji in Avstriji. Kronologije, ki so po TVBP vrednosti manjše od 4 si statistično niso dovolj podobne. V preglednici so te kronologije obarvane sivo.

| Reference | Šifra kronologije | Lesna vrsta | GLK | TVBP |
|--|-------------------|-------------|-----|------|
| Bukova kronologija Tromeja, Italija | 8019000F | Bukev | 74 | 7,2 |
| Bukova kronologija Paularo, Italija | 8018000F | Bukev | 74 | 5,7 |
| Smrekova kronologija Salzburg, Avstria | SbgO™-PA | Smreka | 82 | 4,7 |
| Bukova kronologija Timau, Italija | 8017001F | Bukev | 74 | 4,6 |
| Bukve Tolmin, Planina Kal | TOL-C-KR | Bukev | 73 | 4,5 |
| Bukova kronologija Hallstatt, Avstria | HsaFS00M | Bukev | 74 | 4,3 |
| Jelova kronologija, vzhodna Avstria | OstOesAA | Jelka | 69 | 4,1 |
| Bukova kronologija Cleulis, Italija | 8020000F | Bukev | 75 | 3,6 |
| Bukev Menina planina | MEN999AB | Bukev | 81 | 3,4 |
| Kronologija smreka Triglavski narodni park | M96TNP901011PIC | Smreka | 68 | 3,0 |
| Smrekova kronologija Alpe | PC-SL-08 | Bukev | 79 | 2,9 |
| Bukova kronologija Gracco, Italija | 8016000F | Bukev | 74 | 2,7 |
| Smrekova kronologija Pokljuka | POK-901 | Smreka | 79 | 2,5 |
| Bukev Gorjanci | GOR999 | bukev | 77 | 1,9 |

Kronologija bukve iz rastišča zahodne Karavanke je značilno podobna s kronologijo bukve iz Tromeje (Italija), Paularo (Italija), Hallstatt (Avstria) ter Timau (Italija) in bukovo kronologijo iz Tolmina (Planina Kal), ki so bile oddaljene 28 km, 72 km, 127 km, 82 km, in 27 km. Značilna podobnost med kronologijami se kaže tudi s smrekovo kronologijo iz Salzburga v Avstriji in jelovo kronologijo iz vzhodne Avstrije. Kronologijo bukve iz rastišča zahodne Karavanke smo primerjali tudi s kronologijami smreke iz rastišč v Triglavskem narodnem parku in Pokljuke, TVBP je pri primerjavi znašal 3,0 in 2,5, GLK pa 68 % in 79 %. Zanimivo je, da nismo ugotovili podobnosti bukove kronologije iz Karavank nad Jesenicami, s Slovensko jelovo kronologijo.

4.4 MEDSEBOJNA PRIMERJAVA KRONOLOGIJ SMREKE IN BUKVE IZ TREH VZORČNIH LOKACIJ

V primerjavo smo poleg kronologij, ki smo jih sestavili v tem diplomskem delu, vključili tudi kronologije bukve za Panško reko (1873 - 2007, 135 let) in Menino planino (1852 - 2009, 158 let). Tako smo lahko opravili primerjave kronologij bukve in smreke iz treh rastišč. Med seboj smo primerjali kronologije in izračunali kazalnike TVBP, in GLK, ki so podani v preglednici 10.

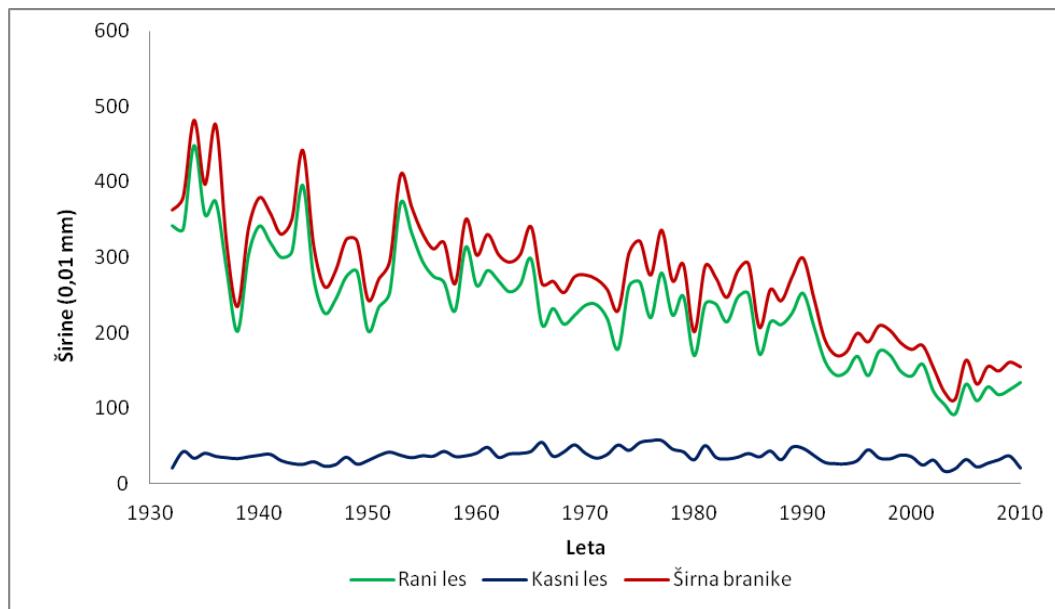
Preglednica 10: Statistični kazalniki TVBP in GLK (%) pri primerjavi kronologij iz vzorčnih lokacij Menina planina, Panška reka in zahodne Karavanke (/ - ni podobnosti).

| | KARAVANKE (<i>Picea abies</i>) | KARAVANKE (<i>Fagus sylvatica</i>) | MENINA PL. (<i>Picea abies</i>) | MENINA PL. (<i>Fagus sylvatica</i>) | PANŠKA REKA (<i>Picea abies</i>) | PANŠKA REKA (<i>Fagus sylvatica</i>) |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------------------|--|---------------------------------------|---|
| KARAVANKE (<i>Picea abies</i>) | | | | | | |
| KARAVANKE (<i>Fagus sylvatica</i>) | / | | | | | |
| MENINA PL. (<i>Picea abies</i>) | 5,0 59* | / | | | | |
| MENINA PL. (<i>Fagus sylvatica</i>) | / | 2,7 56 | / | | | |
| PANŠKA REKA (<i>Picea abies</i>) | / | / | / | / | | |
| PANŠKA REKA (<i>Fagus sylvatica</i>) | 3,3 59* | 3,9 50 | 2,1 60** | / | 4,4 63* | |

Kazalniki TVBP v zgornji preglednici z vrednostjo 4 ali več nakazujejo statistično značilno ujemanje. Podobnost med kronologijo smreke in bukve je na istem rastišču značilna samo na Panški reki. Zanimiva je tudi velika podobnost kronologij smreke z Menine planine (1070 do 1340 m n. m. v.) in Karavank (950 m n. m. v.). Ugotovili smo tudi, da se kronologiji bukve in smreke iz zahodnih Karavank sploh ne ujemata.

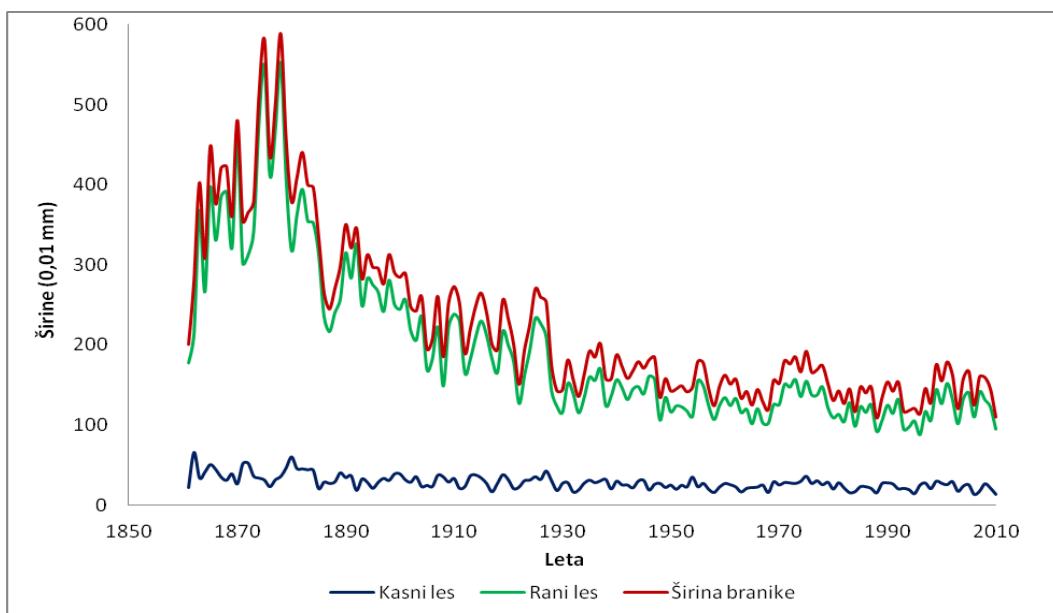
4.5 DELEŽ KASNEGA IN RANEGA LESA

Na vzorcih smreke smo ločeno merili tudi širine ranega in kasnega lesa. Tudi zaporedja širin ranega in kasnega lesa smo sinhronizirali in datirali. Na slikah 21, 22 in 23 so prikazana povprečja datiranih zaporedij širin kasnega in ranega lesa ter širin branik.

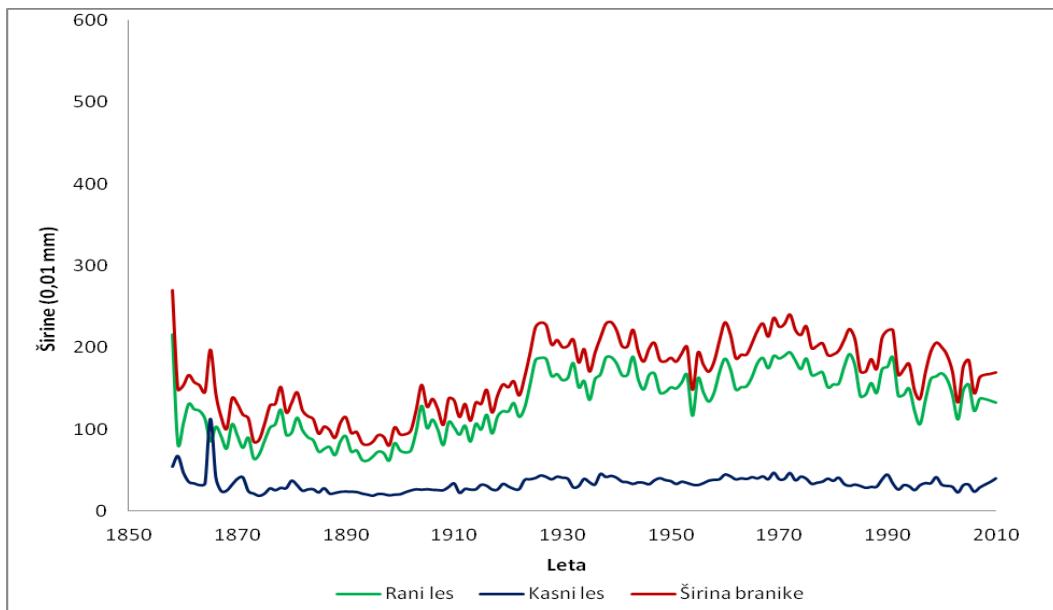


Slika 21: Širina ranega in kasnega lesa ter širina branik v odvisnosti od časa za smreko na rastišču Panška reka.

Iz zaporedij na sliki 21 vidimo veliko skladnost med širinami ranega lesa in širinami branik, zaporedje širin ranega lesa pa se s prej omenjenima zaporednjema ne ujema, oz. ne kaže vizualne podobnosti. Podobna so opažanja na vseh treh rastiščih (slike 21, 22 in 23).



Slika 22: Širina ranega in kasnega lesa ter širina branik v odvisnosti od časa za smreko na rastišču Menina planina.



Slika 23: Širina ranega in kasnega lesa ter širina branik v odvisnosti od časa za smreko na rastišču zahodne Karavanke.

Podobnosti med zaporedji širin branik, ter širin ranega in kasnega lesa smo ovrednotili tudi statistično in so prikazane tudi v preglednici 11. Na Menini planini je bil TVBP med kronologijo ranega in kasnega lesa tik pod mejo značilnosti.

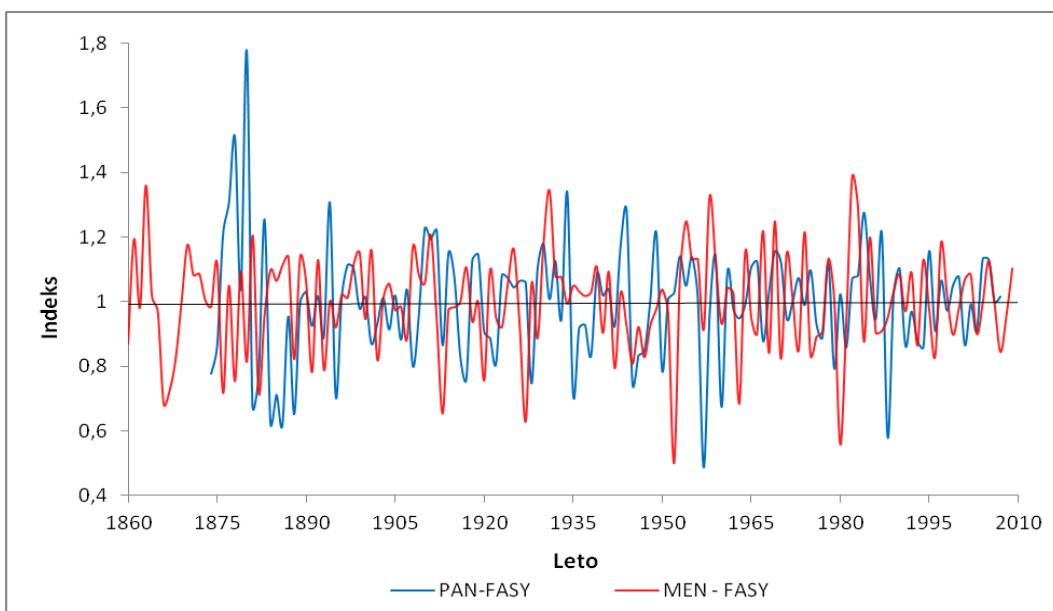
Preglednica 11: Podobnosti med zaporedji širin branik, ranega in kasnega lesa ovrednotene s kazalniki Glk in TVBP.

| vzorčna lokacija | Panška reka | | | | zahodne Karavanke | | | | Menina planina | | | |
|-----------------------|-------------|------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| | Primerjava; | | Kronologija širin branik | Kronologija kasni les |
| kazalnik | Glk | TVBP | Glk | TVBP | Glk | TVBP | Glk | TVBP | Glk | TVBP | Glk | TVBP |
| Kronologija rani les | 96 | 45,2 | ni podobnosti | 93 | 22,8 | ni podobnosti | 95 | 53,1 | 52 | 3,7 | | |
| Kronologija kasni les | 60 | 2,4 | | 64 | 6,4 | | 57 | 6,9 | | | | |

4.6 DENDROKLIMATOŠKA ANALIZA

S pomočjo programa ARSTAN smo izračunali indeksirana zaporedja širin branik, in sicer ARSTAN standardno kronologijo, kronologijo ARSTAN residual ter avtoregresivno ARSTAN kronologijo. Kronologijo tipa ARSTAN residual smo v naslednjem koraku uporabili za dendroklimatološko analizo.

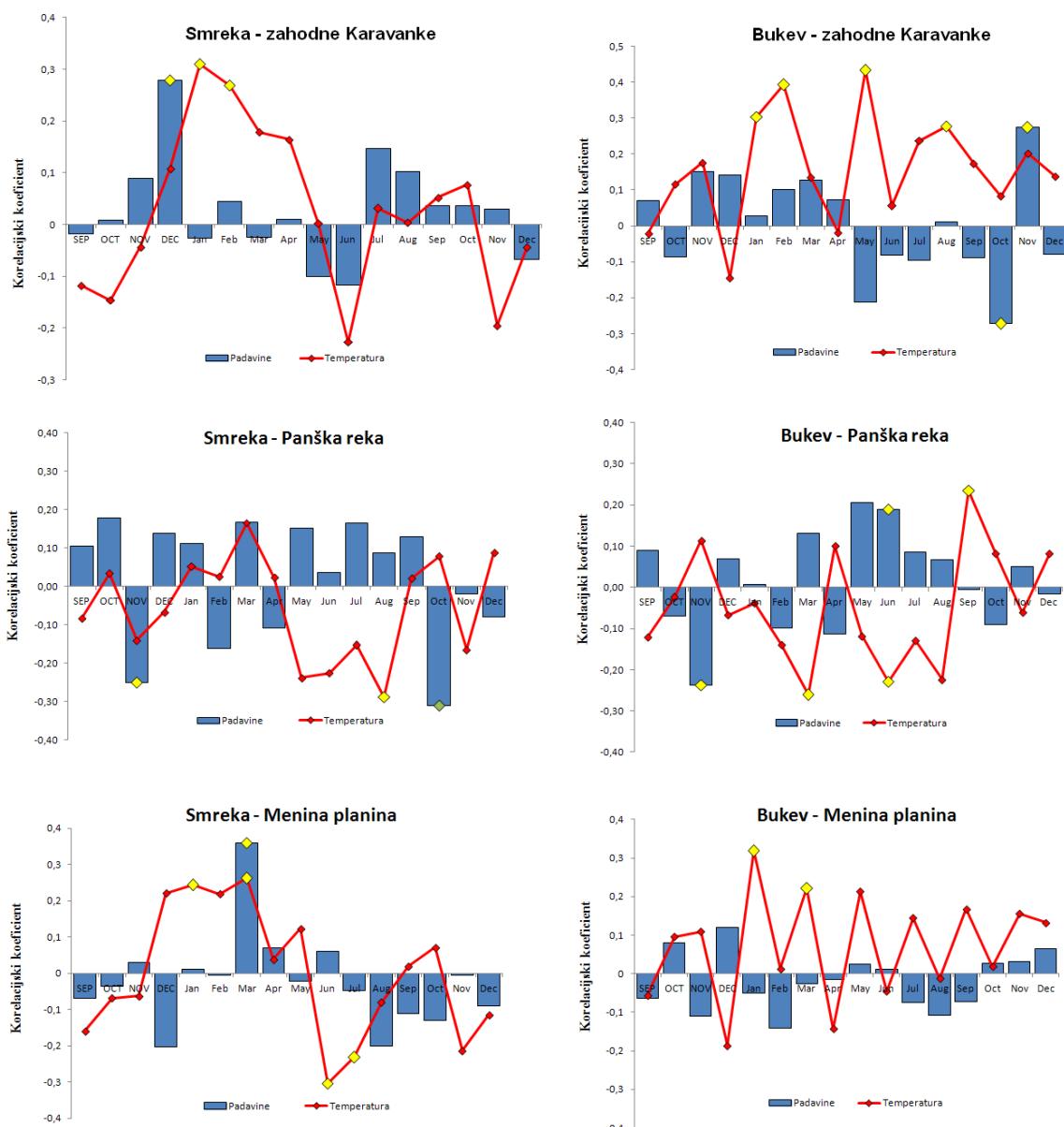
Na sliki 24 je prikazan primer kronologije tipa ARSTAN residual za bukev na vzorčnih lokacijah Panška reka in Menina planina.



Slika 24: Kronologija tipa »ARSTAN residual« indeksov širin branik bukve za sestoja Panška reka in Menina planina.

S programom DENDROCLIM 2002 smo na podlagi kronologije ARSTAN residual in klimatskih podatkov izvedli dendroklimatološko analizo. Izračunali smo odzivne funkcije s korelacijskimi koeficienti.

V preglednicah, ki so v prilogi (priloge 1, 2, 3, 4, 5 in 6) so prikazani korelacijski in odzivni koeficienti za razmerje med indeksi širin branik, mesečnimi povprečnimi temperaturami in mesečnimi padavinami. V analizi smo za indeks širine branike, nastale v tekočem letu uporabili podatke za temperaturo in padavine od septembra predhodnega leta do decembra tekočega leta. Statistično značilni koeficienti pri 95 % intervalu zaupanja so v vseh primerih označeni z rumeno barvo.



Slika 25: Korelacijski koeficienti bootstrap za bukove (desno) in smrekove (levo) kronologije ARSTAN residual za povprečne mesečne temperature (črte) in skupne mesečne padavine (stolpci) od predhodnega septembra do tekočega decembra za tri rastišča v Sloveniji; zvezdice označujejo statistično značilnost na meji zaupanja 95 %.

Slika grafično prikazuje vrednosti korelacijskih koeficientov za temperaturo in padavine za bukev (desne slike) in smreko (leve slike) na lokaciji Zahodne Karavanke, Panška reka in Menina planina. Statistično značilne korelacijske koeficiente označujejo zvezdice na grafikonu.

Pri bukvi na vzorčni lokaciji zahodne Karavanke je razvidno, da ima temperatura v mesecih januar, februar, maj in avgust pozitiven vpliv na širino branik. Viden je tudi negativen vpliv padavin v mesecu oktobru in pozitiven vpliv v mesecu novembru. Pri smreki iz Karavank je iz slike 25 razviden pozitiven vpliv padavin v decembru predhodnega leta in temperatur v januarju in februarju tekočega leta.

Za bukev na Panški reki je razvidno, da ima temperatura v mesecu marcu in juniju negativen vpliv v tekočem septembru pa pozitiven vpliv. Negativen vpliv imajo tudi padavine v novembru predhodnega leta, pozitiven vpliv pa padavine v juniju tekočega leta. Na lokaciji Panška reka je pri smreki razvidno, da je korelacijski koeficient za padavine v novembru predhodnega in oktobru tekočega leta negativen. Negativen je tudi vpliv temperature v avgustu.

Na Menini planini so za bukev korelacijske vrednosti za temperature pozitivne za januar in marec. Iz slike (slika 25) za smreko na Menini planini vidimo, da imajo temperature v juniju in juliju tekočega leta negativen vpliv na širino branik, temperatura in količina padavin v marcu pa pozitivnega.

Dendroklimatološka analiza kaže, da na širino branik bukve in smreke vplivajo različni klimatski dejavniki in da obstajajo razlike med rastišči.

5 SKLEPI

Sestavili smo tri lokalne kronologije smreke za lokacije Panška reka pri Ljubljani (390 m – 560 m n. m. v.), Menina planina (1070 m – 1340 m n. m. v.) in zahodne Karavanke (950 m n. m. v.), ter kronologijo bukve za zahodne Karavanke. Za primerjalne analize smo uporabili tudi lokalni kronologiji bukve iz Panške reke in Menine planine iz arhiva Oddelka za lesarstvo.

Kronologije so imele naslednje dolžine in razpone: smreka Panška reka 79 let (1932 - 2010), smreka Menina planina 151 let (1860 - 2010), smreka Karavanke 153 let (1858 - 2010). V primeru kronologije za bukev Karavanke smo uporabili samo 82 let dolg del, za obdobje od 1929 do 2010. Kronologiji iz arhiva sta imeli dolžine in razpone: bukev Panška reka 135 let (1873 - 2007) in bukev Menina planina 158 let (1852 - 2009).

Kronologije smreke in bukve s treh rastišč smo medsebojno primerjali, posamezne kronologije pa smo primerjali s kronologijami smreke, bukve, hrasta in jelke iz različnih rastišč v Sloveniji, Avstriji, Italiji in na Hrvaškem.

Kronologija smreke s Panške reke je bila podobna s kronologijo bukve iz istega rastišča (tvrednost TVBP 4,4), in s kronologijami bukve z rastišč pri Tolminu (TVBP 4,4), na Gorjancih (TVBP 4,2) in pri Mokronogu (TVBP 4,0).

Kronologija smreke z Menine planine je bila podobna regionalni kronologiji smreke iz Slovenije, kronologiji smreke iz Goteniškega Snežnika ter s kronologijama bukve iz Mašuna in Kočevske reke. Podobnost s kronologijo smreke s Karavank je bila na meji značilnosti.

Kronologija smreke s Karavank je bila podobna smrekovi kronologiji z Mašuna, Pokljuke, regionalni smrekovi kronologiji iz Slovenije in smrekovi kronologiji iz Kočevskega roga. Kronologija bukve s Karavank je bila podobna visokogorskim bukovim kronologijam Tromeja, Paularo in Timau iz Italije, s smrekovo kronologijo Salzburg, bukovo kronologijo Hallstatt in jelovo kronologijo iz Avstrije.

Primerjave kronologij smreke in bukve na istem rastišču so pokazale, da sta samo na Panški reki kronologiji bukve in smreke statistično značilno podobni (TVBP 4,4).

Za smreko smo poleg kronologij širin branik sestavili tudi kronologije širin ranega in kasnega lesa. Na vseh treh rastiščih so bile kronologije ranega lesa visoko statistično značilno podobne s kronologijami širin branik (Panška reka TVBP 45,2, Menina planina TVBP 53,1 in Karavanke TVBP 22,8). Na Menini planini in Karavankah so bile tudi kronologije kasnega lesa statistično značilno podobne s kronologijami širin branik (TVBP 6,9 in 6,4).

S pomočjo programa DENDROCLIM 2002 in ARSTAN residual kronologij smreke in bukve ter mesečnih količin padavin in povprečnih mesečnih temperatur smo ugotovili, da na variiranje širin branik smreke s Panške reke negativno vplivajo padavine novembra preteklega leta in oktobra tekočega leta ter temperature v avgustu.

Na variiranje širin branik bukve s Panške reke pozitivno vplivajo temperature tekočega septembra in junajske padavine, negativno pa padavine predhodnega novembra ter temperature v marcu in juniju.

Na variiranje širin branik smreke z Menine planine pozitivno vplivajo padavine v marcu in temperature v januarju ter marcu, negativno pa temperature v juniju in juliju.

Na variiranje širin branik bukve z Menine planine pozitivno vplivajo temperature v januarju in marcu.

Na variiranje širin branik smreke s Karavank pozitivno vplivajo padavine v predhodnem decembru in januarske ter februarske temperature.

Na variiranje širin branik bukve s Karavank pozitivno vplivajo temperature v mesecih januar, februar, maj in avgust.

6 POVZETEK

Sestavili smo lokalno kronologijo smreke (*Picea abies*) za Panško reko, Menino planino in zahodne Karavanke ter lokalno kronologijo bukve (*Fagus sylvatica*) za zahodne Karavanke.

Zastavili smo si naslednje cilje;

- sestaviti lokalne kronologije širin branik ter širin ranega in kasnega lesa smreke (*Picea abies*) na rastiščih Panška reka, Menina planina in Karavanke,
- sestaviti lokalno kronologijo širin branik bukve (*Fagus sylvatica*) na rastišču Karavanke,
- s pomočjo sestavljenih kronologij in kronologij bukve iz Panške reke in Menine planine iz arhiva Oddelka za lesarstvo primerjati rast smreke in bukve na treh proučenih rastiščih,
- opraviti primerjave med sestavljenimi kronologijami s kronologijami bukve, smreke, hrasta in jelke z različnih rastišč v Sloveniji in okoliških deželah,
- sestaviti ARSTAN kronologije in opraviti dendroklimatološke analize ter pojasniti vpliv klime na variiranje širin branik pri bukvi in smreki na različnih rastiščih,
- oceniti, kako se vpliv klime na rast dreves razlikuje med rastišči v odvisnosti od nadmorske višine in drevesne vrste.

Raziskave smo opravili na treh različnih vzorčnih lokacijah. Na lokaciji Panška reka se nahajata dve gozdni združbi *Hacquetio – Fagetum typicum in Querco – Fagetum typicum* in je od Ljubljane oddaljena 14 km. V zahodnih Karavankah prevladuje gozdna združba *Polygonato verticillato - Luzulo - Fagetum*, vzorčna lokacija se nahaja približno 1600 m zračne linije nad Jesenicami. Na lokaciji Menina planina so bili vzorci odvzeti na rastišču *Abieti - Fagetum prealpinum typicum*, ki se nahaja približno 3 km zračne linije od Gornjega Grada. Iz redne sečnje smo iz podrtih dreves odvzeli kolute, na lokaciji Planina pod Golico pa smo odvzeli tudi nekaj izvrtnkov.

V nadaljevanju smo vzorce pripravili z uveljavljeno metodologijo. Po pripravi vzorcev smo izmerili zaporedja širin branik, ki smo jih sinhronizirali in datirali. Izmerili smo tudi

širine kasnega in ranega lesa pri vzorcih smreke. Sestavili smo surove ter indeksirane lokalne kronologije vseh treh rastišč s pomočjo programov TSAP Win in ARSTAN. Kronologijo ARSTAN residual smo uporabili skupaj s klimatskimi podatki z reprezentativnih meteoroloških postaj za dendroklimatološko analizo s programom DENDROCLIM 2002.

Kronologije smreke in bukve s treh rastišč smo medsebojno primerjali, posamezne kronologije pa smo primerjali s kronologijami smreke, bukve, hrasta in jelke iz različnih rastišč v Sloveniji, Avstriji, Italiji in na Hrvaškem.

Kronologija smreke s Panške reke je bila podobna s kronologijo bukve iz istega rastišča (t-vrednost TVBP 4,4), in s kronologijami bukve z rastišč pri Tolminu (TVBP 4,4), na Gorjancih (TVBP 4,2) in pri Mokronogu (TVBP 4,0).

Kronologija smreke z Menine planine je bila podobna regionalni kronologiji smreke iz Slovenije, kronologiji smreke iz Goteniškega Snežnika ter s kronologijama bukve iz Mašuna in Kočevske reke. Podobnost s kronologijo smreke s Karavank je bila na meji značilnosti.

Kronologija smreke s Karavank je bila podobna smrekovi kronologiji z Mašuna, Pokljuke, regionalni smrekovi kronologiji iz Slovenije in smrekovi kronologiji iz Kočevskega roga.

Kronologija bukve s Karavank je bila podobna visokogorskim bukovim kronologijam Tromeja, Paularo in Timau iz Italije, s smrekovo kronologijo Salzburg, bukovo kronologijo Hallstatt in jelovo kronologijo iz Avstrije.

Primerjave kronologij smreke in bukve na istem rastišču so pokazale, da sta samo na Panški reki kronologiji bukve in smreke statistično značilno podobni (TVBP 4,4).

Za smreko smo poleg kronologij širin branik sestavili tudi kronologije širin ranega in kasnega lesa. Na vseh treh rastiščih so bile kronologije ranega lesa visoko statistično značilno podobne s kronologijami širin branik (Panška reka TVBP 45,2, Menina planina

TVBP 53,1 in Karavanke TVPB 22,8). Na Menini planini in Karavankah so bile tudi kronologije kasnega lesa statistično značilno podobne s kronologijami širin branik (TVBP 6,9 in 6,4).

S pomočjo programa DENDROCLIM 2002 in ARSTAN residual kronologij smreke in bukve ter mesečnih količin padavin in povprečnih mesečnih temperatur smo ugotovili, da na variiranje širin branik smreke s Panške reke negativno vplivajo padavine novembra preteklega leta in oktobra tekočega leta ter temperature v avgustu.

Na variiranje širin branik bukve s Panške reke pozitivno vplivajo temperature tekočega septembra in junajske padavine, negativno pa padavine predhodnega novembra ter temperature v marcu in juniju.

Na variiranje širin branik smreke z Menine planine pozitivno vplivajo padavine v marcu in temperature v januarju ter marcu, negativno pa temperature v juniju in juliju.

Na variiranje širin branik bukve z Menine planine pozitivno vplivajo temperature v januarju in marcu.

Na variiranje širin branik smreke iz Karavank pozitivno vplivajo padavine v predhodnem decembru in januarske ter februarske temperature.

Na variiranje širin branik bukve iz Karavank pozitivno vplivajo temperature v mesecih januar, februar, maj in avgust.

7 VIRI

Atlas Slovenije (2011) <http://www.zrc-sazu.si/moa/images/Relief4bt.gif> (10. 10. 2011)

Berdajs E. 2008. Dendroklimatološka analiza rasti bukve na treh rastiščih v Sloveniji.: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 93 str.

Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 408 str.

Cerar B. 2007. Lokalna kronologija hrasta (*Quercus* sp.) z Dolenske. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 42 str.

Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 185 str.

Čufar K., De Luis M., Zupančič M., Eckstein D. 2008a. A 548-year long tree-ring chronology of oak (*Quercus* spp.) for SE Slovenia and its significance as dating tool and climate archive. Tree-ring research, 64, 1: 3 - 15.

Čufar K., De Luis M., Berdajs E., Prislan P. 2008b. Main patterns of variability in beech tree-ring chronologies from different sites in Slovenia and their relation to climate = Variabilnost kronologij širin branik bukve z različnih rastišč v Sloveniji glede na klimo. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 87: 123 - 134

Čufar K., Levanič T. 1998 - 1999. Progress of dendrochronological research in Slovenia. Dendrochronologia, 16 – 17: 173 – 181

Čufar K., Levanič T. 2000. Dendrokronologija kot metoda za datiranje lesa.

Dendrocronology as a method for dating wood.

http://les.bf.unilj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/lkrze/Bibliografija_Cufar/34_Cufar_Levanic_2000_Res_Dendro.pdf (2. 11. 2011)

Di Filippo A., Bindi F., Čufar K., De Luis M., Grabner M., Maugeri M., Presutti Saba E., Schirone B., Piovesan G. 2007. Bioclimatology of beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Eastern Alps: spatial and altitudinal climatic signals identified through a tree-ring network. Journal of Biogeography, 34: 1873 - 1892

Euforgen 2011. Slika areala bukve (2011);

http://www.euforgen.org/fileadmin/www.euforgen.org/Documents/Maps/PDF/Fagus_sylvatica.pdf (8. 10. 2011)

Eurforjen 2011. Slika areala smreke (2011);

http://www.euforgen.org/distribution_maps.html (8. 10. 2011)

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Gornji Grad. 2009. Gornji Grad ZGS – območna enota Nazarje.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Jesenice 2008 – 2017. 2008. Bled ZGS – območna enota Bled.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Polje. 2009. Ljubljana ZGS – območna enota Ljubljana.

Google Earth – zemljevid (2011) (3. 10. 2011)

Holmes R. L. 1994. Dendrochronology program library user's manual. Tucson, Arizona, University of Arizona: 51 str.

ITRDB- International Tree-Ring Data Base (2011)

<http://web.utk.edu/~grissino/databases.htm> (19. 11. 2011)

Kotar M., Brus R. 1999. Naše drevesne vrste. Ljubljana, Slovenska matica v Ljubljani: 320 str.

Lesar B., Humar M., Oven P. 2008. Dejavniki naravne odpornosti lesa in njegova trajnost = Factors of natural durability and service life of wood. Les, 5, 11-12: 408 – 414

Levanič T., Čufar K., Zupančič M. 1995. Kronologije letnih prirastkov jelke in smreke v Sloveniji. Les, 47, 9: 259 – 261

Levanič T. 1996. Denrokronološka in dendroekološka propadajočih vladujočih in sovladujočih jelk (*Abies alba*) v dinarskem fitogeografskem območju: doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 167 str.

Levanič T., Čufar K. 2000. Dendrochronological and dendroecological investigations of spruce (*Picea abies karst.*) in Slovenia. V: International Conference on Dendrochronology for the Third Millennium, 2-7 April, 2000. Mendoza, Argentina, Laboratorio de Dendrocronología, 2000, str. 25.

Lindner F. 2000. Denrokronološka analiza rasti smreke (*Picea abies Karst.*) na različnih rastiščih v Sloveniji: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 42 str.

Nekič D. 2005. Lokalne kronologije bukve (*Fagus sylvatica*) iz štirih rastišč na kočevskem: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 64 str.

Majer A. 2010. Lokalna kronologija širin branik bukve iz Menine planine: diplomski projekt. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 22 str.

Povprečne padavine (2011)

http://www.arsos.si/cd/izbrani_meteo_podatki/padavine/P038.html (13. 10. 2011)

Prislan P., Zupančič M., Krže L., Gričar J., in Čufar K. 2010. Nastajanje lesa pri bukvah z dveh rastišč na različnih nadmorskih višinah. Les, 62, 5: 164 -170

Rutar A. 2003. Lokalne kronologije bukve (*Fagus sylvatica* L.) iz treh rastišč na Tolminskem: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 52 str.

Slika areala bukve (2011)

http://www.euforgen.org/fileadmin/www.euforgen.org/Documents/Maps/PDF/Fagus_sylvatica.pdf (8. 10. 2011)

Slika areala smreke (2011) http://www.euforgen.org/distribution_maps.html (8. 10. 2011)

Zavod za gozdove Slovenije 2011. Poročilo zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2010. Ljubljana, 2011.

http://www.zgs.gov.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/Porgozd10_Solc1.pdf (15. december 2011)

ZAHVALA

Ob zaključku izdelave diplomske naloge bi se posebej rad zahvalil mentorici, prof. dr. Katarini Čufar za pomoč, usmerjanje in navodila pri pisanju in izdelavi diplomske naloge.

Za recenzijo diplomske naloge se zahvaljujem recenzentu, prof. dr. Mihi Humarju.

Zahvaljujem se Klemenu Novaku in Petru Prislanu za pomoč, nasvete in podatke, ki sem jih potreboval za raziskave.

Zahvaljujem se Luku Kržetu za pomoč pri pripravi vzorcev ter za navodila in nasvete, ki sem jih bil deležen tekom izvajanja meritev v laboratoriju.

Prof. dr. Lučki Bogataj iz Biotehniške fakultete in Zorku Vičarju iz Agencije republike Slovenije za okolje se zahvaljujem za posredovane klimatske podatke.

Posebej bi se rad zahvalil mojim staršem, ki so mi študij omogočili in me ves čas podpirali.

Najlepša hvala tudi vsem tistim, ki ste kakorkoli pomagali pri izdelavi in končni podobi te diplomske naloge.

PRILOGE

Priloga 1: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za smreko na vzorčni lokaciji Panška Reka.

| mesec | Korelacijski koeficient za temperaturo | Korelacijski koeficient za padavine | Odzivni koeficient za temperaturo | Odzivni koeficient za padavine |
|-------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SEP | -0,08 | 0,11 | -0,00747817 | 0,0322292 |
| OCT | 0,03 | 0,18 | 0,0469382 | 0,0840565 |
| NOV | -0,14 | -0,25 | -0,0546835 | -0,167472 |
| DEC | -0,07 | 0,14 | -0,0965656 | 0,0723649 |
| Jan | 0,05 | 0,11 | 0,0161303 | 0,11699 |
| Feb | 0,03 | -0,16 | 0,0510946 | -0,197078 |
| Mar | 0,16 | 0,17 | 0,149199 | 0,110585 |
| Apr | 0,02 | -0,11 | 0,0888923 | -0,100858 |
| May | -0,24 | 0,15 | -0,122516 | -0,02259 |
| Jun | -0,23 | 0,04 | -0,0939756 | -0,02 |
| Jul | -0,15 | 0,16 | -0,0588592 | 0,07 |
| Aug | -0,29 | 0,09 | -0,118789 | 0,08 |
| Sep | 0,02 | 0,13 | -0,00276366 | 0,09 |
| Oct | 0,08 | -0,31 | -0,00887892 | -0,15 |
| Nov | -0,17 | -0,02 | -0,0668098 | -0,05 |
| Dec | 0,09 | -0,08 | 0,047328 | -0,08 |

Priloga 2: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za smreko na vzorčni lokaciji Menina planina.

| mesec | Korelacijski koeficient za temperaturo | Korelacijski koeficient za padavine | Odzivni koeficient za temperaturo | Odzivni koeficient za padavine |
|-------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SEP | -0,159411 | -0,0688947 | -0,118708 | -0,0486098 |
| OCT | -0,0683831 | -0,0359242 | -0,0118731 | -0,076887 |
| NOV | -0,0628697 | 0,0307722 | 0,0123945 | 0,0251976 |
| DEC | 0,220951 | -0,202526 | 0,125641 | -0,139003 |
| Jan | 0,243255 | 0,0115597 | 0,12759 | 0,0143727 |
| Feb | 0,218547 | -0,00512939 | 0,0606956 | 0,0556671 |
| Mar | 0,26161 | 0,359418 | 0,236331 | 0,268275 |
| Apr | 0,0387324 | 0,0696327 | 0,0828959 | 0,0313984 |
| May | 0,122878 | -0,0225541 | 0,0861734 | 0,0468353 |
| Jun | -0,304478 | 0,0612763 | -0,123956 | 0,0463252 |
| Jul | -0,231864 | -0,0487737 | -0,126291 | -0,00990556 |
| Aug | -0,0797727 | -0,200896 | -0,0394289 | -0,0489668 |
| Sep | 0,0196056 | -0,111779 | 0,0951061 | -0,0326696 |
| Oct | 0,0721325 | -0,130773 | -0,0234924 | -0,0840489 |
| Nov | -0,213294 | -0,00500555 | -0,0640942 | 0,0281077 |
| Dec | -0,114677 | -0,0896188 | -0,162843 | 0,0133 |

Priloga 3: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za smreko na vzorčni lokaciji Karavanke nad Jesenicami.

| mesec | Korelacijski koeficient za temperaturo | Korelacijski koeficient za padavine | Odzivni koeficient za temperaturo | Odzivni koeficient za padavine |
|-------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SEP | -0,116181 | -0,0171583 | -0,147727 | -0,139249 |
| OCT | -0,146491 | 0,00817247 | -0,0890877 | -0,012332 |
| NOV | -0,0434222 | 0,0897024 | -0,0372754 | 0,0732182 |
| DEC | 0,108467 | 0,279081 | 0,0204747 | 0,25952 |
| Jan | 0,310713 | -0,0264104 | 0,221169 | -0,0767819 |
| Feb | 0,269336 | 0,0444948 | 0,110976 | 0,0219956 |
| Mar | 0,178589 | -0,0239547 | 0,0973449 | -0,00492311 |
| Apr | 0,165311 | 0,00999304 | 0,125923 | -0,0349817 |
| May | 0,00208313 | -0,0995636 | -0,0321933 | -0,0570795 |
| Jun | -0,226987 | -0,116575 | -0,253714 | -0,0906212 |
| Jul | 0,0311316 | 0,146563 | 0,0337451 | 0,146981 |
| Aug | 0,00360131 | 0,101692 | -0,0240078 | 0,15228 |
| Sep | 0,0524557 | 0,0357112 | 0,116028 | -0,0779565 |
| Oct | 0,0771812 | 0,0358131 | 0,00668679 | 0,0458338 |
| Nov | -0,194398 | 0,0301527 | -0,129145 | 0,138309 |
| Dec | -0,0432783 | -0,0673422 | -0,0759294 | -0,0582667 |

Priloga 4: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za bukev na vzorčni lokaciji Panška Reka.

| mesec | Korelacijski koeficient za temperaturo | Korelacijski koeficient za padavine | Odzivni koeficient za temperaturo | Odzivni koeficient za padavine |
|-------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SEP | -0,12 | 0,09 | -0,15431 | -0,01665 |
| OCT | -0,02 | -0,07 | 0,01425 | -0,13946 |
| NOV | 0,11 | -0,24 | 0,21154 | -0,14565 |
| DEC | -0,07 | 0,07 | -0,04996 | 0,01629 |
| Jan | -0,04 | 0,01 | 0,07786 | -0,01474 |
| Feb | -0,14 | -0,10 | -0,01282 | -0,12409 |
| Mar | -0,26 | 0,13 | -0,15594 | 0,04068 |
| Apr | 0,10 | -0,11 | 0,16125 | -0,08320 |
| May | -0,12 | 0,21 | -0,00131 | 0,07818 |
| Jun | -0,23 | 0,19 | -0,16118 | 0,12200 |
| Jul | -0,13 | 0,09 | -0,03980 | 0,03870 |
| Aug | -0,22 | 0,07 | -0,10311 | 0,04977 |
| Sep | 0,24 | -0,01 | 0,19265 | 0,04461 |
| Oct | 0,08 | -0,09 | 0,05102 | 0,00056 |
| Nov | -0,06 | 0,05 | -0,02944 | 0,02111 |
| Dec | 0,08 | -0,02 | 0,07656 | -0,01222 |

Priloga 5: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za bukev na vzorčni lokaciji Menina planina.

| mesec | Korelacijski koeficient za temperaturo | Korelacijski koeficient za padavine | Odzivni koeficient za temperaturo | Odzivni koeficient za padavine |
|-------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SEP | -0,0555086 | -0,0648231 | -0,01 | -0,04 |
| OCT | 0,0964323 | 0,0794351 | 0,12 | 0,02 |
| NOV | 0,109467 | -0,109771 | 0,20 | -0,13 |
| DEC | -0,185475 | 0,120343 | -0,12 | 0,19 |
| Jan | 0,318227 | -0,0508107 | 0,28 | -0,05 |
| Feb | 0,0126567 | -0,142098 | 0,03 | -0,09 |
| Mar | 0,220714 | -0,0257975 | 0,16 | -0,03 |
| Apr | -0,142484 | -0,0153991 | -0,24 | -0,05 |
| May | 0,213582 | 0,0238735 | 0,14 | -0,04 |
| Jun | -0,0464016 | 0,0122787 | -0,11 | 0,05 |
| Jul | 0,143994 | -0,0746727 | 0,14 | -0,11 |
| Aug | -0,0122755 | -0,107379 | -0,08 | -0,07 |
| Sep | 0,16794 | -0,0718439 | 0,21 | -0,02 |
| Oct | 0,0189809 | 0,0258967 | 0,05 | 0,04 |
| Nov | 0,155626 | 0,031183 | 0,12 | -0,05 |
| Dec | 0,132507 | 0,0650313 | 0,05 | 0,05 |

Priloga 6: Korelacijski koeficienti za zavezo med širino branik in temperaturo (povprečne mesečne vrednosti) in padavinami (skupne mesečne vrednosti) za bukev na vzorčni lokaciji Karavanke nad Jesenicami.

| mesec | Korelacijski koeficient za temperaturo | Korelacijski koeficient za padavine | Odzivni koeficient za temperaturo | Odzivni koeficient za padavine |
|-------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| SEP | -0,0201673 | 0,0700063 | -0,00311223 | 0,0434828 |
| OCT | 0,115194 | -0,0855693 | 0,100889 | -0,0391925 |
| NOV | 0,176971 | 0,150136 | 0,138357 | 0,0684106 |
| DEC | -0,144367 | 0,141904 | -0,0644601 | 0,149266 |
| Jan | 0,302618 | 0,027888 | 0,217197 | -0,0952763 |
| Feb | 0,392457 | 0,100807 | 0,25834 | 0,103393 |
| Mar | 0,134634 | 0,126485 | 0,00270175 | 0,0629106 |
| Apr | -0,0179035 | 0,0727426 | -0,129353 | 0,0057581 |
| May | 0,432827 | -0,211904 | 0,262791 | -0,0419547 |
| Jun | 0,0552788 | -0,0825055 | -0,0384128 | 0,0619362 |
| Jul | 0,23694 | -0,0949647 | 0,0764897 | -0,0334973 |
| Aug | 0,276911 | 0,00975708 | 0,126654 | -0,00879456 |
| Sep | 0,173996 | -0,0892511 | 0,177943 | -0,0256322 |
| Oct | 0,0822869 | -0,272398 | 0,0606123 | -0,222017 |
| Nov | 0,202619 | 0,273807 | 0,0501898 | 0,220087 |
| Dec | 0,138375 | -0,0791476 | 0,0938651 | -0,0454363 |