

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Sebastjan PESTOTNIK

LOKALNE KRONOLOGIJE HRASTA IZ OSREDNJE SLOVENIJE

DIPLOMSKI PROJEKT
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**LOCAL TREE-RING CHRONOLOGIES OF OAK FROM CENTRAL
SLOVENIA**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomski projekt je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Tehnologije lesa in vlaknatih kompozitov – 1. stopnja. Opravljen je bil na Katedri za tehnologijo lesa, Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega projekta imenoval prof. dr. Katarino Čufar, za somentorja doc. dr. Maksa Merele ter za recenzenta doc. dr. Aleša Stražeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Sebastjan Pestotnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 630*561.24
KG	hrast/ <i>Quercus</i> sp./dendrokronologija/telekonekcija/heterokonekcija
AV	PESTOTNIK, Sebastjan
SA	ČUFAR, Katarina (mentorica) / MERELA, Maks (somentor) / STRAŽE, Aleš (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	LOKALNE KRONOLOGIJE HRASTA IZ OSREDNJE SLOVENIJE
TD	Diplomski projekt (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	VII, 21str., 5 preg., 8 sl., 15 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Opravili smo dendrokronološke raziskave hrasta (<i>Quercus</i> sp.) z Rožnika v Ljubljani. S pomočjo programa TSAP-Win smo sestavili lokalno kronologijo širin branik, za katero smo uporabili vzorce 20 hrastov. Vzorci so bili odvzeti iz dreves padlih po obsežnem žledolomu v letu 2014. Sestavili smo lokalno kronologijo dolgo 184 let, ki zajema branike nastale od leta 1830 do leta 2013. Kronologijo smo primerjali s hrastovimi kronologijami z različnih rastišč po Sloveniji, Avstriji, Madžarski, Hrvaški ter Srbiji. Raziskava telekonekcije je pokazala, da se kronologija z Rožnika statistično značilno (kazalnik TVBP $\geq$ 4) ujema z dvema hrastovima kronologijama iz Slovenije (Ljubljana z okolico pribl. 305 m n. m. in Novo mesto z okolico 188 m n.m., oddaljenost 61 km), ter dvema kronologijama iz Avstrije (Klagenfurt 462 m n.m., oddaljenost 65 km; Fechring 309 m n.m., oddaljenost 154 km). Kronologijo z Rožnika smo primerjali tudi z bukovimi (<i>Fagus sylvatica</i> L.) kronologijami iz različnih rastišč po Sloveniji. Raziskave heterokonekcije so pokazale, da se statistično značilno ujema s tremi kronologijami bukve iz različnih rastišč v Sloveniji (Mokronog 400 m n.m., oddaljenost 39 km; Mašun 1000 m n.m., oddaljenost 36 km; Celje, okolica 300 m n.m., oddaljenost 60 km).

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dv1
DC UDC 630*561.24
CX oak/*Quercus* sp./dendrochronology/teleconnection/heteroconnection
AU PESTOTNIK, Sebastjan
AA ČUFAR, Katarina (supervisor)/ MERELA, Maks (co-advisor)/STRAŽE, Aleš (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2016
TI LOCAL CHRONOLOGIES OF OAK FROM THE CENTRAL SLOVENIA
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO VII, 21 p., 5 tab., 8 fig., 15 ref.
LA sl
AL sl/en
AB We conducted dendrochronological investigations of oak (*Quercus* sp.) from the hill Rožnik in Ljubljana, central Slovenia. Using the TSAP-Win we performed measurements and constructed a local chronology, based on samples taken from 20 fallen oak trees. The samples (discs) were collected from fallen trees after a disastrous ice storm in 2014. The chronology is 184 years long and extends from 1830 to 2013. The chronology was compared with other oak chronologies from different sites in Slovenia, Austria, Hungary, Croatia and Serbia. Teleconnection survey showed that the chronology of Rožnik statistically agrees ($TVBP \geq 4$) with two oak chronologies of Slovenia (the ones from Ljubljana 305 m a.s.l., and Novo mesto 188 a.s.l., distance 61 km), and two chronologies from Austria (Klagenfurt 462 m a.s.l., distance 65 km, and Fechring 309 m a.s.l., distance 154 km). The chronology of Rožnik was also compared with beech (*Fagus sylvatica* L.) chronologies from different sites in Slovenia. The heteroconnection research has shown that it statistically agrees ($TVBP \geq 4$) with three chronologies of beech from different localities in Slovenia (Mokronog. 400 m a.s.l., distance 39 km; Mašun 1000 m a.s.l., distance 36 km; Celje 300 m a.s.l., distance 60 km).

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo slik.....	VI
Kazalo preglednic.....	VII
1 UVOD	1
2 SPLOŠNI DEL	2
2.1 HRAST V DENDROKRONOLOGIJ.....	2
2.2 HRASTOVE KRONOLOGIJE ZA OBMOČJE LJUBLJANE Z OKOLICO.....	2
2.3 SESTAVLJENA SLOVENSKA REGIONALNA KRONOLOGIJA HRASTA.....	3
2.4 HRAST V SLOVENIJI IN KLIMA.....	3
2.5 HRAST V SLOVENIJI IN TELEKONEKCIJA TER HETEROKONEKCIJA.....	4
3 MATERIAL IN METODE	5
3.1 VZORČNA LOKACIJA.....	5
3.1.1 Odvzem vzorcev.....	5
3.1.2 Priprava vzorcev.....	6
3.1.3 Merjenje širin branik.....	7
3.1.4 Sestavljanje kronologije.....	7
3.1.5 Statistična analiza.....	8
4 REZULTATI IN RAZPRAVA.....	9
4.1 KRONOLOGIJA ŠIRIN BRANIK HRASTA Z ROŽNIKA.....	9
4.2 PRIMERJAVA KRONOLOGIJE HRASTA Z ROŽNIKA Z DRUGIMI LOKALNIMI KRONOLOGIJAMI HRASTA.....	14
4.3 PRIMERJAVA KRONOLOGIJE HRASTA Z LOKALNIMI KRONOLOGIJAMI BUKVE.....	15
5 SKLEPI.....	18
6 POVZETEK.....	19
7 VIRI	20
ZAHVALA	

KAZALO SLIK

str.

Slika 1: Lokacija rastišča Rožnik (Google Earth, 2016).....	5
Slika 2: Brušenje vzorcev na levi ter sortiranje vzorcev na desni sliki (foto: Pestotnik).....	6
Slika 3: Vzorci pripravljeni za merjenje širin branik (foto: Čufar).....	6
Slika 4: Merilne naprave (računalnik, monitor, fotoaparat, mikroskop, merilna mizica) (foto: Pestotnik).....	7
Slika 5: Datirana zaporedja širin branik vseh vzorcev z Rožnika.....	11
Slika 6: Kronologija širin branik hrasta z Rožnika: (a) povprečna širina branik, (b) pokritost kronologije.....	12
Slika 7: Telekonekcija kronologije z Rožnika (ROZ) z lokalnimi kronologijami hrasta iz Avstrije, Madžarske, Hrvaške, Srbije. Z velikimi pikami so prikazane kronologije kjer je $tBP \geq 4$, z malimi pikami pa kronologije kjer je $tBP = 2,0 - 4,0$ (foto: Google Earth, 2016).	15
Slika 8: Prikaz primerjave heterokonekacije hrastove kronologije z Rožnika (ROZ) z lokalnimi kronologijami bukve po Sloveniji kjer je $tBP \geq 4$ (foto: Google Earth 2016). ...	17

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Osnovni podatki merjenja širin branik 20 hrastovih vzorcev.....	10
Preglednica 2: Statistični kazalniki za primerjavo posameznih zaporedji širin branik (ROZ01A1...) s kronologijo hrasta z Rožnika (ROZ-901). OVL, prekrivanje s kronologijo v letih, Glk, pove koeficient časovne skladnosti, GLS pove nivo značilnosti za Glk vrednost, TVBP predstavlja t-vrednost po Ballie-ju in Pilcherju, CDI -indeks navzkrižnega datiranja, DatumL (leto najstarejše branike), DatumR (leto najmlajše branike).....	13
Preglednica 3: Podatki rastišča hrastovih kronologij z ujemanjem.....	14
Preglednica 4: primerjava lokalne kronologije hrasta z Rožnika, z lokalnimi kronologijami bukve po Sloveniji (<i>Fagus sylvatica</i> L.) (Čufar in sod. 2008).....	16
Preglednica 5: rastišča bukovih kronologij po Sloveniji, ki izkazujejo heterokonekcijo s kronologijo hrasta ROZ-901 $tBP \geq 4$	16

1 UVOD

Z dendrokronološkimi raziskavami se na Biotehniški fakulteti, na Oddelku za lesarstvo že vrsto let posvečajo raziskavam različnih drevesnih vrst. Na različnih lokacijah po Sloveniji in tujini vzorčijo drevesa za analizo širin branik. Tako v Sloveniji kot v tujini je najpomembnejša drevesna vrsta za sestavljanje kronologij hrast, ki ga v Sloveniji zastopata najštevilčnejša: hrast dob (*Quercus robur*) in hrast graden (*Quercus petraea*). Po anatomiji lesa doba in gradna med seboj ni mogoče zanesljivo razlikovati, zato ju v dendrokronologiji največkrat obravnavamo skupaj kot evropski hrast ali preprosto hrast (*Quercus* sp.) (Čufar in sod., 2014a). Kronologije širin branik so pomembne za določevanje starosti objektov in lesenih predmetov in zato so sestavili že več lokalnih kronologij dreves, ki jih z lesom iz zgodovinskih in arheoloških objektov podaljšujejo v preteklost.

Kronologije širin branik se med drugim uporabljajo za raziskave preteklosti in za napovedovanje prihodnjih sprememb na podnebje in okolje (Haneca in sod., 2009). Prav tako se uporabljajo za datiranje arheološkega lesa, in pomembnih zgodovinskih predmetov.

Ker je najdaljša kronologija širin branik na svetu hrastova, je bilo opravljenih več študij kjer so primerjali kronologije medsebojno oddaljenih regij (telekonekcija) z isto drevesno vrsto. V tem primeru se išče vpliv podobnosti rastišč, vpliva podnebja, nadmorske višine rastišča na variranje širin branik. Prav tako pa se išče podobnosti hrastovih lokalnih kronologij z različnimi drevesnimi vrstami (heterokonekcija), kar omogoča pojasnjevanje vplivov rastišča na rast različnih lesnih vrst.

Cilji diplomske naloge so bili:

- sestaviti lokalno kronologijo širin branik hrasta za območje osrednje Slovenije,
- raziskati telekonekcijo hrasta iz osrednje Slovenije s hrastom z drugih rastišč,
- raziskati heterokonekcijo hrasta iz osrednje Slovenije s kronologijami drugih drevesnih vrst.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 HRAST V DENDROKRONOLOGIJ

Dendrokronologija je veda, ki se ukvarja s proučevanjem zaporedij širin branik ali širin ranega ter kasnega lesa, z namenom izdelave dendrokronoloških krivulj (kronologij) in njihove uporabe. V našem podnebnem pasu drevo vsako leto priraste po eno braniko, ki jo na prečnem prerezu debla vidimo kot kolobar (pas ranega ter pas kasnega lesa). Širine branik od leta do leta variirajo, saj je letni prirastek odvisen od drevesne vrste, pogojev rastišča, temperature podnebja, količine padavin, posegov v okolico ter drugih. Za orientacijo pri preučevanju branik služijo ekstremno široke oz. ozke branike, ki so posledica dobrih, oz. slabih klimatskih razmer.

Areal hrasta doba je naravno razširjen skoraj po vsej Evropi, razen v južni polovici Španije, naseljuje južno četrtino Skandinavije, na vzhodu ga najdemo vse do Urala in Kavkaza, ni ga v Mali Aziji in južni Grčiji (Brus, 2005). Gradnov areal, je manjši od dobovega. Raste v velikem delu Evrope in na severu doseže skrajni južni konec Skandinavije, vendar na vzhodu ne raste tako daleč kot dob (Brus, 2005). Obe vrsti hrasta se razprostirata preko večine ozemlja Slovenije. Ker je hrastovina, ki ima obarvano jedrovino, med našimi najbolj obstojnimi lesnimi vrstami in ker ima les s širokimi branikami visoko trdnost, so ga med drugim pogosto uporabljali za izdelavo hiš, skednjev in kozolcev. Hrastovina je priljubljena tudi za izdelavo pohištva, predvsem v severni Evropi pa tudi za izdelavo umetnin (Čufar, 2007, Haneca in sod., 2009). Kronologije hrasta nam omogočajo ugotavljanje starosti izdelkov, posredno pa tudi življenjske navade v preteklosti ter vremenske vplive na rast dreves. Za to potrebujemo dolge kronologije, ki segajo v preteklost. Izdelave kronologij običajno začnemo s pomočjo sestave kronologij živih dreves oz. v znanem času posekanih dreves iz znane lokacije, nato pa jih dopolnjujemo in podaljšujemo z lesom iz zgodovinskih predmetov in s proučevanjem arheološkega lesa (Čufar, 2006).

Hrast je po celotni Evropi za dendrokronologijo najpomembnejša drevesna vrsta (Haneca in sod., 2009). V zadnjih desetletjih so bile najdaljše hrastove kronologije sestavljene v južni Nemčiji, kjer je hrastova kronologija dolga preko 10.000 let in v Severni Irski (nad 7.500 let) (Čufar, 2010), sedaj pa imajo številni laboratoriji po celotni Evropi sestavljene dolge kronologije hrasta, katere se medsebojno primerja ter vseskozi izpopolnjuje (Haneca in sod., 2009).

2.2 HRASTOVE KRONOLOGIJE ZA OBMOČJE LJUBLJANE Z OKOLICO

Največ dendrokronoloških raziskav hrasta v okolici Ljubljane je narejenih na Ljubljanskem barju. Raziskovalci Katedre za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete v sodelovanju z Inštitutom za arheologijo ZRC SAZU, ki ga vodi dr. Anton Velušček, vse od leta 1995 opravljajo raziskave prazgodovinskih koliščarskih naselbin. Doslej so raziskali že nad 5500 vzorcev lesa s 14 koliščarskih naselbin (Čufar in sod., 2012). Med

lesenimi elementi so številni primerki nosilnih kolov za katere so pretežno uporabljali hrast, jesen, jelšo in tudi druge vrste lesa, ki so uspevale v bližini kolišč. Na večini doslej raziskanih koliščih so sestavili hrastove ter jesenove kronologije. Več hrastovih kronologij so med seboj primerjali in nekatere uspeli združiti. Vse kronologije so bile datirane s pomočjo radiometričnih raziskav in t.i. metode wiggles matching, kjer je bila v najboljših primerih dosežena natančnost ± 10 let. (Čufar, 2010). V letu 2015 je bila skupina kolišč iz 4. tisočletja pr. n. št. tudi absolutno datirana s pomočjo telekonekcije (Čufar in sod., 2015).

2.3 SESTAVLJENA SLOVENSKA REGIONALNA KRONOLOGIJA HRASTA

Kot omenjeno, je hrast najbolj pomembna evropska drevesna vrsta za arheologijo ter kulturno dediščino, saj je velik del starih hiš, skednjev, kozolcev, cerkvenih predmetov in pohištva narejenega iz hrastovega lesa. Prav zaradi tega je zelo pomembno, da imamo za datiranje in raziskave omenjenih predmetov ustrezno hrastovo regionalno kronologijo za obdobje in območje, od koder izvira les, ki ga raziskujemo. Do nedavnega so se v Sloveniji soočali z velikimi težavami pri sestavljanju kronologije, ki se začne s proučevanjem lesa živih dreves oz. pravkar posekanih dreves. V Sloveniji je težko najti hrast starejši od 200 let (Čufar, 2010). Zaradi tega, so sprva sestavili hrastovo kronologijo, ki ni presegala dolžine starosti dreves. Kronologijo pa so uspešno podaljšali po obsežnejših raziskavah na Dolenjskem in Bizeljskem, kjer so do leta 2008 raziskali preko 50 objektov (Čufar, 2010). Prekrivanje kronologij objektov s kronologijami dreves in drugih objektov je omogočilo, da so hrastovo kronologijo podaljšali na dolžino nad 500 let. Bolj natančno, hrastovo kronologijo, ki večinoma temelji na lesu dreves in objektov so sestavili za JV del Slovenije. Kronologija je dolga 548 let in pokriva obdobje od leta 1456 do leta 2003 (Čufar in sod. 2008) in je bila v letu 2008 najdaljša hrastova kronologija v tem delu Evrope. Kronologijo so nedavno podaljšali in je sedaj dolga nad 800 let (Čufar, osebna komunikacija).

2.4 HRAST V SLOVENIJI IN KLIMA

Hrast je v Sloveniji zelo razširjen, uspeva tako v gričevnatem kot na ravninskem svetu. Poznamo več vrst hrasta, kateri uspevajo pri nas. Komercialno najpomembnejša pa sta: hrast dob (*Quercus robur*), ter hrast graden (*Quercus petraea*), sicer pa pri nas uspevajo še hrast cer (*Quercus cerris* L.), puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.), hrast črnika (*Quercus ilex* L.), ter rdeči hrast (*Quercus rubra* L.), ki sicer izvira iz Severne Amerike in je pri nas nasajen. Omenjeni hrasti (razen črnike) spadajo med venčasto porodne listavce, kar se dobro vidi na prečnem prerezu lesa, kjer jasno vidimo velike pore v ranem lesu. Branike ter letnice so dobro vidne tudi s prostim očesom, kar je za merjenje širin branik zelo pomembno. Vpliv klime se na lesu odraža v širini branik, pa tudi z deležem ranega in kasnega lesa ter posledično z gostoto in kvaliteto lesa (Haneca in sod., 2009). V dobrih rastijskih pogojih (rodovitno ratišče, zadostna količina padavin, ugodne temperature...) hrast raste hitro in ima velike širine branik, kar pomeni velik delež kasnega lesa, ki je trši ter

trdnejši. V nasprotnem primeru pa so branike ozke, večji je delež ranega lesa, ki vsebuje veliko por zato je les lažji, manjša je gostota, manjša trdnost ter trdota.

Z analizami je bilo ugotovljeno, da v Sloveniji na rast hrastov bistveno vplivajo razmere v zgodnjem poletju, predvsem ugodne (ne previsoke) temperature ter zadostna količina padavin. Ugodna povprečna temperatura junija 17.7°C (razpon 14.6-22.7°C) ter povprečna količina padavin okrog 134 mm z najdaljšim obdobjem osvetlitve zagotavlja optimalne pogoje za rast hrastov v Sloveniji (Čufar in sod., 2008) in nasploh južno in vzhodno od Alp (Čufar in sod., 2014a). Ugotovljeno je bilo, da previsoke junijske temperature negativno vplivajo na širine branik hrastov, zadostne količine padavin pa pozitivno.

S preučevanjem širin branik lahko na podlagi izdelanih grafov ugotavljamo klimatske pogoje, ki jih je imelo drevo v času svoje rasti. Rekonstruiramo lahko preteklo klimatsko dogajanje, kar posledično lahko uporabimo tudi za napovedovanje prihodnjih klimatskih razmer in predvsem njihovih učinkov na rast dreves.

2.5 HRAST V SLOVENIJI IN TELEKONEKCIJA TER HETEROKONEKCIJA

Za uspešno datiranje različnih lesnih vzorcev potrebujemo sestavljene lokalne kronologije različnih drevesnih vrst za posamezne regije. Če za katero drevesno vrsto ali posamezno regijo lokalna kronologija ni izdelana se lahko poslužujemo primerjave s telekonekcijo ali heterokonekcijo. Telekonekcija pomeni datiranje lesa s kronologijo iste drevesne vrste iz druge regije (Čufar, 2006). Datiranja s heterokonekcijo pa se poslužujemo kadar za vzorec, ki ga datiramo nimamo kronologije iste drevesne vrste in uporabimo referenčno kronologijo druge drevesne vrste, po možnosti iz istega območja, ki se nam statistično najbolj ujema z raziskanim vzorcem.

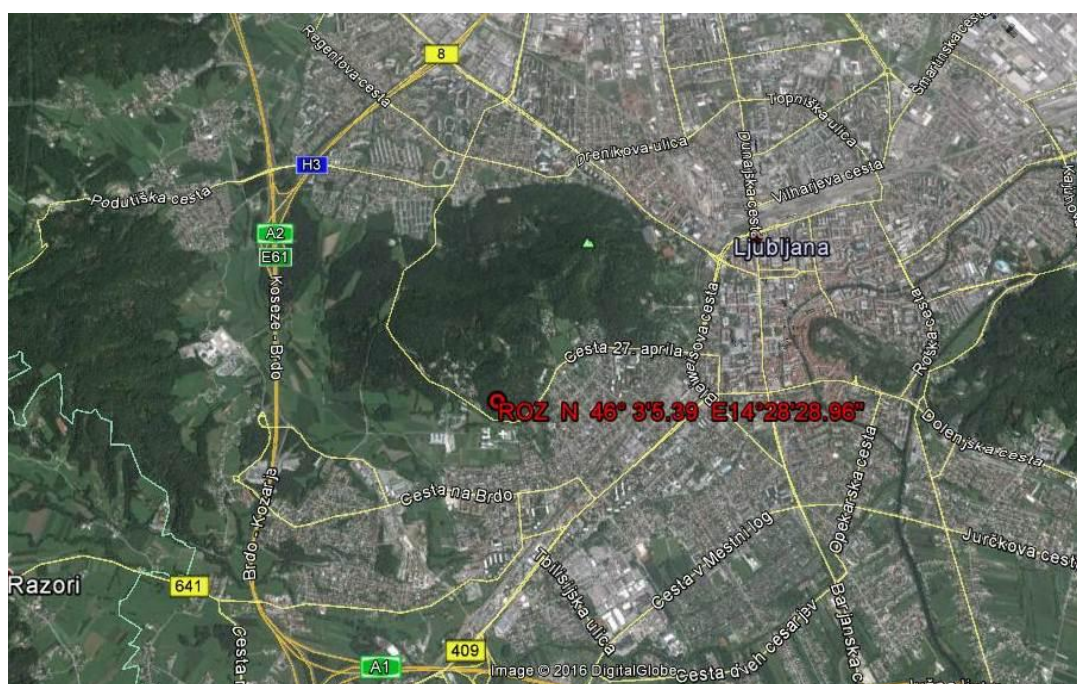
Slovenske hrastove kronologije se v primerjavah telekonekcije pogosto ujemajo s kronologijami iz Avstrije, Madžarske, Hrvaške, Nemčije, s podobnimi pogoji rastišča, nadmorsko višino, podnebjem (Čufar in sod., 2008, 2014a). V diplomski nalogi nam Sever (2004) predstavi dobro telekonekcijo ter heterokonekcijo hrastovih kronologij, ki ju je sestavil za Kozjansko ter Srem v Srbiji. Hrastovo kronologijo za jugovzhodno Slovenijo uspešno uporabljajo za datiranje hrastovega lesa po celotni Sloveniji ter tudi na Hrvaškem (Čufar in sod., 2014b).

Iskanje povezav heterokonekcije hrastovine z ostalimi drevesnimi vrstami je velikega pomena, saj so ostale drevesne vrste občasno težavnejše za preučevanje širin branik in izdelavo kronologij. Razlog, da za večino drevesnih vrst ni narejenih dolgih kronologij je prav to, da ni ohranjenih veliko starinskih predmetov, konstrukcij, ostrešij, ki bi jih lahko uporabili za preučevanje in podaljševanje lokalnih kronologij številnih drevesnih vrst. V ta namen se izdeluje lokalne hrastove kronologije, katere so značilne za posamezna območja, kjer se lažje najde podobnosti med različnimi lesovi in tako datira lesove za katere niso izdelane lastne kronologije. Poznavanje podobnosti med kronologijami različnih vrst je zelo pomembna za različne raziskave in uporabe.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 VZORČNA LOKACIJA

Dendrokronološko raziskavo smo izvedli v osrednji Sloveniji. Les za raziskave smo pridobili na griču Rožnika (okoli N46° 3'5.39" E14°28'28.96"), v Ljubljanski občinski regiji z nadmorsko višino od 295 m do 429 m (slika 1). Na Rožniku so prisotne tri gozdne združbe: mešani gozd gradna in domačega kostanja, borov gozd ter jelševi logi. Tla so ilovnata, do ilovnato glinasta (Verlič in sod., 2012).



Slika 1: Lokacija rastišča Rožnik (Google Earth, 2016)

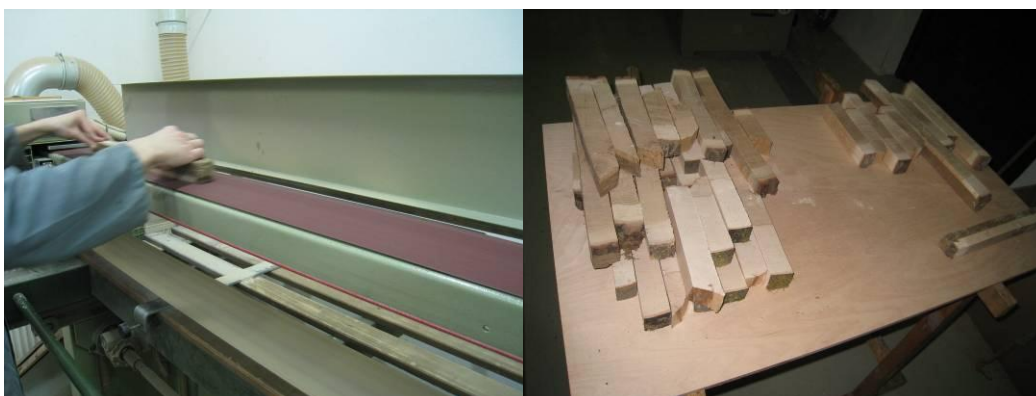
3.1.1 Odvzem vzorcev

Med obilnim žledolomom, ki je prizadel Slovenijo v začetku leta 2014, se je na griču Rožnika podrlo veliko dreves. V raziskavo smo vključili 20 podrlih dreves hrasta, iz katerih smo izrezali vzorčne kolute. Kolute smo odvzeli na nepoškodovanih mestih, kjer je bil les zdrav, brez rastnih napak in drugih anomalij od skorje do stržena. Priprava vzorcev je bila izvedena v mizarški delavnici na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete. Iz kolotov smo s tračnim žagalnim strojem izžagali po dva vzorca v radialni smeri tako, da je vzorec vseboval skorjo, zadnjo braniko letnega prirastka in stržen. Vzorce smo označili s kratico rastišča (ROZ), z zaporedno številko vzorca (01, 02, 03...), ter s črkami (A in B) za vsak radialni izrez iz koluta, ter številko posamične meritve (A1, B1). Polna oznaka torej

izgleda (ROZ01A1, ROZ01B1). Vzorke smo sušili pri sobnih pogojih (temperatura 20°C in relativna zračna vlažnost okrog 65%) do zračno suhega stanja.

3.1.2 Priprava vzorcev

Ko so se vzorci uravnovesili na zračno vlažnost v laboratoriju, smo jih pregledali, razvrstili ter obrnili tako, da smo pri brušenju, uporabili lepšo površino vzorca. Upoštevali smo gladkost površine, ravnost ter razne grče rastne anomalije in razpoke. Vzorke smo brusili v delavnici s tračnim brusilnim strojem (Minimax LS). Prvo brušenje je potekalo z granulacijo brusilnega papirja 60, s katerim smo površino vzorcev izravnali. Sledilo je brušenje z višjimi granulacijami brusilnega papirja postopoma 80, 120 in 150 (slika 2). Pri brušenju smo pazili, da se med odvzemanjem materiala, površina vzorcev ni preveč segrela, ker bi se zaradi previsoke temperature zažgala. Z brušenjem smo dosegli ravno ter dovolj gladko in čisto površino, da se pod stereo-mikroskopom razločno vidijo posamezne branike in večje celice. Na koncu smo vzorce očistili ter izpihali s stisnjenim zrakom in tako so bili pripravljeni za merjenje (slika 3).



Slika 2: Brušenje vzorcev na levi ter sortiranje vzorcev na desni sliki (foto: Pestotnik).



Slika 3: Vzorci pripravljeni za merjenje širin branik (foto: Čufar).

3.1.3 Merjenje širin branik

Po pripravi vseh hrastovih vzorcev, je sledilo merjenje širin branik, ki je potekalo v laboratoriju Katedre za tehnologijo lesa. Merjenje je potekalo tako, da smo posamezni vzorec postavili na merilno mizico LINTAB (Rinn), ki je povezana z računalnikom in programom TSAP-Win. Mizico ročno premikamo od desne, kjer je stržen vzorca, proti levi strani, kjer se nahaja skorja. Merilna mizica zazna vsako spremembo razdalje, s pritiskom na gumb pa program zabeleži razdaljo in jo shrani. Les pri tem opazujemo skozi stereo mikroskop (OLYMPUS SZ-PT), ki preko fotoaparata (NIKON COOLPIX 995) z lečo NIKON COOLPIX MDC Lens prenaša sliko na barvni monitor (SONY Trinitron), kar nam delo še olajša. Meritve zabeležimo tako, da se postavimo na prvo letnico ob strženu in jo s klikom na miški potrdimo. Z merilno mizico se postavimo na naslednjo letnico, jo kliknemo in s tem zabeležimo širino branike ter tako z delom nadaljujemo vse do zadnje branike vzorca.



Slika 4: Merilne naprave (računalnik, monitor, fotoaparat, mikroskop, merilna mizica) (foto: Pestotnik)

3.1.4 Sestavljanje kronologije

S pomočjo programa TSAP-Win smo opravili sinhroniziranje in datiranje vseh zaporedij širin branik. Za sestavo kronologije smo izračunali povprečje vseh zaporedij, kar smo opravili v programu TSAP-Win in Excel, kamor smo prenesli podatke po sinhroniziranju

in datiranju. Sinhronizacije smo opravili, kot je opisano v drugih diplomskih nalogah (Sever, 2004; Zaletelj, 2006). S sinhronizacijo nismo imeli posebnih težav, saj smo poznali zadnje leto priraščanja dreves. Glede na to, smo podatke le preverili, odpravili morebitne napake in datacije potrdili.

3.1.5 Statistična analiza

Izračun koeficienta t_{BP} (v nadaljevanju oznaka TVBP) ali t – vrednost po Baillie–Pilcherju. Namen njegovega izračuna je pridobiti objektivno mero za ugotavljanje podobnosti med dvema zaporedjema širin branik oziroma kronologijama (Čufar in sod. 2008). Primerjava poteka vedno med dvema krivuljama in temelji na izračunu korelacijskega koeficienta korigiranega s kvadratnim korenom iz števila stopenj prostosti. Koeficient t lahko zavzame vrednost med 0-100. Mejna vrednost za značilno podobnost dveh zaporedji širin branik je ≥ 4 . koeficient t_{BP} smo izračunali s pomočjo programa TSAP-Win.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 KRONOLOGIJA ŠIRIN BRANIK HRASTA Z ROŽNIKA

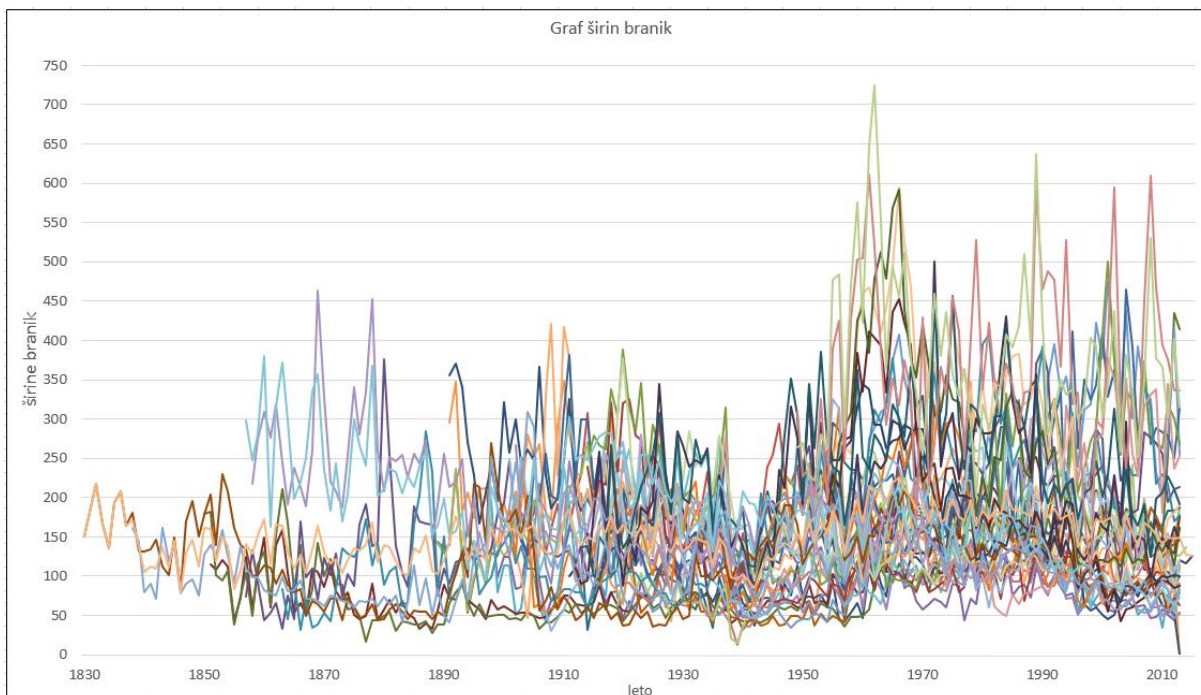
Osnovne rezultate po meritvah desetih hrastov z Rožnika prikazuje preglednica 1, kjer vidimo oznako vzorca, začetno leto rasti drevesa, število izmerjenih branik, leto odvzema vzorcev oz. leto poseka drevesa in ali so podatki vključeni v kronologijo. Iz podatkov lahko vidimo, da je leto nastanka zadnje branike pri vseh drevesih leto 2013 (razen pri vzorcu ROZ03), saj smo vzorce vzeli v začetku leta 2014 po žledolomu. Drevo je tako zadnjo celotno braniko formiralo leta 2013. Najmlajši drevesi, ki smo ju pregledali oz. drevesi z najmanj branikami sta vzorca ROZ15 ter ROZ16 s 60 branikami. Njuno zaporedje širin branik tako sega v leto 1954. Najstarejše pregledano drevo pa je drevo z oznako ROZ18 s kar 184 branikami, tako njegova starost sega v leto 1830. Povprečna kambijeva starost vzorčenih dreves je 108 let. Pri tem je treba upoštevati, da so bili vzorci večinoma odvzeti iz debla na nivoju okoli 4 m od tal, kar pomeni da so bila preiskana drevesa nekaj let starejša kot kaže število branik na preiskanih kolutih.

Posamezni podatki pri vzorcih iz istih dreves se lahko razlikujejo zaradi raznih napak v lesu (razpoke, grče). Do odstopanj števila branik pri vzorcih iz istih dreves pride tudi zaradi izločitve nekaj branik juvenilnega lesa. Te smo izločili, če je variiranje njihovih širin vidno odstopalo od povprečij. Meritve, ki so odstopale od povprečij smo izločili pri sinhroniziranju oz. datiranju.

Preglednica 1: Osnovni podatki merjenja širin branik 20 hrastovih vzorcev

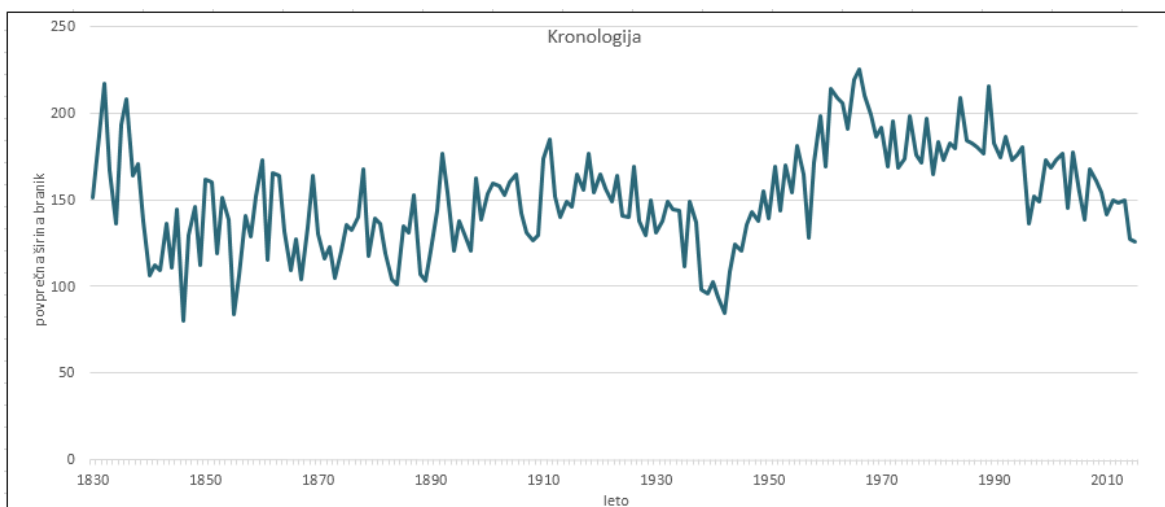
št.	Vzorec	Prvo leto	Št. Branik	Število branik beljave	Zadnje leto	Podatki vključeni v kronologijo
1	ROZ01A1	1889	125	19	2013	da
2	ROZ01B1	1889	125	19	2013	da
3	ROZ02A1	1898	116	22	2013	da
4	ROZ02B2	1898	116	22	2013	da
5	ROZ03A1	1891	122	27	2012	da
6	ROZ03B1	1891	122	27	2012	da
7	ROZ04A1	1851	163	21	2013	da
8	ROZ04B1	1850	164	19	2013	da
9	ROZ05A1	1913	101	20	2013	da
10	ROZ05B1	1913	101	18	2013	da
11	ROZ06A1	1921	93	16	2013	da
12	ROZ06B1	1924	90	14	2013	ne
13	ROZ07A1	1919	95	14	2013	da
14	ROZ07B1	1919	96	13	2014	ne
15	ROZ08A1	1902	112	20	2013	da
16	ROZ08B1	1901	113	20	2013	da
17	ROZ09A1	1902	112	21	2013	da
18	ROZ09B1	1903	111	10	2013	da
19	ROZ10A1	1914	100	17	2013	da
20	ROZ10B1	1914	100	11	2013	da
21	ROZ11A1	1857	157	16	2013	ne
22	ROZ11B1	1863	151	14	2013	ne
23	ROZ12A1	1901	113	14	2013	da
24	ROZ12B2	1901	113	14	2013	da
25	ROZ13A1	1916	98	11	2013	da
26	ROZ13B1	1917	97	16	2013	da
27	ROZ14A1	1910	104	14	2013	da
28	ROZ14B1	1911	103	13	2013	da
29	ROZ15A1	1954	60	14	2013	da
30	ROZ15B1	1954	60	18	2013	da
31	ROZ16A1	1954	60	18	2013	da
32	ROZ16B1	1954	60	15	2013	ne
33	ROZ17A1	1911	103	23	2013	da
34	ROZ17B1	1913	101	25	2013	da
35	ROZ18A1	1830	184	18	2013	da
36	ROZ18B1	1838	176	18	2013	da
37	ROZ19A1	1949	65	15	2013	da
38	ROZ19B1	1949	65	17	2013	da
39	ROZ20A1	1858	156	25	2013	da
40	ROZ20B1	1857	157	27	2013	da

Na sliki 5 so prikazana vsa sinhronizirana in datirana zaporedja širin branik vzorcev z Rožnika. Iz grafa so razvidne širine branik posameznih vzorcev. Vidimo lahko, da širine branik zelo variirajo. Najozžjo izmerjeno braniko 0,42 mm je imel vzorec (ROZ04B1), najširšo pa vzorec (ROZ19B1) z 7,24 mm. Povprečna širina branik znaša 1,51 mm.

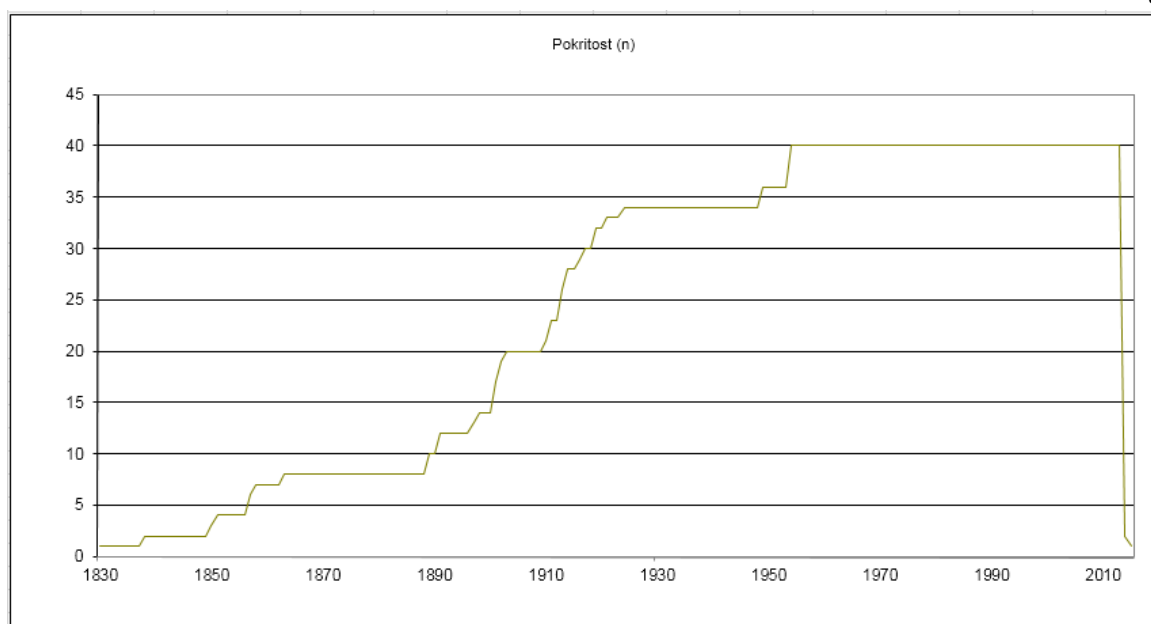


Slika 5: Datirana zaporedja širin branik vseh vzorcev z Rožnika

Slika 6a prikazuje sestavljeno kronologijo hrastovih vzorcev z Rožnika, ki temelji na 20. drevesih (40 radijih). Kronologijo smo sestavili s pomočjo programa TSAP-Win. Dobljena kronologija je dolga 184 let oz. se razteza od leta 1830 do leta 2013.



a



b

Slika 6: Kronologija širin prstanov hrasta z Rožnika: (a) povprečna širina prstanov, (b) pokritost kronologije

Slika 6b prikazuje pokritost hrastove kronologije (n). Graf pokritosti nam kaže koliko obravnavanih vzorcev sega v posamezna leta. Iz grafa vidimo majhno pokritost v letu 1830, kamor sega zgolj en sam vzorec. V obdobju od 1830 do 2013 pokritost narašča. Dobro pokritost imamo od leta 1954 naprej. Razpon od 1954 do 2013 je pokrit z vsemi zaporedji širin prstanov.

Po sestavljeni hrastovi kronologiji z Rožnika smo vsak posamezni vzorec primerjali z dobljeno kronologijo. Preglednica 2 prikazuje izračune kazalnikov podobnosti izdelan v programu TSAP-Win. Ujemanje posameznega zaporedja širin prstanov smo ovrednotili s statističnimi kazalniki OVL, ki prikazuje dolžino prekrivanje posameznega vzorca s

sestavljeno kronologijo hrasta z Rožnika v letih. Kazalnik Glk, nam prikazuje koeficient časovne skladnosti, kar pomeni ujemanje krivulj vzorca s krivuljo kronologije. GLS kazalnik pove nivo značilnosti za Glk vrednost, TVBP predstavlja t-vrednost po Ballie-ju in Pilcher-ju. Vsi vzorci, ki smo jih vključili v kronologijo imajo TVBP vrednost ≥ 4 . Indeks navzkrižnega datiranja CDI pa je v razponu od 17 do 84.

Preglednica 2: Statistični kazalniki za primerjavo posameznih zaporedji širin branik (ROZ01A1...) s kronologijo hrasta z Rožnika (ROZ-901). OVL, prekrivanje s kronologijo v letih, Glk, pove koeficient časovne skladnosti, GLS pove nivo značilnosti za Glk vrednost, TVBP predstavlja t-vrednost po Ballie-ju in Pilcherju, CDI -indeks navzkrižnega datiranja, DatumL (leto najstarejše branike), DatumR (leto najmlajše branike).

Zaporedje	Referenca	OVL	Glk	GLS	TVBP	CDI	DatumL	DatumR
ROZ01A1	ROZ-901	125	74	***	7,5	58	1889	2013
ROZ01B1	ROZ-901	125	70	***	8	57	1889	2013
ROZ02A1	ROZ-901	116	68	***	6,1	41	1898	2013
ROZ02B1	ROZ-901	117	78	***	7,3	58	1897	2013
ROZ03A1	ROZ-901	122	73	***	5,9	17	1891	2012
ROZ03B1	ROZ-901	122	73	***	6,1	44	1891	2012
ROZ04A1	ROZ-901	163	66	***	10,8	71	1851	2013
ROZ04B1	ROZ-901	164	60	**	5,7	36	1850	2013
ROZ05A1	ROZ-901	103	73	***	5,4	37	1913	2015
ROZ05B1	ROZ-901	101	70	***	3,6	27	1913	2013
ROZ06A1	ROZ-901	93	69	***	4,6	34	1921	2013
ROZ07A1	ROZ-901	95	73	***	6	37	1919	2013
ROZ08A1	ROZ-901	112	67	***	5,2	35	1902	2013
ROZ08B1	ROZ-901	113	69	***	7,4	50	1901	2013
ROZ09A1	ROZ-901	112	71	***	4,7	34	1902	2013
ROZ09B1	ROZ-901	111	72	***	6,3	44	1903	2013
ROZ10A1	ROZ-901	100	73	***	6,5	47	1914	2013
ROZ10B1	ROZ-901	100	69	***	6,4	40	1914	2013
ROZ12A1	ROZ-901	113	60	*	5,8	33	1901	2013
ROZ12B1	ROZ-901	113	68	***	6,6	48	1901	2013
ROZ13A1	ROZ-901	98	69	***	5,6	36	1916	2013
ROZ13B1	ROZ-901	97	71	***	4,9	36	1917	2013
ROZ14A1	ROZ-901	104	68	***	6,3	45	1910	2013
ROZ14B1	ROZ-901	103	69	***	4,7	34	1911	2013
ROZ15A1	ROZ-901	60	75	***	4,1	31	1954	2013
ROZ15B1	ROZ-901	60	65	**	2,3	19	1954	2013
ROZ16A1	ROZ-901	60	73	***	4,2	28	1954	2013
ROZ17A1	ROZ-901	103	65	***	8,1	52	1911	2013
ROZ17B1	ROZ-901	101	77	***	7	60	1913	2013
ROZ18A1	ROZ-901	184	65	***	8,3	53	1830	2013
ROZ18B1	ROZ-901	176	64	***	7,5	50	1838	2013
ROZ19A1	ROZ-901	65	66	**	4	26	1949	2013
ROZ19B1	ROZ-901	65	66	**	6,4	39	1949	2013
ROZ20A1	ROZ-901	156	71	***	10,8	77	1858	2013
ROZ20B1	ROZ-901	157	68	***	12,7	84	1857	2013

4.2 PRIMERJAVA KRONOLOGIJE HRASTA Z ROŽNIKA Z DRUGIMI LOKALNIMI KRONOLOGIJAMI HRASTA

Po sestavi hrastove kronologije z Rožnika, smo kronologijo primerjali z razpoložljivimi kronologijami hrasta po Sloveniji, Avstriji, Madžarski, Hrvaški in Srbiji (Čufar in sod., 2014a, b). Za izračun primerjave kronologij smo uporabili program TSAP-Win, izračunali pa smo tudi statistične kazalnike OVL, Glk, GSL in TVBP.

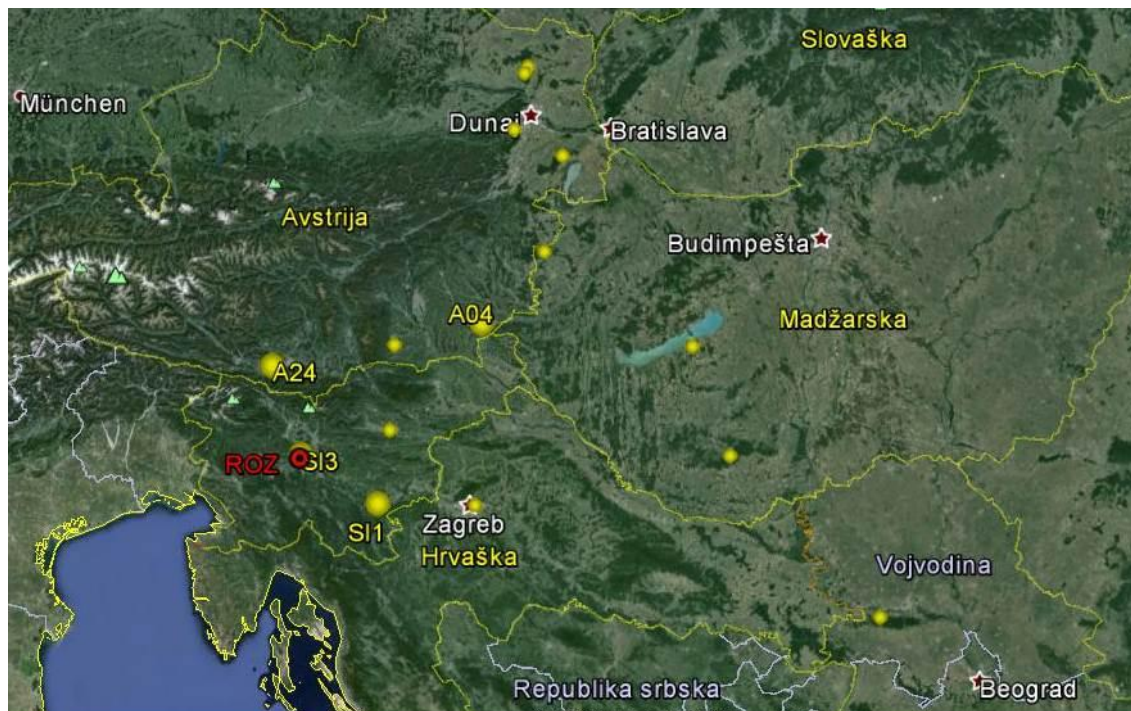
Podobnosti s kronologijo z Rožnika smo zasledili pri dveh Slovenskih in dveh kronologijah hrasta iz Avstrije. V tabeli 3 so podrobnejši podatki rastišč primerjanih hrastov, kjer smo zasledili podobnosti, $TVBP \geq 4$. Nadmorske višine rastišč so dokaj podobne s primerjalno kronologijo (320 m n.m.) (podatek: Google Earth).

Preglednica 3: Podatki rastišča hrastovih kronologij z ujemanjem.

Oznaka kronologije	Ovl	Glk[%]	GSL	TVBP	Lokacija	Država	Zemlj. Širina (S)	Zemlj. Dolžina (V)	Nadmorska višina [m]
ROZ-901	184				Rožnik	Slovenija	46,53	14,28	330
SI3	167	70	***	7,7	Ljubljana	Slovenija	46,07	14,48	305
SI1	174	67	***	6,5	Novo mesto	Slovenija	45,80	15,18	188
A24	155	61	**	4,3	Klagenfurt	Avstrija	46,60	14,17	462
A04	148	66	***	4,1	Fechring	Avstrija	46,93	16,02	309
A26	91	66	***	3,9	Paasdorf	Avstrija	48,51	16,33	241
A10	173	63	***	3,8	Braundsberg	Avstrija	48,47	16,3	230
U02	90	63	**	3,8	Zamárdi	Madžarska	46,83	17,9	124
SI2	174	61	**	3,7	Celje-Kozjansko	Slovenija	46,25	15,25	241
HR1	128	70	***	3,5	Kobiljak	Hrvaška	45,82	16,03	132
A18	176	59	**	3	Grossklein	Avstrija	46,77	15,25	361
U03	172	61	**	2,9	Kőszeg	Madžarska	47,38	16,55	271
U07	108	68	***	2,7	Pécs - Árpádtető	Madžarska	46,17	18,25	292
A07	97	66	***	2,6	Hinterwaldriegel	Avstrija	47,97	16,68	345
SR1	162	56		2,2	Srem	Srbija	45,00	19,58	183
A11	166	63	***	2	Perchtoldsdorf	Avstrija	48,12	16,23	557

Slika 7 prikazuje lokacije rastišč kronologij s podobnostmi. Lokacije rastišč so si med seboj precej oddaljene. Najbolj oddaljena je kronologija A04, ki je od Rožnika oddaljena približno 154 km zračne razdalje (podatek: Razdalje.si). Območje kronologiji Roz in SI3 se praktično prekriva, vendar je SI3 starejša kronologija za območje Ljubljane z okolico, z zadnjim letom 1996. Dobljeni kazalniki primerjave s SI3 so visoki: vrednost Glk znaša 70%, GLS ima tri zvezdice, ter kazalnik TVBP znaša 7,7. Ker gre za bližnjo okolico ni

presenetljivo, da so kazalniki tako dobri. Naša kronologija ROZ, pa je koristna, ker zajema tudi zadnje obdobje, to je leta 1997-2013.



Slika 7: Telekonekcija kronologije z Rožnika (ROZ) z lokalnimi kronologijami hrasta iz Avstrije, Madžarske, Hrvaške, Srbije. Z velikimi pikami so prikazane kronologije kjer je $tBP \geq 4$, z malimi pikami pa kronologije kjer je $tBP = 2,0 - 4,0$ (foto: Google Earth, 2016).

4.3 PRIMERJAVA KRONOLOGIJE HRASTA Z LOKALNIMI KRONOLOGIJAMI BUKVE

Za ugotavljanje heterokonekcije smo primerjali dobljeno hrastovo kronologijo s kronologijami bukve (*Fagus sylvatica* L.) po Sloveniji. Za izračun primerjave kronologij smo uporabili program TSAP-Win (preglednica 4).

Preglednica 4: primerjava lokalne kronologije hrasta z Rožnika, z lokalnimi kronologijami bukve po Sloveniji (*Fagus sylvatica* L.) (Čufar in sod. 2008).

Kronologija	Lokacija	OVL	Glk	GSL	TVBP
MO2-901T	Mokronog	119	71	***	4,5
SNE-999	Mašun	163	61	**	4,5
CE-A2003	Celje, okolica	167	60	**	4,5
CRO999	Cinkov rog	175	64	***	3,8
KRE902	Kočevska reka	175	59	*	3,6
KLI999	Knežja lipa	160	64	***	3,3
BU-BREZR	Brezova reber pri Novem mestu	174	67	***	3,2
BU-SENOV	Senovo	135	68	***	3,0
LIP999	Panška reka pri Ljubljani	135	67	***	2,5
GOR999	Gorjanci	144	63	***	2,4

Statistično značilne podobnost kronologij smo zabeležili v treh primerih, ko je bil TVBP ≥ 4 . Rastišča bukve, ki se ujemajo s hrastovo kronologijo Rožnika so iz okolice Celja, Mokronoga in Mašuna. Nadmorske višine rastišč bukve nekoliko odstopajo od nadmorske višine hrastove kronologije (320 m n.m.) (podatek: Google Earth), posebej bukova kronologija z rastišče Mašun z nadmorske višine okoli 1000 m, ki pa se zanimivo statistično najbolj ujema s hrastovo kronologijo z Rožnika.

Preglednica 5: rastišča bukovih kronologij po Sloveniji, ki izkazujejo heterokonekcijo s kronologijo hrasta ROZ-901 tBP ≥ 4

Delovna šifra	Dolžina	Lokacija	Nadmorska višina (m)	Zemlj. širina (S)	Zemlj. Dolžina (V)
ROZ-901	184	Rožnik	320	46,35	14,28
MO2-901T	154	Mokronog, Jelševce	400	45,91	15,20
SNE-999	164	Mašun	1000	45,63	14,40
CE-A2003	153	Celje, okolica	300	46,08	15,54

Slika 8 prikazuje rastišča primerjanih bukovih kronologij po Sloveniji. Rastišči ROZ - CE-A2003 sta si med seboj oddaljeni približno 84 km zračne razdalje, ROZ-SNE-999 približno 50 km, ROZ- MO2-901T pa približno 59 km zračne razdalje (podatek: razdalje.si). Po dobljenih parametrih sta si najbolj podobni hrastova kronologija z Rožnika ter bukova kronologija iz Mokronoga, katera ima najvišji koeficient skladnosti (Glk in GSL).



Slika 8: Prikaz primerjave heterokonekacije hrastove kronologije z Rožnika (ROZ) z lokalnimi kronologijami bukve po Sloveniji kjer je $tBP \geq 4$ (foto: Google Earth 2016).

5 SKLEPI

Sestavljena je kronologija širin branik hrasta (*Quercus* sp.) za območje Rožnika v Ljubljani (295 – 429 m n. m.). Dobljena kronologija je dolga 184 let in se razteza od leta 1830 do leta 2013, ko so drevesa naredila zadnjo braniko in bila podrta med žledolomom v februarju 2014. Kronologija je bila sestavljena iz vzorcev 20 dreves hrasta in ima pokritost ($n \geq 5$ dreves) od leta 1857 do leta 2013.

Primerjava telekonekcije kronologije z Rožnika s 15-imi kronologijami hrasta iz Slovenije, Avstrije, Madžarske, Hrvaške ter Srbije je pokazala, da se po dendrokronoloških statističnih kazalnikih ujema z dvema kronologijama iz Slovenije ter dvema kronologijama iz Avstrije. Najboljša primerjana kronologija s kazalnikom TVBP 7,7 je starejša verzija kronologije iz območja Ljubljane, ki je imela zadnje leto 1996. Kronologija iz okolice Novega mesta s kazalnikom TVBP 6,5 je od rastišča oddaljena približno 61 km zračne razdalje z nadmorsko višino 188 m. Kronologija iz Avstrije (Klagenfurt) ima kazalnik TVBP 4,3 oddaljenost med rastiščema je približno 65 km in nadmorsko višino 462 m, druga kronologija iz Avstrije (Fechring) pa se je ujemala s primerjalno hrastovo kronologijo Rožnika s kazalnikom TVBP 4,1 in je od Rožnika najbolj oddaljena, približno 154 km zračne razdalje, rastišče pa se nahaja na nadmorski višini 309 m.

Primerjava heterokonekcije hrastove kronologije Rožnika z bukovimi (*Fagus sylvatica* L.) kronologijami po Sloveniji je pokazala, da se ujema s tremi kronologijami iz Mokronoga, Mašuna ter okolice Celja. Vse kronologije imajo primerjalni kazalnik TVBP 4,5. Oddaljenost Mokronoga je približno 39 km z nadmorsko višino 400 m n.m., Mašuna 36 km ter 1000 m n.m., kronologija bukve iz okolice Celja pa je oddaljena približno 60 km, nadmorska višina rastišča pa znaša 300 m n.m.

Sestavljena hrastova kronologija Rožnika je reprezentativna za območje osrednje Slovenije.

6 POVZETEK

Opravili smo dendrokronološko raziskavo hrasta (*Quercus* sp.) za območje osrednje Slovenije natančneje na griču Rožnika (295 – 429 m n.m.). Cilji naloge so bili sestaviti lokalno kronologijo širin branik hrasta za osrednjo Slovenijo, raziskati telekonekcijo s hrastovimi kronologijami z drugih rastišč ter raziskati heterokonekcijo s kronologijami drugih drevesnih vrst.

Vzorci za dendrokronološko raziskavo so bili odvzeti na griču Rožnika, med čiščenjem gozdov po žledolomu. Odvzeto je bilo 20 vzorčnih kolotov iz 20 podrtih hrastov. Iz kolotov smo izžagali radialne vzorce, katere smo posušili in jih površinsko obdelali, da so bili pripravljeni za merjenje širin branik. Merjenje širin branik smo opravili v laboratoriju na Katedri za tehnologijo lesa na Oddeku za lesarstvo Biotehniške fakultete.

Po analizi branik in sinhroniziranju smo sestavili lokalno kronologijo hrasta (*Quercus* sp.) dolgo 184 let za obdobje od 1830 do 2013. Kronologijo sestavlja 20 vzorčnih dreves hrasta. Kronologija ima ustrezno pokritost (nad 5 dreves) od leta 1857 do leta 2013.

Primerjava telekonekcije kronologije z Rožnika s 15-imi kronologijami hrasta iz Slovenije, Avstrije, Madžarske, Hrvaške ter Srbije je pokazala, da se po dendrokronoloških statističnih kazalnikih ujema z dvema kronologijama iz Slovenije ter dvema kronologijama iz Avstrije. Najboljša primerjana kronologija s kazalnikom TVBP 7,7 je starejša verzija kronologije iz območja Ljubljane, ki je imela zadnje leto 1996. Kronologija iz okolice Novega mesta s kazalnikom TVBP 6,5 je od rastišča oddaljena približno 61 km zračne razdalje z nadmorsko višino 188 m. Kronologija iz Avstrije (Klagenfurt) ima kazalnik TVBP 4,3 oddaljenost med rastiščema je približno 65 km in nadmorsko višino 462 m, druga kronologija iz Avstrije (Fechring) pa se je ujemala s primerjalno hrastovo kronologijo Rožnika s kazalnikom TVBP 4,1 in je od Rožnika najbolj oddaljena, približno 154 km zračne razdalje, rastišče pa se nahaja na nadmorski višini 309 m.

Primerjava heterokonekcije hrastove kronologije Rožnika z bukovimi (*Fagus sylvatica* L.) kronologijami po Sloveniji je pokazala, da se ujema s tremi kronologijami iz Mokronoga, Mašuna ter okolice Celja. Vse kronologije imajo primerjalni kazalnik TVBP 4,5. Oddaljenost Mokronoga je približno 39 km z nadmorsko višino 400 m, Mašuna 36 km ter 1000 m n.m., kronologija bukve iz okolice Celja pa je oddaljena približno 60 km, nadmorska višina rastišča pa znaša 300 m n.m.

Sestavljena hrastova kronologija Rožnika je reprezentativna za območje osrednje Slovenije.

7 VIRI

- Brus R. 2005. Dendrologija za gozdarje. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 399 str.
- Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Čufar K. 2007. Dendrochronology and past human activity- A review of advances since 2000. *Tree Ring Research*, 63, 1: 47-60.
- Čufar K. 2010. Dendrokronološka metoda za datiranje lesa v Sloveniji. *Argo*, 53, 1: 30–33
- Čufar K., De Luis M., Zupančič M., Eckstein D. 2008. A 548-year long tree-ring chronology of oak (*Quercus* sp.) for SE Slovenia and its significance as dating tool and climate archive. *Tree-Ring Research*, 64, 1: 3-15
- Čufar K., Grabner M., Morgos A., Martinez Del C., Edurne, Merela M., De Luis M. 2014a. Common climatic signals affecting oak tree-ring growth in SE Central Europe. *Trees*, 28, 1: 1267–1277
- Čufar K., Šefc B., De Luis M., Morgos A., Grabner M., Merela M., Trajković J. 2014b. Tree-ring chronology of pedunculate oak (*Quercus robur*) and its potential for development of dendrochronological research in Croatia = Kronologija godova hrasta lužnjaka (*Quercus robur*) i njen potencijal za razvoj dendrokronoloških istraživanja u Hrvatskoj. *Drvena Industrija*, 65, 2: 129-137
- Čufar K., Velušček A. 2012. Les s koliščarskih naselbin na Ljubljanskem barju in njegov raziskovalni potencial, 64, 3-4: 49-56
- Čufar K., Tegel W., Merela M., Kromer B., Velušček A. 2015. Eneolithic pile dwellings south of the Alps precisely dated with tree-ring chronologies from the north. *Dendrochronologia*, 35: 91–98
- Google Earth. 2016. Evropski zemljevid(7.1.2016)
- Haneca K., Čufar K., Beeckman H. 2009. Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. *Journal of Archaeological Science*, 36: 1-11
- Razdalje med kraji.
<http://razdalje.si/med-kraji> (13.1.2016)
- Sever M. 2004. Lokalne kronologije hrasta (*Quercus* sp.) in telekonekcija. Dipl. delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 59 str.

- Verlič A., Ferlan M., De Groot M., Kobal M., Kutnar L., Skudnik M., Vilhar U., Žlindra D., Simončič P. 2012. Poročilo o izvajanju projekta: EMoNFUr - Zasnova mreže za spremljanje stanja nižinskega gozda in pogozditev v urbanem prostoru v Lombardiji in urbanega gozda v Sloveniji: 35 str.
- Zaletelj P. 2006. Dendrokronološke raziskave objektov na Dolenjskem. Diplomsko delo. Visokošolski strokovni študij. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 72 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Katarini Čufar za sprejem mentorstva diplomskega dela, za vsestransko pomoč, strokovne nasvete, deljenje raziskovalnih podatkov ter vzpodbudo pri izdelavi diplomske naloge. Doc. dr. Maksu Merela se zahvaljujem za podporo, ki mi jo je nudil kot somentor naloge.

Zahvaljujem se Luku Krže za pomoč pri pripravi vzorcev, merjenju ter obdelavi podatkov.

Zahvaljujem se recenzentu dr. Alešu Straže za skrbno recenzijo diplomske naloge.

Zahvaljujem se knjižničarki Darji Vranjek za pomoč pri končnem oblikovanju.

Na koncu se zahvaljujem vsem domačim za vso pomoč ter podporo pri izdelavi diplomske naloge, ter vse skoznje razumevanje pri mojih odločitvah.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Sebastjan PESTOTNIK

**LOKALNE KRONOLOGIJE HRASTA IZ OSREDNJE
SLOVENIJE**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2016