

## DENDROKRONOLOŠKA ANALIZA STREŠNE KONSTRUKCIJE ŽUPNIJSKE CERKVE SV. JURIJA V PIRANU (občina Piran, Slovenija)

*Tom LEVANIČ*

Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, SI-1001 Ljubljana, Rožna dolina c. VIII/34, p.p. 95

*Katarina ČUFAR*

Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, SI-1001 Ljubljana, Rožna dolina c. VIII/34, p.p. 95

*Jernej HUDOLIN*

Restavratorski center R Slovenije, SI-1000 Ljubljana, Plečnikov trg 2

*Beta BERNIK-MÄCHTIG*

Restavratorski center R Slovenije, SI-1000 Ljubljana, Plečnikov trg 2

### IZVLEČEK

*Raziskali smo ostrežje cerkve Sv. Jurija v Piranu, ki je narejeno iz macesnovine z jelovimi ojačitvami nekaterih veznih tramov. Datirali smo tri gradbene faze, dve macesnovi in eno jelovo. Prva gradbena faza je umeščena v leto 1262, druga v leto 1594 in tretja, jelova gradbena faza, v leto 1878. Sklepamo, da macesnovina izvira iz SV Italije, jelovina pa iz Slovenije.*

**Ključne besede:** historična dendrokronologija, datacija, A.D. 1262, 1594, 1878, macesen, jelka

#### UVOD\*

Historično mestno jedro Pirana, ki se je izoblikovalo na polotoku, je ohranilo do danes svoj srednjeveški značaj. Na vzpetini, ki se dviga nad mestom dominira baročni kompleks župnijske cerkve sv. Jurija, dopolnjujeta pa ga še samostojno stoječ zvonik (1608) in krstilnica Janeza Krstnika (1650). Južno in severno pobočje vzpetine, na katerem stoji kompleks župnijske cerkve je bilo utrjeno z opornimi loki, ki so bili postopno grajeni od sredine 17. do začetka 19. stoletja.

Današnje baročno dvoransko cerkev so pričeli graditi na mestu prejšnje gotske cerkve (posvečena l. 1344) šele po letu 1595. Gradnja cerkve se je zaključila s posvetitvijo leta 1637.

Cerkev ima preprosto in enotno oblikovano zunanjsčino, razen posebno bogato in dekorativno obdelane glavne vhodne fasade, ki jo odlikuje kvalitetna kamnoseška obdelava. Zahodna fasada je oblikovana kot tempeljsko pročelje s pilastersko členitvijo, zaključuje jo trikotno čelo. Po arhivskih podatkih je vhodno pročelje cerkve izdelal kamnosek Bonifante Torre v začetku 17.

\* Tekst povzet po delovnih gradivih RCRS-ja (Franc Vardjan, d.i.a. in Jernej Hudolin, d.i.a.) in MZVNKD-ja (Mojca Guček, mag. um. zgod. - odgovorni konservator).

stoletja. Na vzhodni strani zaključuje cerkveno ladjo dolg prezbitერიj s polkrožno apsidno. Ob straneh prezbitერიja sta dva prizidka (zakristija na jugu in depojski prostori na severu). Notranjščino cerkve odlikuje razmeroma preprosta arhitektura, ki jo dopolnjuje bogata in kvalitetna cerkvena oprema 17. stoletja. Cerkev pokriva raven lesen strop s poslikanimi polji (slike na platnih). Cerkev ima v ladji šest stranskih oltarjev, glavni oltar pa je postavljen v apsidalni zaključek prezbitერიja. Vsi oltarji so kamniti, razporejeni so simetrično glede na oblikovanje jih lahko datiramo v prvo polovico 17. stoletja.

Dolg prezbitერიjalni del sestavljata dva dela, prvi je ožji in ima ohranjeno ostenje in opremo iz časa posvetitve cerkve (1637). V tem delu so ohranjene delno predeležane lesene baročne korne klopi, ki so bile namenjene kapittlju (9 duhovnikom) in posebno bogato oblikovan sedež za piranskega župana. Nad kornimi klopmi celotno površino stene zavzemata veliki nedavno restavrirani sliki, ki sta delo baročnega beneškega slikarja flamskega rodu Angela de Costera: "Maša v Bolseni" in "Čudež sv. Jurija". Obe sliki sta bili naslikani leta 1706. Drugi del prezbitერიja se razširi ob straneh, zaključuje ga apsidna, v katero je bilo ob prenovitvenih delih konec 19. stoletja postavljen glavni oltar. Iz arhivskih podatkov vemo, da je bil glavni oltar že postavljen ob posvetitvi l. 1637, kasneje pa je bil večkrat predelan.

Stropna poslikava prezbitერიja je bila narejena ob obnovi cerkve konec 19. stoletja.

Bogastvo baročne arhitekture župnijske cerkve sv. Jurija in njene opreme dopolnjujejo tudi baročne orgle, katerih avtor je mojster Nakic, eden najpomembnejših beneških orglarjev.

Zadnja večja prenovitvena dela v župnijski cerkvi so potekala ob koncu prejšnjega stoletja. Leta 1990 so se pričele raziskave župnijske cerkve, na podlagi katerih bo možno nadaljevati s prenovo cerkve. Z arheološkimi raziskavami je bila potrjena domneva, da je bila vzpetina nad mestom, kjer stoji kompleks župnijske cerkve, že v antiki pozidana. Vse nadaljnje raziskave (arhivske, nedestruktivne, sondiranja in raziskava, ki jo predstavlja članek) so druga za drugo potrjevale domnevo o faznosti pozidave omenjenega kompleksa. Osnovni gabariti cerkve se bistveno niso spreminjali vse od gotske faze dalje, po nekaterih podatkih pa tudi romanska faza ni bistveno odstopala od kasnejše gotske.

V zadnjih letih je bila temeljito obnovljena streha ladje. Izdelani so bili projekti sanacij posameznih segmentov, od katerih so nekatera nujna vzdrževalna dela že v izvajanju. V zaključni fazi je tudi izdelava celovitega programa sanacije in prezentacije notranjščine cerkve.

Prenovo strokovno vodi Medobčinski zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine Piran v sodelovanju z Restavratorskim centrom RS iz Ljubljane in z dogovorom Župnijskega urada Piran.

## CILJI RAZISKAVE

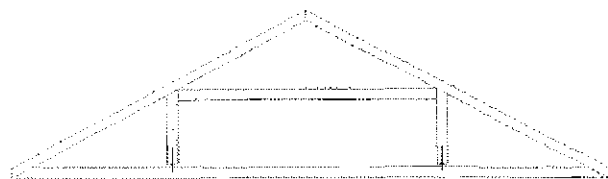
Cilji raziskave so bili naslednji:

- Preveriti in dopolniti informacije iz pisanih virov in slik o predeležavah cerkvenega ostrešja in s tem posredno tudi cerkve same.
- Določiti deleže posameznih gradbenih faz na osnovi deleža lesa, uporabljenega v konstrukciji ostrešja, in na tej osnovi poizkusiti rekonstruirati velikosti ostrešja v posameznih obdobjih.
- Pridobiti informacije o ponovni uporabi delov strešne konstrukcije in določiti njihovo starost.
- Z dendrokronološkimi metodami raziskati les iz strešne konstrukcije cerkve.

## MATERIAL IN METODA

### Ostrešje cerkve

Odvzem vzorcev smo opravili le na ostrešju glavne zgradbe cerkve, ki ima tipično obliko mediteranske strehe - dvokapnice z relativno majhnim naklonom. Sestavljeno je iz 16 trapeznih vešal (slika 1), ki so konstrukcijsko enaka.



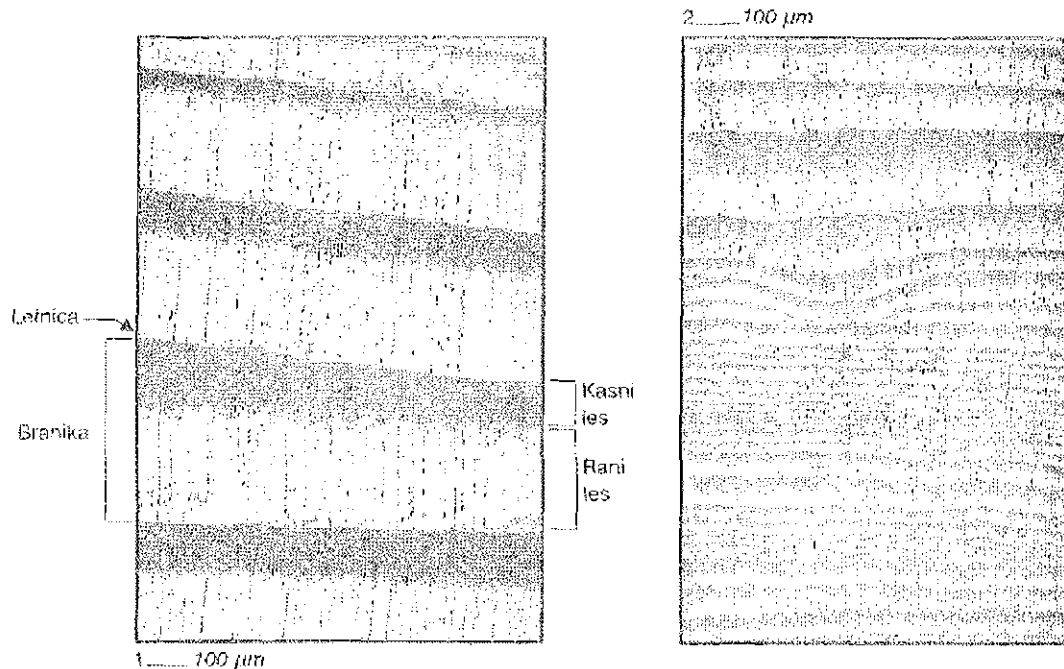
Sl. 1: Trapezna vešala cerkvenega ostrešja.  
Fig. 1: The module of the roof.

### Odvzem vzorcev lesa

Vzorci - izvrtke smo iz ostrešja cerkve odvzeli v več fazah. Vzorce smo jemali s posebnim dendrokronološkim svedrom za odvzem vzorcev suhega lesa dolžine 250 in 350 mm, ki ga je razvil švedski dendrokronolog Thomas Bartholin. Vzorce smo oštevilčili, mesto odvzema pa vrisali v načrt ostrešja. Skupno smo odvzeli 98 vzorcev. Načrt z vrisanimi mesti odvzema vzorcev nam je v nadaljnjih analizah služil kot osnova za izdelavo tridimenzionalne prostorske predstavitve razporeditve posameznih gradbenih faz v ostrešju. Pri opisu elementov ostrešja smo posebno pozornost posvetili znakom ponovne uporabe in prisotnosti skorje ali odsotnosti terminalne branike.

### Določitev lesne vrste in analize sirin branik

Izvrtke premera 7 mm smo v plastičnih tulcih prenesli v laboratorij na Oddelku za lesarstvo, kjer smo jih zalepili v lesene nosilce z utori, pri čemer smo pazili, da



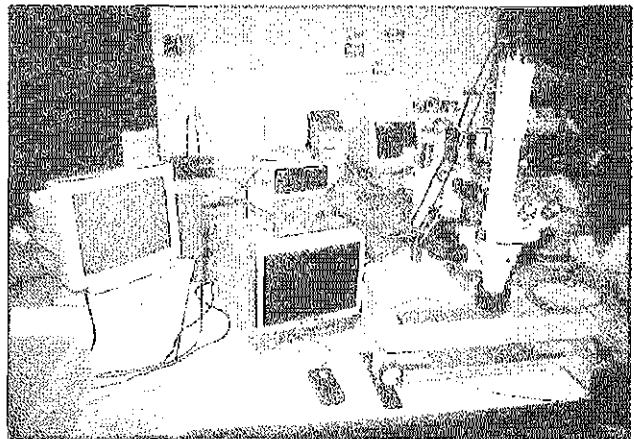
**Sl. 2:** Gladko obdelan les iglavca, prečni prerez, kot ga vidimo s stereo mikroskopom (levo), in problematičen vzorec z izklinjeno braniko ter samo nekaj celic široko braniko (desno).

**Fig. 2:** Smooth transverse section of conifer wood as observed under a stereo microscope (left) and very problematic sample with discontinuous tree-ring and with only few cells wide tree-ring (right).

so bili izvrtki pravilno orientirani. Da bi postale prirastne plasti - branike (Torelli, 1990) in meje med njimi - letnice čim bolj razločne, smo prečno površino lesa zbrusili z vibracijskim brusilnikom in brusnim papirjem. Po končanem brušenju so bili vzorci obdelani tako, da je bilo s pomočjo stereo mikroskopa mogoče razločno videti branike, letnice in strukturo lesa. Razbrali smo lahko celo posamezne celice dimenzij  $25 \times 25 \mu\text{m}$  in manj.

Determinacijo lesa smo opravili v lesno anatomskem laboratoriju Oddelka za lesarstvo. Na podlagi strukture lesa, kot je razvidna s pomočjo stereo mikroskopa povečave 18-100x, smo ugotovili vrsto lesa. Determinacijo smo preverili še na tankih mikroskopskih preparatih lesa v skladu z viri (Grosser, 1977) in (Torelli, 1991).

Merjenje širin branik smo opravili v dendrokronološkem laboratoriju Oddelka za lesarstvo, ki razpolaga s trenutno najmodernejšo opremo za merjenje in izvedenost dendrokronoloških podatkov v Sloveniji. Meritve so potekale na merilni mizi LINTAB, analize pa v programu TSAP (Time Series Analysis Program). Merilno mizico in program je izdelal Frank Rinn iz Nemčije. Optični del opreme predstavlja Olympusov zoom stereo mikroskop s povečavo od 18-100x. Na mikroskop je priključena video kamera, povezana s profesionalnim SONY Trinitron monitorjem. Ta nam omogoča udobno in hitro merjenje neproblematičnih vzorcev (slika 3), pri težavnih vzorcih pa les opazujemo pod binokularjem.



**Sl. 3:** Oprema dendrokronološkega laboratorija.

**Fig. 3:** The equipment of the dendrochronological laboratory.

Širine branik so pri iglavcih včasih izjemno ozke, tudi pod  $0.03 \text{ mm}$ , ali pa lokalno delno oz. v celoti manjkajo. Samo kvaliteta obdelava vzorcev, ki nimajo poškodb in dobra mikroskopska slika omogoči, da razberemo tudi branike, ki so izjemoma lahko široke le eno plast celic (slika 2 - desno).

Merjenje širin branik smo začeli ob strženu in končali na periferiji. Branike smo izmerili na 0,01 mm natančno. Vsaka meritev je bila ponovljena dvakrat. Rezultate meritev širin branik smo grafično prikazali v odvisnosti od časa. Krivulje, smo na ekranu sinhronizirali, to je pomaknili v sinhroni položaj, s pomočjo programa TSAP/x. V primeru napak smo meritve ponovili. Na ta način smo dosegli zahtevano natančnost meritev in dobili zanesljiva zaporedja širin branik za nadaljnje delo.

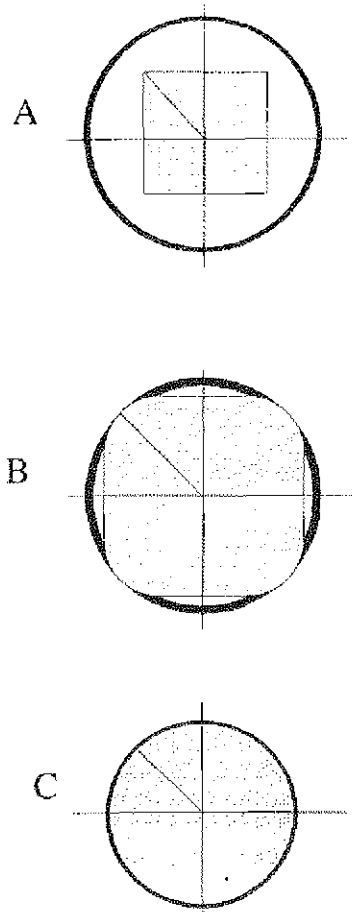
#### Sinhroniziranje in dendrokronološko datiranje lesa

Osnova za dendrokronološko datiranje je pravilno izmerjeno zaporedje širin branik, grafično prikazano v odvisnosti od časa. Grafe med seboj primerjamo - sinhroniziramo. Sinhroniziranje opravimo vizualno in statistično. Statistični kazalniki za potrditev skladnosti, ki jih uporabljamo v našem laboratoriju, so koeficient časovne skladnosti, t-vrednost po Baillieu in Pilcherju in indeks datiranja. Datiranje je sinhroniziranje z datirano referenčno krivuljo. Ta mora predstavljati isto lesno vrsto in mora pokrivati obdobje, v katerem je nastal les, ki ga želimo datirati. Praviloma mora biti referenčna kronologija iz iste regije, kot les, ki ga datiramo. V redkih primerih so podobne tudi krivulje iz oddaljenih regij. Podobnost na daljavo imenujemo telekonekcija.

#### Ugotavljanje terminalne branike in njen pomen

Pri datiranju vzorcev neznane starosti ima posebno vlogo prisotnost skorje in terminalne branike (nem. Waldkante; an. Terminal ring, outer ring), to je zadnje branike, ki je nastala pred posekom drevesa in se je ob poseku nahajala tik pod skorjo. Dendrokronologija omogoča za vsako proučeno braniko datiranega zaporedja določiti leto, v katerem je nastala. Z določitvijo datuma terminalne branike določimo čas poseka drevesa. Od namena uporabe je odvisno, ali je bil les obdelan oz. vgrajen takoj po poseku, kot je navadno pri strešnih konstrukcijah, ali pa so ga za izdelek uporabili šele po daljšem sušenju. Les za najvrednejše izdelke, npr. slike na lesenih ploščah ali instrumente, so pred dokončno obdelavo skrbno sušili tudi po več let.

Po anatomski zgradbi terminalne branike lahko ugotovimo tudi, v katerem letnem času je bilo drevo posekano. Znano je, da les nastaja samo v času vegetacijske dobe, pri nas v splošnem od pozne pomladi do zgodnje jeseni. Pozimi, v obdobju fiziološkega mirovanja drevesa, les ne nastaja. Če je prisoten samo rani les, to kaže, da je bilo drevo posekano v prvi polovici vegetacijske dobe. Če je v braniki prisoten tudi kasni les, to pomeni, da je bilo drevo posekano proti koncu vegetacijske dobe. Kadar je iz strukture branike razvidno, da je bila rast popolnoma zaključena in je branika popolna, to pomeni, da je bilo drevo posekano v obdobju mirovanja.



*Sl. 4: Shematski prikaz preseka debel (krog) za tramove (siva površina) in pomen terminalne branike (debela črta) pri določanju leta poseka drevesa. Tram A ne vsebuje terminalne branike. Terminalna branika je delno prisotna pri tramu B in v celoti pri tramu C. Leto poseka debela lahko ugotovimo le, če je prisotna terminalna branika.*

*Fig. 4: Cross-section of a stem (circle) used for beams (grey superficies) and importance of outer ring to determine the year of felling of a tree. In (A) outer ring is not present. It is partly present in (B) and complete in (C). The year of felling can be determined when the outer ring is present.*

V praksi prisotnost terminalne branike na tramu pomeni, da so ga tesarji samo nekoliko poravnali (prim. slika 4B) ali pa celo samo odstranili skorjo in pustili tram praktično neobdelan (prim. slika 4C). V obeh primerih je terminalna branika ohranjena in zato je mogoče določiti natančen datum poseka drevesa. V primeru ko so deblo zaradi velikih dimenzij ali koničnosti razžagali in obtesali, tako da terminalna branika ni več prisotna (prim.

slika 4A), ne moremo ugotoviti leta poseka drevesa. Terminalne branike ne vidimo tudi takrat, kadar je periferija lesa razgrajena.

V našem primeru so bili na elementih ostrešja ostanki skorje in terminalne branike redki. Tudi kadar je bila prisotna, je bil les na periferiji navadno slabo ohranjen in se je ob odvzemu vzorca zdrobil, tako da kasneje nismo mogli ugotoviti, koliko branik smo s tem izgubili.

#### Ponovna uporaba lesa

Pri odvzemu materiala smo si vsak tram skrbno ogledali in posebej zabeležili znake, ki nakazujejo njihovo ponovno uporabo. Že ob prvem pregledu ostrešja smo na tramovih opazili zareze, utore in luknje za moznike, ki v obstoječem ostrešju ne opravljajo nobene funkcije več. Iz njih smo sklepali, da so pri izdelavi strešne konstrukcije uporabili tudi tramove, ki so bili sestavni deli ostrešij cerkve pred predelavami. Pri ponovno uporabljenem lesu obstaja tudi verjetnost, da so že uporabljen les prinesli od drugod. Opazili smo, da lahko vzorce na podlagi podobnih tesarskih znakov, zasek in oblik utorov razdelimo v tri skupine. Z dendrokronološkimi metodami smo želeli preveriti, ali je les z enakimi tesarskimi znaki rasel istočasno.

## REZULTATI

#### Lesne vrste

Anatomske analize lesa odvzetih vzorcev so potrdile, da je ostrešje narejeno iz macesnovine, ojačitve strešne konstrukcije pa iz jelovine. Identificirali smo tudi en tram iz brestovine, za katerega nimamo podatkov, kdaj je bil vgrajen (preglednica 1), in ga nismo uporabili za nadaljnje analize.

Drevesna vrsta	Število vzorcev	%	Datiranih	Ne-datiranih
Macesen	88	90	61	27
Jelka	9	9	7	2
Brest	1	1		
Skupaj	98	100	68	29

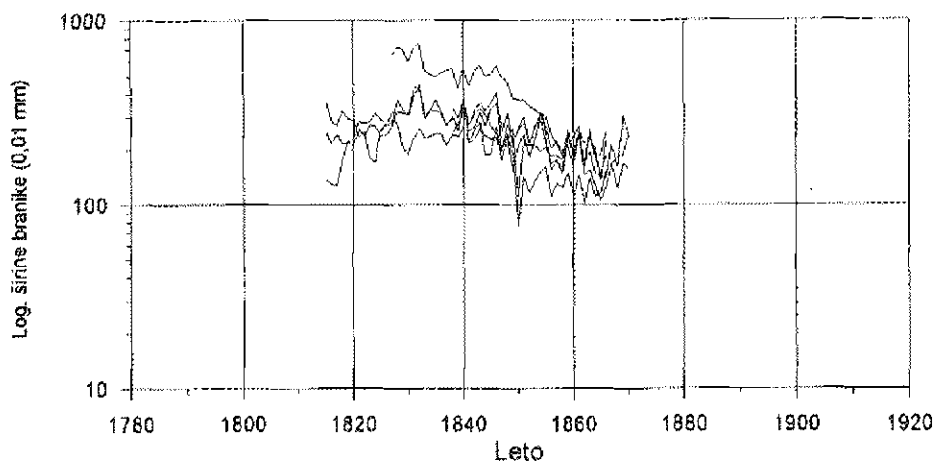
Tab. 1: Delež posameznih drevesnih vrst v strešni konstrukciji cerkve Sv. Jurija.

#### Dendrokronološke analize

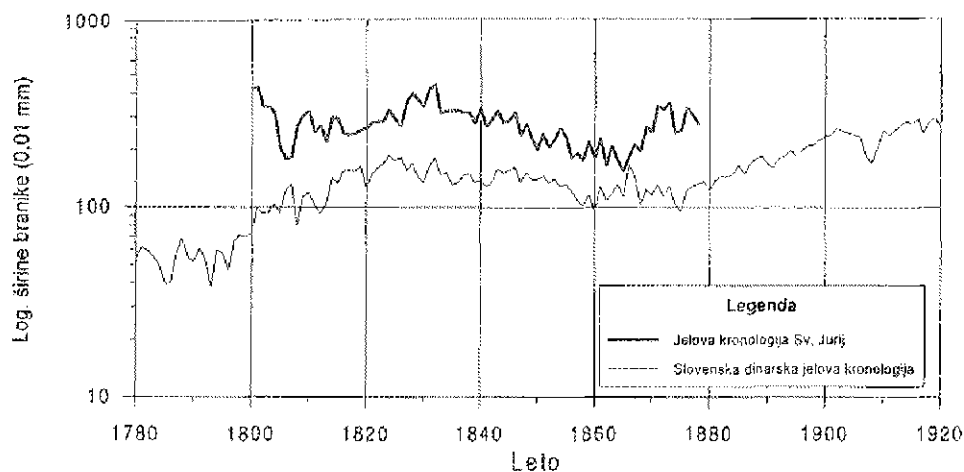
Meritve smo opravili na 97 vzorcih, 88 iz macesnovine in 9 iz jelovine (preglednica 1). Ločeno za obe lesni vrsti, smo po vizualni in statistični sinhronizaciji grupirali grafe zaporedij širin branik oz. vzorcev iz istega obdobja. Iz povprečij smo sestavili nedatirane plavajoče kronologije. Tako smo za macesnovino sestavili tri plavajoče kronologije, kamor smo uvrstili večino vzorcev. Nekateri vzorci se niso ujemali z nobeno od kronologij.

Iz jelovih vzorcev (slika 5) smo sestavili plavajočo kronologijo, ki smo jo sinhronizirali in datirali z lastno slovensko dinarsko jelovo kronologijo (Levanič, 1996). Sinhron položaj referenčne in plavajoče kronologije po datiranju je prikazan na sliki 6.

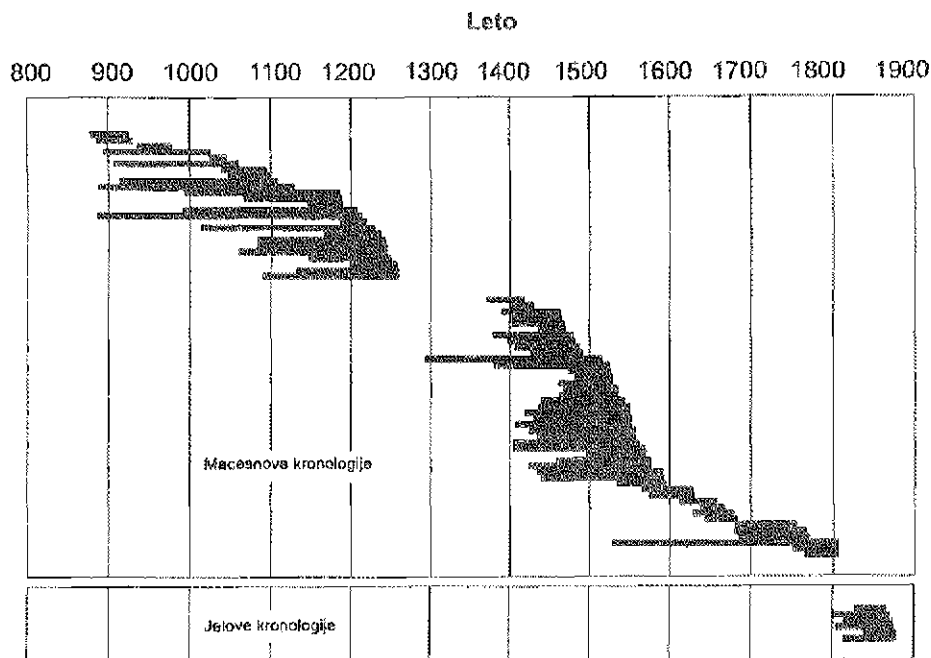
Jelov les je pravilno datiran, z visoko značilnimi kazalniki ( $t_{gp} = 4,5$  in  $DatIndex = 111$ ), vendar ne moremo natančno ugotoviti, kdaj so bila drevesa posekana, lahko pa trdimo, da so bila posekana po letu 1878. Periferija lesa je bila v vseh primerih močno poškodovana, tako da je na vzorcih v povprečju vedno manjka 5-10 branik.



Sl. 5: Zaporedja širin branik posameznih vzorcev jelovine v sinhronem položaju za izračun plavajoče kronologije.  
Fig. 5: Matching of fir tree-ring series to calculate a floating chronology.



Sl. 6: Sinhron položaj referenčne in plavajoče kronologije po datiranju.  
Fig. 6: The floating chronology cross-dated with the reference one.



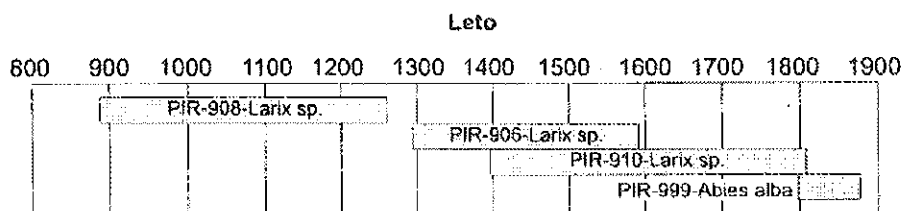
Sl. 7 a, b: Porazdelitev macesnovih (a) in jelovih (b) kronologij v času.  
Fig. 7 a, b: Larch (a) and fir (b) chronologies in time.

Za datiranje treh macesnovih kronologij nismo imeli na razpolago lastne referenčne kronologije. Zato smo jih primerjali z italijansko (Bebber, 1990) in avstrijsko (Siebenlist-Kerner, 1984) macesnovo kronologijo. Datiranje z avstrijsko tirolsko kronologijo ni bilo mogoče, datiranje z italijansko iz alpske regije na SV Italije pa je bilo uspešno. Vizualno ujemanje krivulj, statistično ujemanje (preglednica 2) in ujemanje značilnih let je bilo visoko značilno. Na sliki 7a je prikazana časovna razporeditev macesnovih, na sliki 7b pa jelovih kronologij.

27 izvrtkov macesnovine in dveh jelovine, kar po-

meni 30% odvzetih vzorcev, nismo mogli datirati. Vzrok za to je bilo predvsem premajhno število, pod 45, branik v vzorcih.

Rezultati nakazujejo, da vgrajena jelovina izvira iz slovenskih dinarskih jelovo-bukovih gozdov iz JZ Slovenije. Glede na visoko značilno ujemanje macesnovine z italijansko kronologijo, sklepamo da les verjetno izvira iz SV italijanskih Alp. V dendrokronološkem laboratoriju lesarskega oddelka trenutno tečejo tudi raziskave macesnovine iz rastočih dreves iz slovenskih Alp. Ko bodo znani rezultati teh raziskav, bomo lahko bolj zanesljivo sklepali o izvoru lesa.



Sl. 8: Postavitev kronologij macesna in jelke v čas. Kronologije hkrati predstavljajo gradbene faze v konstrukciji ostrešja sv. Jurij.

Fig. 8: Larch and fir chronologies in time. At the same time the chronologies represent building phases in construction of St. George's roofing.

Na sliki 8 so kronologije macesna in jelke že umeščene v čas. Na sliki 8 vidimo, da so predstavljene tri macesnove kronologije in ena jelova. Konca kronologij PIR-908 (obdobje 888-1262) in PIR-906 (obdobje 1295-1594) predstavljata tudi začetke pomembnih gradbenih faz - gotske in baročne, medtem ko kronologija PIR-910, ki pokriva obdobje 1399-1807, predstavlja predvsem za dendrokronologa pomembno premostitev daljšega časovnega obdobja, konstrukcijsko pa pomeni samo manjša in manj pomembna popravila cerkvenega ostrešja. Do sklenjene, skoraj tisočletne macesnove kronologije nam tako manjkajo vzorci iz obdobja 1262-1295 in pa regionalna kronologija rastočih dreves, ki bi pokrila obdobje od sedanjosti do leta 1750.

#### Določitev gradbenih faz ostrešja cerkve Sv. Jurija

S pomočjo dendrokronološke analize izvitkov smo prišli do ugotovitve, da večina macesnovine, ki v ostrešju prevladuje, izvira iz leta 1262 in 1594, jelovina pa iz leta 1878 - preglednica 2.

Gradbena faza	Drevesna vrsta	Dožina	Konec	t <sub>ap</sub>	GLK%	DI
I	macesnovina	888-1262	1262	13,3	73	306
II	macesnovina	1405-1594	1594	12,2	71	238
III	jelovina	1799-1878	1878	4,9	71	111

Tab. 2: Pregled dendrokronološko ugotovljenih faz gradnje.

Zelo visoke t-vrednosti, dodatno preverjene z analizo značilnih let, ter vizualna primerjava kronologij je dokaz pravilnosti umestitve v kronologij v čas, zato lahko z gotovostjo trdimo, da vzroci zares izvirajo iz teh obdobji.

Primerjava z arhivskimi podatki nakazuje, da se zadnje leto kronologij PIR-908 in PIR-906 ujema s časom pomembnih predelav ostrešja. Tretja macesnova kronologija PIR-910 predstavlja, v dendrokronološkem smislu, pomembno premostitev daljšega časovnega obdobja, medtem ko konstrukcijsko pomeni samo manjša, manj pomembna in slabše dokumentirana popravila cerkvenega ostrešja.

Večja skupina vzorcev (31%), ki pokrivajo obdobje

od 888 do 1262 pripada prvi, najstarejši gradbeni fazi iz druge polovice 13. stoletja. Njihova skupna značilnost so zelo pogosti znaki ponovne uporabe - zarez, utori in luknje za moznike. Glede na proučene cerkvene viře, ki navajajo, da je bila obnovljena cerkev ponovno posvečena 24. aprila 1344, bi les lahko izviral iz romanske cerkve.

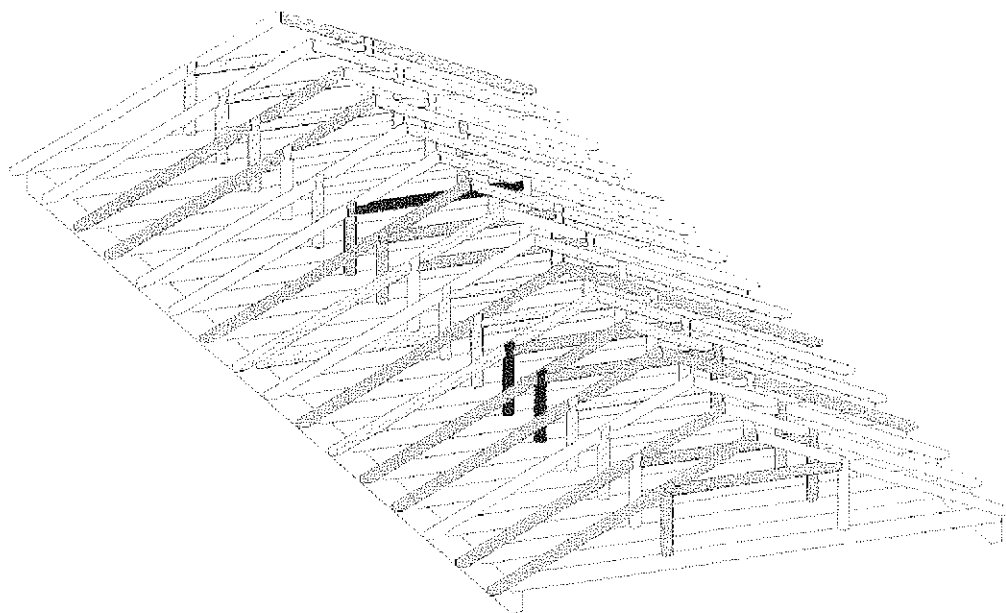
Druga gradbena faza je najbolj izrazita in zajema les iz obdobja 1405-1594. Kar 48% analiziranih vzorcev macesnovine pripada tej gradbeni fazi. Cerkveni arhivi navajajo, da so leta 1595 začeli s temeljito baročno obnovo cerkve, ki so jo končali leta 1637. Pri tej obnovi so verjetno spremenili tudi obliko cerkve. Dendrokronološki rezultati kažejo, da so prenovo začeli s postavitvijo novega ostrešja. Kaže tudi, da so pri postavljanju strešne konstrukcije uporabili dobro ohranjen les iz preteklega I. faze (preglednica 2).

Les iz jelovih ojačitev premošča obdobje 1799-1878. Zaradi že omenjene razkrojenosti lesa na periferiji ne moremo ugotoviti leta poseka debel, uporabljenih za ojačitve. Viri navajajo, da so bile ojačitve vgrajene 1898. To kaže, da je na proučenih vzorcih lesa manjkalo do 20 zadnjih branik, kar odgovarja nekaj cm lesa. Jelovina je vgrajena le mestoma, saj strešna konstrukcija ni povsod ojačana.

Opazili smo, da je bila jelovina, ki predstavlja najmlajši les v ostrešju, mnogo slabše ohranjena kot macesnovina. Glede na to, da je naravna trajnost jelove beljave in neobarvane jedrovine majhna, obarvana jedrovina pri macesnu pa je zelo trajna, slednje ne preseneča. Dobra ohranjenost skoraj 1000 let stare macesnovine potrjuje, da so naši predniki zelo dobro poznali lastnosti lesa in so ga znali smiselno uporabiti, tako da se je brez uporabe kakršnih koli zaščitnih sredstev ohranil do danes.

Manj izrazita gradbena faza premošča obdobje 1300 do 1400 z 12,5% deležem vzorcev. Les bi lahko pripadal gotski cerkvi ali pa je bil vgrajen med manjšimi vzdrževalnimi posegi. Posamezne vzorce smo datirali še v 17. in 18. stoletje, kar nakazuje manjša vzdrževalna dela.

Z natančno analizo znakov ponovne uporabe smo ugotovili, da je bila večina proučenih tramov v cerkvenem ostrešju ponovno uporabljena, to pomeni, da je bil les, preden so ga vgradili na današnje mesto, že del



**Sl. 9: Tridimenzionalna vizualizacija ostrešja cerkve Sv. Jurij. Različne barve prikazujejo posamezna obdobja, ki spadajo skupaj. Prevladujeta temno siva romanska faza in siva baročna faza.**

**Fig. 9: Three-dimensional view of the roof. The colours indicate the phases: I - dark grey and II - grey.**

neke druge konstrukcije. Z analizo oblike utorov bi morebiti lahko dokazali tudi, kakšna je bila oblika konstrukcije ostrešja v gotski ali celo romanski fazi.

Če je bil les ponovno uporabljen, obstaja verjetnost, da že uporabljeni les ne bi izviral iz pričujoče cerkve. Dendrokronologija na vprašanje, ali bi za ostrešje lahko kupili star, že uporabljen les, ne more odgovoriti. Morda nanj lahko odgovorijo zgodovinarji in poznavalci arhivov.

#### **Tridimenzionalna vizualizacija današnjega stanja ostrešja cerkve**

Rezultate dendrokronološkega datiranja smo združili v tridimenzionalni model cerkvenega ostrešja. Na modelu so s sivinami prikazane posamezne gradbene faze. Temno siv odtenek predstavlja prvo gradbeno fazo iz druge polovice 13. stoletja, siv pa baročno gradbeno fazo s konca 16. stoletja. S svetlo sivo in črno barvo so predstavljene manj pomembne gradbene faze ali popravila ostrešja. Belo so na sliki predstavljeni elementi, ki jih nismo mogli datirati. T.i. jelova faza na shemi ni predstavljena, ker se pojavlja le mestoma in se jasno loči od ostalih gradbenih faz.

#### **Pomen rezultatov za razvoj dendrokronologije v Sloveniji**

Jelka je v Sloveniji dendrokronološko najbolj sistematično raziskana lesna vrsta (Čufar et al., 1995; Levanič, Čufar, 1995; Levanič, Čufar, 1995; Levanič et al., 1995). S pomočjo rastočih dreves smo sestavili 279-

letno regionalno dinarsko kronologijo jelke. Izgledi za njeno podaljšanje preko zadnjega tisočletja so dobri.

Macesen doslej ni bil tako sistematično raziskan, vendar je les iz pričujoče raziskave omogočil, da smo z njim premostili obdobje od leta 1295 do 1807 (slika 8). Iz slike 8 je razvidno, da je obdobje 1262 do 1405 najslabše "pokrito". Tudi referenčna kronologija Bebberjeve je v tem obdobju slabo pokrita. Pignatellijeva iz Verone (oseba komunikacija) je v zadnjih letih raziskala veliko vzorcev iz omenjenega obdobja, tako da je Italijanski inštitut za dendrokronologijo do danes kronologijo Bebberjeve zelo izboljšal. Spurk in Friedrich iz Hohenheima v južni Nemčiji, sta opozorila na 1-2 manjkajoči leti v kronologiji Bebberjeve okoli leta 1400 (Friedrich et al., 1996). Isto napako je ugotovil tudi Nicofussi iz Avstrije. Sami razpolagamo s premalo vzorci, da bi lahko tehtno razpravljali o pravilnosti kronologije. V kolikor ima kronologija Bebberjeve napako, bi se vsi datumi pred letom 1400 premaknili za 1-2 leti, kar pa rezultatov ne bi bistveno spremenilo. V teku so raziskave slovenske macesnovine za podaljšanje macesnove kronologije v sedanost.

#### **NAPOTKI ZA BODOČE DATIRANJE**

Za uspešno datiranje zgodovinskega lesa je potrebno sodelovanje uporabnikov in dendrokronologov. Sledi nekaj napotkov za odvzem lesa:

- Najbolje je, da les odvezamo iz konstrukcije oz. mora biti na razpolago njen natančen načrt in označeno mesto odvzema posameznega vzorca lesa.
- Pravilna determinacija lesne vrste je prvi pogoj za



nadaljnjo delo. Če je ne opravi strokovnjak, lahko pride do zavajajoče napake.

- Odvzeti les mora biti brez napak in razpok. V laboratorij mora prispeti v neoporečnem stanju. Priprava lesa mora biti tako natančna, da pod mikroskopom na površini lahko razberemo tudi strukture, manjše od 0,1 mm.
- Odvzem vzorca moramo opraviti v pravi smeri, tako da je les pravilno orientiran. Število branik mora biti v splošnem nad 45.
- Raziskati moramo več vzorcev lesa iz iste faze objekta. Posameznih vzorcev navadno ni mogoče datirati. Iz vzorcev, ki so sočasni, sestavimo plavajoče kronologije in te datiramo.
- Za datiranje potrebujemo referenčno kronologijo. Datiranje s tujimi kronologijami je le redko uspešno, pa še tu je treba precej previdnosti, upošteva je slovenske ekološke raznolikosti. Pravilno datiranje lahko izvede le laboratorij, ki ima izkušnje s sestavo

lastnih kronologij.

- Ker dendrokronologijo v Sloveniji šele razvijamo, obstaja verjetnost, da bodo raziskani vzorci ostali nedatirani. Potrebno bo sistematično večletno delo, da bomo na področju dendrokronologije dohiteli razvitejše laboratorije.
- Dendrokronološke meritve je mogoče opraviti tudi na terenu na nedestruktiven način brez odvzema lesa, vendar je ta zamuden način navadno upravičen le pri vrednejših umetniških predmetih.

#### ZAHVALA

Raziskave sta financirala Ministrstvo za znanost in tehnologijo republike Slovenije in Restavratorski center Slovenije v okviru projekta "Dendrokronološke raziskave v Sloveniji". Zahvaljujemo se Martinu Zupančiču za veliko pomoč pri terenskem delu in v laboratoriju.

## DENDROCHRONOLOGICAL ANALYSIS OF THE ROOF CONSTRUCTION OF THE CHURCH OF ST. GEORGE IN PIRAN (MUNICIPALITY OF PIRAN, SLOVENIA)

Tom LEVANIČ

Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology, SI-1001 Ljubljana, Rozna dolina c. VIII/34, p.p. 95

Katarina ČUFAR

Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology, SI-1001 Ljubljana, Rozna dolina c. VIII/34, p.p. 95

Jernej HUDOLIN

Slovenian Restoration Centre, SI-1000 Ljubljana, Plečnikov trg 2

Beta MÄCHTIG

Slovenian Restoration Centre, SI-1000 Ljubljana, Plečnikov trg 2

#### SUMMARY

*Piran is located at the Adriatic coast of Slovenia, approx. 100 km East of Venice. Archaeological investigations have shown that the territory was more or less continuously populated since the prehistoric time. The history of the town was strongly influenced by the Republic of Venice to which it belonged from 1283 to 1797. The medieval centre of the town, where there are nineteen churches and other sights, is well preserved. The church of St. George dominates on the hill and is the biggest church in the town. The excavations and the archived documents indicate that the present church was built by reconstruction of the former romanic, gothic, and baroque ones. The objective of the present study was to conduct a dendrochronological investigation of the roof construction to:*

- complete the existing information on the age and past reconstruction of the roof,*
- determine the proportion of the elements belonging to different constructional phases,*
- get information on possible re-using of the wood.*

*The roof construction has a typical Mediterranean form of gable roof consisting of 16 modules which are constructionally identical. Altogether 98 cores of wood have been taken from the roof by boring. The wood identification was performed in the laboratory of the Department of wood science and technology. All samples have been taken with a special dendrochronological corer developed by Thomas Bartholin. Each rafter was carefully examined and described in a manual taking into account different carpenter signs, signs of re-use and the presence of the terminal ring (Waldkante). The exact positions of the cores were marked in a map of the roof construction.*

The cores were measured using the LINTAB measuring table and the TSAP/x programme produced by Frank Rinn in accordance with standard procedures.

The wood identification has shown that the main construction is made of larch (*Larix decidua* Mill.) and the supporting elements of silver fir (*Abies alba* Mill.). 88, i.e. 90%, of the investigated cores belonged to larch. The tree-ring series were cross-dated and three well replicated floating chronologies, two larch- and a silver fir one, were constructed. Most samples (74%) were included in this chronologies. The dating was possible using the Slovenian Dinaric chronology (Levanič, 1996) and the larch chronology from the Italian Eastern Alps (Bebber, 1990). The results of the dating are presented in the following table:

Construction phase	Tree species	Length of the period	tBP	GLK%	DI	Reference chronology
I	larch	888-1262	13,3	73	306	Bebber, 1990
II	larch	1405-1594	12,2	71	238	Bebber, 1990
III	silver fir	1799-1878	4,9	71	111	Levanič, 1996

tBP is t-value after Baillie and Pilcher, GLK is Gleichläufigkeit and DI is date index. The dating is significant when a tBP is higher than 4, GLK higher than 65% and DI higher than 100. The correctness of the dating was additionally confirmed by analysis of signature years and visual comparison of the curves.

The results indicate that an important reconstruction of the roof took place after 1262, 1594 and 1878. Due to the slightly degraded and brittle outer sapwood it was nearly impossible to measure outer rings below the bark, and to determine the exact year of felling of a tree. Individual rafters were built during smaller reparations of the roof. 26% of the samples could not be dated.

It was observed that most rafters were re-used. It is assumed that the former churches at the same location were approximately of the same size as the present church.

By analysing all samples, two continuous larch chronologies spanning the periods 888-1262 and 1399-1807 were built, but their replication is low in some periods.

We assume that the wood originates from the NE Italian Alps. Tree ring analyses of modern larch trees from Slovenia are intended to obtain additional information to discuss the provenience of the wood.

The work was funded by the Slovenian Ministry of Science and Technology of the Republic Slovenia and by the Slovenian Restoration Centre.

**Key words:** dendrochronology, dating, A.D. 1262, 1594, 1878, larch, fir

#### LITERATURA

**Bebber, A.E. (1990):** Una cronologia del larice (*Larix decidua* Mill.) delle Alpi orientali italiane. *Dendrochronologia*, 8, 119-140.

**Čufar, K., Levanič, T., Zupančič, M. (1995):** Slovenija, regija za dendrokronološke raziskave (Slovenia, a region for dendrochronological investigations). *Les*, 47, 5, 133-136.

**Friedrich, M., Hoffmann, J., Remmele, S., Spurk, M., Becker, B., Frenzel, B. (1996):** Chronologies of the tree ring laboratory Hohenheim Institute of botany. V: Conference of the European dendrochronology workshop, Moudon, Switzerland.

**Grosser, D. (1977):** Die Hölzer Mitteleuropas. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag.

**Levanič, T. (1996):** Dendrochronological and dendroecological study of dominant and co-dominant silver firs (*Abies alba* Mill.) in Dinaric phytogeographic region / Dissertation thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Dept. of Wood Science and Technology.

**Levanič, T., Čufar, K. (1995):** Primerjava standardnih

kronologij jelke (*Abies alba* Mill.) v dinarski fitogeografski regiji Slovenije. (Comparison of standard chronologies of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Dinaric phytogeographical region of Slovenia). *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 46, 131-144.

**Levanič, T., Čufar, K. (1995):** Three local silver fir (*Abies alba* Mill.) chronologies from the Dinaric phytogeographic region of Slovenia. *Dendrochronologia*, 13, 127-134.

**Levanič, T., Čufar, K., Zupančič, M. (1995):** Kronologije letnih prirastkov jelke in smreke v Sloveniji. (Silver fir and spruce tree-ring chronologies in Slovenia). *Les*, 47, 9, 259-261.

**Siebenlist-Kerner, V. (1984):** Der Aufbau von Jahrringchronologien für Zirbelkiefer, Lärche und Fichte eines alpinen Hochgebirgsstandortes. *Dendrochronologia*, 2, 9-30.

**Torelli, N. (1990):** Les & skorja - slovar strokovnih izrazov. (Wood and bark). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.

**Torelli, N. (1991):** Makroskopska in mikroskopska identifikacija lesa - ključi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.