

GDK: 81:835(045)=163.6

Prispelo / Received: 29.12.2006

Sprejeto / Accepted: 26.04.2007

Izvirni znanstveni članek
Original scientific paper

Anatomija lesa za loke godal

Katarina Čufar¹, Blaž Demšar², Martin Zupančič³, Gerald Koch⁴, Primož Oven⁵

Izvleček

V goslarski delavnici »Atelje Demšar« smo dobili štiri vzorce lesa za godalne loke tujih dobaviteljev, ki so jih označili z imeni (1) pernambuk, (2) konjsko meso, (3) brazil in (4) kačji les. Les smo anatomsko preiskali ter določili vrste: (1) *Guilandina echinata* (pernambuk, pau brazil, brazil), (2) *Manilkara bidentata* (massaranduba, konjsko meso), (3) *Shorea laevis* (balau, bangkirai), (4) *Brosimum guianense* syn. *Piratinera guianensis* (Schlangenholz, snakewood, kačji les). Identifikacija je v treh (1, 2 in 4) od štirih primerov potrdila lesno vrsto, kot jo je navedel dobavitelj lesa. Preiskane lesne vrste pernambuk, konjsko meso in kačji les (1, 2 in 4) iz južne Amerike imajo skupne naslednje lastnosti: fino teksturo, temno obarvano jedrovino, dekorativen videz, visoko gostoto, visoko trdnost, dobro dimenzijsko stabilnost in dobre obdelavnostne lastnosti, posebno struženje in površinsko obdelavo. Vse so zelo cenjene za godalne loke, za najboljšega pa velja les pernambuka. Les balau iz Azije ima slabše lastnosti in ni tipična lesna vrsta za loke. Razlike v zgradbi lesa preiskanih vrst so najverjetneje vzrok za razlike v kvaliteti končnega izdelka. Podajamo opis izdelave lesenega loka, opis lesnih lastnosti in pomen pravilne identifikacije in poimenovanja lesa.

Ključne besede: godalni lok, pernambuk (= *Guilandina echinata* syn. *Caesalpinia echinata*), massaranduba syn. konjsko meso (= *Manilkara bidentata*), kačji les (= *Brosimum guianense* syn. *Piratinera guianensis*); balau (= *Shorea laevis*), anatomija lesa

Anatomy of wood for bows of string instruments

Abstract

Four specimens of wood originating from string instrument bows or from the material intended to be used for the repair of bows were obtained from the string instrument workshop »Atelje Demšar«. Foreign wood traders supplied the specimens under their commercial names: (1) pernambouc, (2) horse flesh, (3) brasil, and (4) snakewood. Macroscopic and microscopic wood anatomical investigations were carried out in order to verify the nomenclature of the traded specimens. The microscopic identification provided the following results: (1) *Guilandina echinata* (pernambouc, pau brazil, brazil), (2) *Manilkara bidentata* (massaranduba, horse flesh), (3) *Shorea laevis* (yellow balau, bangkirai), and (4) *Brosimum guianense* syn. *Piratinera guianensis* (snakewood). In three cases (1, 2 and 4), the trade names of the provided bow specimens were confirmed by wood anatomical identifications. In case 3, the wood anatomical features fully corresponded to timbers of the botanical species *Shorea laevis* (yellow balau, bangkirai) from Indomalaysia and not to *Guilandina echinata* or *Caesalpinia* spp. from South America. The identified wood species (1, 2 and 4) from South America are characterised by the following properties: fine and decorative texture, high density, good mechanical properties, brown or red coloured heartwood, good working properties (machinability and coating), and good dimensional stability. They are highly appreciated for string instrument bows. Among them, the wood of pernambouc is most valued. The wood of yellow balau, which is distinguished by inferior properties (e.g. excessive shrinkage), is not a typical wood for instrument bows. The fabrication of the bows, the properties of the investigated species and the importance of proper wood identification are presented as well.

Key words: string instrument bow, pernambouc (= *Guilandina echinata* syn. *Caesalpinia echinata*), massaranduba (= *Manilkara bidentata*), snakewood (= *Brosimum guianense* syn. *Piratinera guianensis*); balau (*Shorea laevis*), wood anatomy

¹ prof. dr. K. Č., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, Cesta VIII/34, 1000 Ljubljana, SLO

² B. D., univ. dipl. inž. les., Atelje Demšar, Žabjak 3, 1000 Ljubljana, SLO

³ M. Z., univ. dipl. inž. les., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, Cesta VIII/34, 1000 Ljubljana, SLO

⁴ prof. dr. G. Koch, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products and University of Hamburg, Leuschnerstr. 91, D-21031 Hamburg, Germany

⁵ prof. dr. P. O., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, Cesta VIII/34, 1000 Ljubljana, SLO

1 Uvod

1 Introduction

Predelan les doseže najvišjo vrednost, kadar je uporabljen za izdelavo glasbenih instrumentov, posebej godal (prim. TORELLI 2005). Poleg instrumenta je za kvaliteto in barvo tona godala izredno pomemben tudi lok (DEMŠAR *et al.* 1927 – 2005). Še tako dober glasbenik ne more vplivati na kvaliteto tona v tolikšni meri, kot nanjo vpliva kvaliteta gosli in loka, ki ju izdelata goslar ter izdelovalec lokov (BAKER 2002, CVETKO *et al.* 1989, DEMŠAR *et al.* 1927 – 2005, MUZIČKA ENCIKLOPEDIJA 1974, RODA 1959, TORELLI 2006). Čeprav se danes uveljavljajo številni umetni materiali, so najkakovostnejši in najdražji loki še vedno izdelani iz lesa. Najbolj cenjeni so loki iz lesa pernambuka (*Guilandina echinata*), ki dosegajo ceno tudi do 70.000 EUR, medtem ko najdražje gosli, Stradivarijeve violine, dosegajo cene tudi do več milijonov evrov (FUCHS 2003, VANNES 1979). Najboljše loke že od nekdaj izdelujejo v specializiranih delavnicah, ki so bile pogosto ločene od goslarskih ateljejev, npr. Tourte, Vuillaume, Simon, Dood, Bergeron itd. (RODA 1959). Ker so godalni loki zanimiv in dragocen izdelek iz lesa, naj na kratko opišemo njihov razvoj, izdelavo in posebnosti.

Razvoj sodobnih godalnih lokov sega v leto 1620 (dobrih 70 let po izumu violine), ko je Mersenne zaradi tehnike igranja predelal lok, ki so ga prej uporabljali za igranje na baročni instrument gamba (MUZIČKA ENCIKLOPEDIJA 1974). Do leta 1790, ko je francoski izdelovalec lokov Tourte razvil obliko godalnega loka, ki se uporablja še danes, so bili v uporabi različni modeli lokov (MUZIČKA ENCIKLOPEDIJA 1974).

Danes je lok sestavljen iz konične ter ukrivljene palice dolžine do 73 cm (les ali karbonska vlakna), žime (konjski rep) in žabice (ebenovina, celo želvovina ali slonova kost) (slika 1). Pravilna oblika in uravnoteženost loka omogočata lep ton. Lok mora pri igranju pravilno odskakovati in se med dolgimi potezami ne sme tresti ali nehote upogibati (CVETKO *et al.* 1989). Lok mora biti dovolj trden na upogib ter obenem dati »mehak« ton (CVETKO *et al.* 1989). Optimalne lastnosti »pravega« loka dobimo s pravilno izbiro lesa ter s postopkom izdelave, ki je pri najdražjih lokih še vedno ročen (BAKER 2002, CVETKO *et al.* 1989, MUZIČKA ENCIKLOPEDIJA 1974, RODA 1959). V literaturi je težko zaslediti opise izdelave lokov, saj najuglednejše delavnice svojih skrivnosti ne zaupajo javnosti in konkurenci. V literaturi pa smo zasledili opis izdelave loka po metodi družine Hill (BAKER 2002), ki spada med angleške metode, poznani pa sta še francoska ter nemška metoda.

Po metodi družine Hill se izdelava lokov začne z desko pernambuka, ki ji odstranijo morebitne rastne anomalije. Po grobi obdelavi uporabijo prvi model za izris loka na tangencialno ravnino. Temu sledi natančno izžagovanje kvadratne palice ter odstranitev njenih robov,

da se v postopku krivljenja ne bi zlomila. Les nato segrevajo (lokalno ali v celoti) ter krivijo na radialni ravnini s toplim zrakom ali nad plamenom gorilnika. Po prvem krivljenju ima palica le približno ukrivljenost. Mojstri v tej fazi palico obdelajo skoraj do končne dimenzije, če pa želijo, da les postane bolj tog, pustijo neobdelani polizdelek mirovati nekaj let.



Slika 1: Violinski lok in njegovi sestavni deli

Figure 1: Devices of a violin bow

Skoraj kvadratni palici nato obdelajo sedišče žabice, ki je poravnano v osi z glavo, ter izvrtajo odprtino za vijak. Ta postopek zagotavlja, da ob nadaljnjem krivljenju os loka ostane enaka. Palico ukrivijo do končne krivulje ter obdelajo na končno debelino in obliko (okrogel ali oktogonalen presek). V tej fazi palico obdelajo pod napetostjo. Palica je tako končana, sledi še izdelava glave. Najprej naredijo luknjo za pritrditev žime, čemur sledita izdelava ter oblikovanje glave. Vsak mojster ima svojo obliko oz. model glave, saj ta ponazarja njegov zaščitni znak. Sledi še rahlo popravljanje krivulje, vžiganje imena izdelovalca ter površinska obdelava z različnimi sredstvi. Palico večinoma obdelajo z oljem, ki poleg zaščite preprečuje temnenje lesa na soncu, kar je posebej pomembno pri lokih iz pernambukovine. Ko palico površinsko obdelajo, loku dodajo žabico ter ga ožimijo. Vrhunski mojstri sami izdelujejo žabice, ki so tudi njihov zaščitni znak. Žabice lahko opremijo z biserno školjko, srebrom ali zlatom (BAKER 2002).

Med pomembnejše izdelovalce lokov spadajo Francozi (Tourte, Henry, Peccate, Simon...), Angleži (družina Hill, Tubbs, Dodd...) ter Nemci (družina Nürberger, Knopf, Süß...) (BAKER 2002, CVETKO *et al.* 1989, ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA 2005, MUZIČKA ENCIKLOPEDIJA 1974, RODA 1959, WIKIPEDIA 2005). V Sloveniji je znan izdelovalec lokov za godala mojster Jože Šobar (DEMŠAR *et al.* 1927 – 2005).

Za izdelavo godalnih lokov je primeren les različnih

lesnih vrst, vendar se je skozi stoletja izdelave in uporabe izkazalo, da so najkvalitetnejši loki iz lesa pernambuka, imenovanega tudi brazil (*Guilandina echinata* syn. *Caesalpinia brasiliensis*), tako v tehničnem kot v tonskem smislu. Lesne vrste, ki jih tudi uporabljajo za izdelavo profesionalnih godalnih lokov, so še: kačji les *Brosimum guianensis*, konjsko meso *Manilkara bidentata* in druge (DEMŠAR *et al.* 1927–2005). V nasprotju s proizvajalci instrumentov v lesno anatomski praksi komercialno ime brazil uporabljamo predvsem kot sinonim za poimenovanje pernambuka. Od naših domačih lesnih vrst za izdelavo godalnih lokov največ uporabljajo bukovino (*Fagus sylvatica* L.).

Izbor lesa in kakovost izdelave zelo vplivata na ceno loka. Tako vira FUCHS (2003) in VANNES (1979) navajata naslednje razpone cen lokov: pernambuk 500 - 70.000 EUR, brazil 50 - 10.000 EUR, konjsko meso 50 - 5.000 EUR, kačji les 400 - 30.000 EUR, bukev 30 - 200 EUR in karbon 100 - 1.000 EUR.

Cilj pričujočega prispevka je bil raziskati les iz dveh poškodovanih lokov in dveh vzorcev lesa, kupljenega za popravilo lokov, ki naj bi po navedbah dobaviteljev pripadal lesnim vrstam (1) pernambuk, (2) konjsko meso, (3) brazil in (4) kačji les. Raziskave so vključevale identifikacijo lesa, primerjavo z referenčnimi vzorci iz zbirke lesnih vrst, opis pomena pravilnega poimenovanja lesa ter ovrednotenje bistvenih lastnosti posamezne lesne vrste za uporabo za loke godal.

2 Materiali in metode

2 Materials and methods

Za anatomske preiskave smo v goslarski delavnici »Atelje Demšar« dobili štiri vzorce lesa. Dva sta bila iz desk, kupljenih za popravilo lokov, dva pa sta izvirala iz poškodovanih lokov. Vzorec (1) smo odvezli iz deske velikosti 30 x 30 x 2 cm, kupljene pri tujem dobavitelju kot les pernambuka. Vzorca 2 in 3 sta bila odvezta iz nepopravljivo poškodovanih lokov iz lesa konjsko meso (vzorec 2) in iz lesa brazil (vzorec 3). Vzorec (4) je bil odvet iz deske 10 x 5 x 2 cm, ki jo je z imenom snakewood oz. kačji les dobavil italijanski trgovec.

Vzorci lesa smo pregledali makroskopsko, iz njih izžagali orientirane količke ter jih nato namočili v 70 % alkohol. Z mikrotomom Leica SM 2000R smo pripravili 25 µm debele rezine vseh treh ksilotomskih ravnin, jih obarvali z barvili astra modro in safranin ter naredili trajne anatomske preparate, vklopljene v euparal. Za preizkus prisotnosti silikatov smo rezino lesa obelili z raztopino klorovega belila in jo vklopili v nageljnovno olje ter tako pripravili poltrajen preparat za opazovanje v polarizirani svetlobi.

Mikroskopiranje smo opravili na raziskovalnem svetlobnem mikroskopu Nikon ECLIPSE E800, fotografiranje pa s pripadajočim digitalnim fotoaparatom. Identifikacijo lesa smo opravili z računalniškim programom

za mikroskopsko identifikacijo lesa komercialnih listavcev INTKEY (RICHTER / DALLWITZ 2002). Za preverjanje kvantitativnih anatomske podatkov smo na preparatih prečnih, radialnih in tangencialnih prereзов, velikih 1 cm², s pomočjo programa za analizo slike Lucia določili debeline celičnih sten ter dimenzije in število celic in tkiv na enoto površine (polavtomatsko merjenje razdalj in štetje). Dobljene vrednosti smo primerjali s podatki za posamezno lesno vrsto v ključu INTKEY. Za identifikacijo smo uporabili tudi primerjalni material (vzorci lesa in mikroskopske preparate) iz zbirke Katedre za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete in zbirke Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft ter Univerze v Hamburgu.

3 Rezultati in razprava

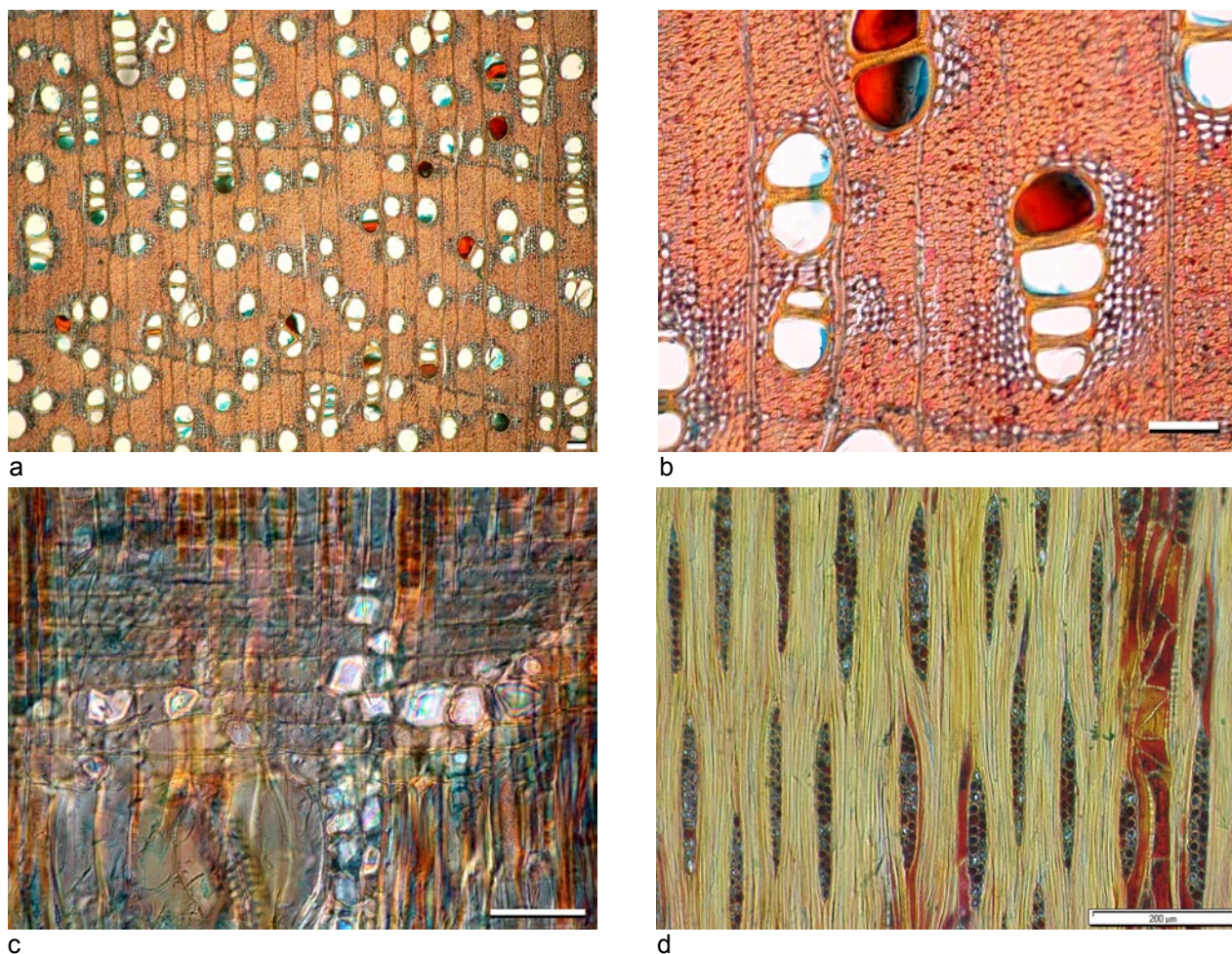
3 Results and discussion

3.1 Les s trgovskim imenom PERNAMBUK

3.1 Wood with commercial name PERNAMBOUC

Beljava majhnega vzorca lesa, kupljenega pod imenom pernambuk, je bila ozka, belkasto rumene barve, jedrovina pa opečno rdeča brez izrazite progavosti. Tekstura tangencialnega prereza je bila rahlo plamenasta, radialnega pa zaradi izmenično zavite rasti rebrasta. Les je imel razločno vidne prirastne plasti in je bil difuzno porozen (sliki 2a, b). Traheje so bile posamezne ali v manjših radialnih skupinah (sliki 2a, b), na mm² je bilo 28–31 trahej. V trahejah jedrovine smo zaznali gumozne depozite oranžne in temno rjave barve (sliki 2a, b). Povprečen tangencialni premer trahej je bil okoli 100 µm. Perforacije trahejnih členov so bile enostavne. Intervaskularne piknje so bile poligonalne oblike, izmenično razporejene, premera 4–5 µm in z izrastki. Piknje med trakovi in trahejami so bile podobne intervaskularnim. Vlakna so bila debelostena in neseptirana. Aksialni parenhim je bil marginalen in paratrahealen vazicentričen ter krilast in krilast konfluenten (sliki 2a, b). Pasovi marginalnega aksialnega parenhima so bili široki 1–3 celice. Trakovno tkivo je bilo homogeno, 1–3 redno. Na razdalji 1 mm v tangencialni smeri smo našli od 4 do 12 trakov. Trakovi so bili visoki do 25 celic. V celicah trakov in aksialnega parenhima so bili prizmatični in romboidni kristali (slika 2c). Trakovi so bili razporejeni v etažah.

Anatomske preiskave so ob pomoči referenčne ksilotomske literature (BRAZIER / FRANKLIN 1961, INSIDEWOOD 2004, RICHTER / DALLWITZ 2002) in primerjalnih vzorcev potrdile, da je vzorec št. 1 resnično les pernambuka (*Guilandina echinata* (Lam.) Spreng.), iz družine Fabaceae-Caesalpinioideae. Les sinonimno poimenujejo tudi *Caesalpinia echinata* (Lam.) Spreng. Poleg trgovskega imena pernambuk je poznan tudi pod imeni: fernambuk, Rotholz, echtes Brasilholz, arabutan, brasiletto, pao de Brasil, ibira-pitanga, pau Brasil, pauu rosado, pau pernambuco, ymirapiranga, legno del Brasile, legnorosso, bois de Brésil, bois de fernambouc, pernambouc,



Slika 2: Pernambuk (*Guilandina echinata* (Lam.) Spreng.). a, b) traheje z gumoznimi depoziti, aksialni parenhim marginalen in paratrahealen; c) kristali v polarizirani svetlobi; d) etažni razpored trakov. Merilne daljice a, b 100 μm , c 50 μm , d 200 μm .

Figure 2: Pernambuco (*Guilandina echinata* (Lam.) Spreng.). a, b) vessels with deposits of extractives, axial parenchyma marginal and paratracheal; c) crystals under polarized light; d) rays storied. Bar a, b 100 μm , c 50 μm , d 200 μm .

brazilwood, Bahia wood, para wood, pernambuco wood, in Brazilian ironwood (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA 2005, MONOCROMATICO 2003, RICHTER / DALLWITZ 2002, TORELLI 1998, WAGENFÜHR 1996).

Vrsta *Guilandina echinata* uspeva na Karibskem otočju in v tropski južni Ameriki. Les pernambuka je gost (gostota lesa v absolutno suhem stanju $\rho_0 = 750 - 1000 \text{ kg/m}^3$), trd, trden (upogibna trdnost $\sigma_{bb} = 119 \text{ MPa}$) ter dokaj tog (e-modul, $E_{b \text{ II}} = 10,5 \text{ GPa}$) (WAGENFÜHR 1996). Poraba energije pri strojni obdelavi je visoka, vendar ga je mogoče lepo obdelati, posebno stružiti. Zaradi visoke gostote se težko žaga, skobljanje površin z izmenično zavito rastjo je nekoliko oteženo, pri žebljanju in vijačenju pa je les nagnjen k pokanju. Ob izbiri ustreznega sušilnega programa je les mogoče kvalitetno posušiti, pri čemer ne poka in se ne zvija, dimenzijska stabilnost pa je dobra. Zelo dobro se površinsko obdeluje in izjemno dobro se lakira. Les je biološko aktiven, lesni prah lahko povzroča dermatitis. Les je naravno trajen (ALLAN 1999, ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA 2005,

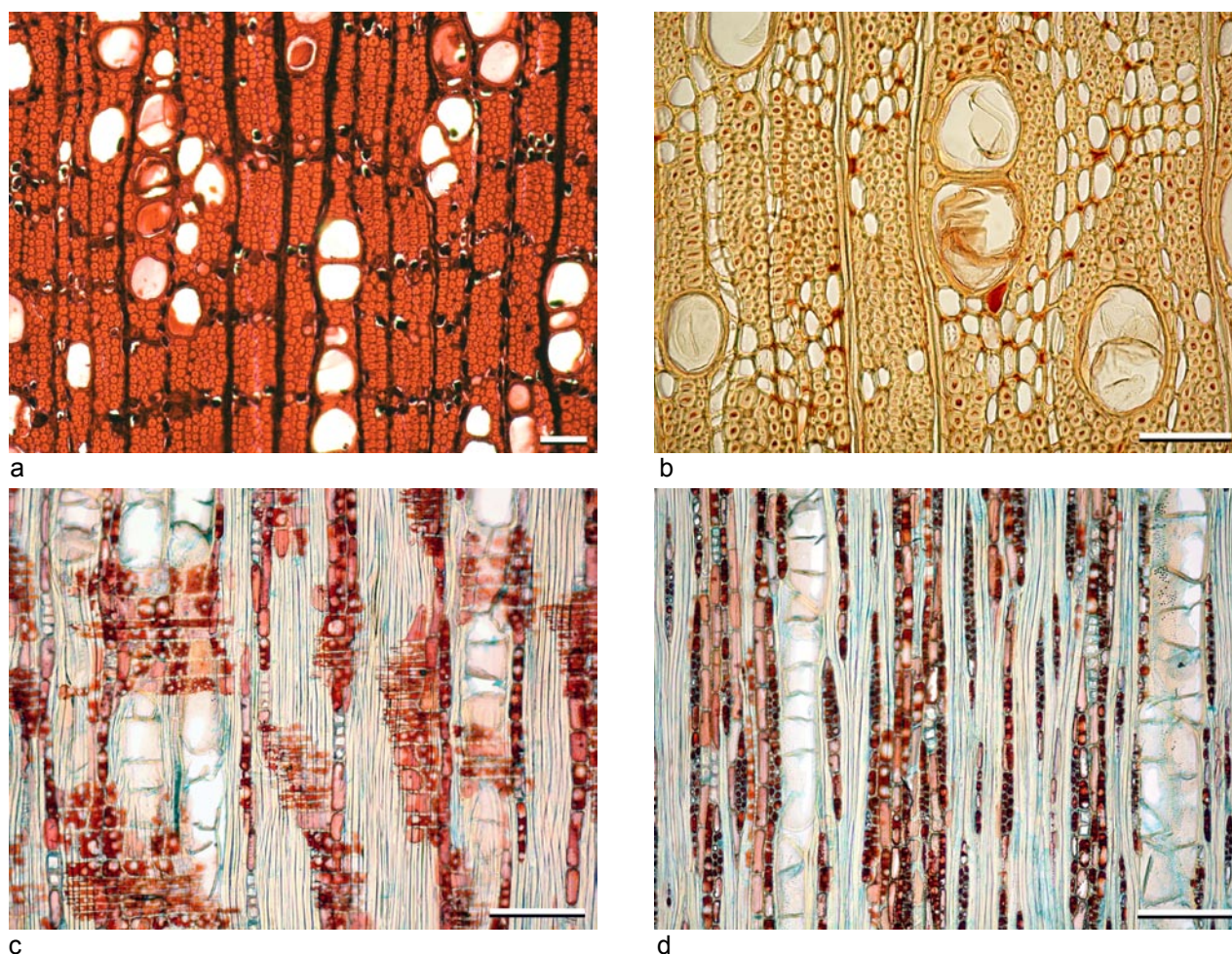
MONOCROMATICO 2003, RICHTER / DALLWITZ 2002, TORELLI 1998, WAGENFÜHR 1996).

Danes se pernambuk največ uporablja za izdelavo godalnih lokov ter za visoko kakovostno rdeče »črnilo«. V preteklosti je bil pernambuk največji vir nezemeljskega rdečega barvila (prim. TORELLI 1998). Cenjen je tudi za strgarske izdelke, puškina kopita, parket, dekorativne furnirje in pisarniško pohištvo. Les se uporablja tudi v zdravilstvu, za preprečevanje krvavitev, krepčilo ali protistrup. Poročila navajajo, da je iz prahu skorje mogoče pridobiti gume. Indijanci so les uporabljali za izdelavo orožja, namenjenega lovu in ribolovu (ALLAN 1999, ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA 2005, MONOCROMATICO 2003, RICHTER / DALLWITZ 2002, TORELLI 1998, WAGENFÜHR 1996).

3.2 Les s komercialnim imenom KONJSKO MESO

3.2 Wood with commercial name HORSE FLESH

Les preiskanega vzorca poškodovanega loka (vzorec 2) je pripadal difuzno porozni lesni vrsti s temno



Slika 3: Konjsko meso (*Manilkara bidentata* A. DC. (A. Chev.)); a in b) prečni prerez; c) radialni prerez in d) tangencialni prerez. Merilne daljice 100 μm .

Figure 3: Horse flesh (*Manilkara bidentata* A. DC. (A. Chev.)); a and b) cross-sections; c) radial section, d) tangential section. Bar 100 μm .

rjavo do rdečkasto rjavo obarvano jedrovino. Vzorec ni vseboval beljave. Prirastne plasti niso bile razločne, niti makroskopsko niti pod mikroskopom. Traheje so bile razporejene difuzno v radialnih skupinicah večinoma po 2–3 traheje pa tudi po 4 traheje in več (sliki 3 a, b). Srednji tangencialni premer trahej je bil okrog 110 μm . Traheje so imele enostavne perforacije. Intervaskularne piknje so bile izmenične, premera 4–6 μm . Piknje med trakom in trahejo so bile drobne ali velike in okrogle. V isti celici sta bila lahko oba tipa pikenj. V trahejah smo zabeležili tile in številne rjavo obarvane depozite. Osnovno tkivo so predstavljala libriformska vlakna z izrazito debelimi stenami. Aksialni parenhim je bil pretežno apotrahealen trakast oz. mrežast (sliki 3 a, b). Trakovi oz. pasovi aksialnega parenhima so bili široki do 3 celice. Apotrahealen parenhim je bil deloma tudi difuzen in difuzen v agregatih. Trakovi so bili pretežno 1- do 2-redni, redkeje do 3-redni (slika 3d). Trakovno tkivo je bilo heterogeno iz ležečih in pokončnih celic (sliki 3c, d). Pokončne celice so bile razporejene po celotnem traku. Večredni odseki trakov so bili enako široki kot enoredni. Jedrovinske snovi v lumnih celic so bile obilne. Les je vseboval romboidne kristale, ni pa vseboval silikatov.

Na osnovi zgoraj navedenih znakov, referenčne literature in primerjalnih vzorcev smo potrdili, da je vzorec 2 res pripadal vrsti konjsko meso, *Manilkara bidentata* A. DC. (A. Chev.), ki spada v družino Sapotaceae. Sinonimno jo poimenujejo tudi *Mimusops bidentata* A. DC. Vrsto poimenujejo s komercialnimi imeni Pferdefleischholz, horse flesh, massaranduba, massaranduba verdadeiro, massaranduba araua, balata maparajuba, purguo morado, bulletrie, quinilla in ansubo. Ime Pferdefleischholz (= konjsko meso) uporabljajo tudi trgovci zunaj nemško govorečega področja, npr. v Italiji. Pojavlja se tudi angleški prevod imena »horse flesh«. Les imenujejo tako, ker po poseku jedrovina zaradi oksidacijskih procesov dobi temno rdečo rjavo barvo, ki spominja na barvo svežega konjskega mesa. Podoben les imajo še vrste *Manilkara elata* (Fr. Allem.) in *Manilkara huberi* (Ducke) A. Sinonimno se uporabljajo zanje latinska imena *Mimusops elata* Fr. Allem., *Mimusops huberi* Ducke. Na Katedri za tehnologijo sta bili raziskani vrsti *Manilkara zapota* (L.) v. Royen iz tropske Mehike (TORELLI *et al.* 1983a) in *M. fouilloyana* Aubrev. & Pellegr iz Centralne Afrike (TORELLI *et al.* 1983b, ČUFAR 1984). Različnih vrst iz

rodu *Manilkara* po lesu ni mogoče natančno razlikovati, saj je njihov les zelo podoben. Pomemben razlikovalni znak med vrstami so silikati, ki se redno pojavljajo v lesu številnih predstavnikov rodu, npr. *Manilkara kauki*, *M. celebica*, *M. fasciculata*, *M. hexandra*, *M. kanosensis* iz Azije (RICHTER / DALLWITZ 2002). Vrsta *Manilkara bidentata* nima silikatov, kar je odločilno za njene dobre obdelavnostne lastnosti.

Manilkara bidentata raste v tropski južni Ameriki in na Karibih (RICHTER / DALLWITZ 2002), natančneje v Gvajanah in severni Braziliji (TORELLI, osebna komunikacija). Les ima osnovno gostoto 850 do 1000 kg/m³, rjavo do rdeče obarvano jedrovino in rumenkasto belo beljavo, ki se ostro loči od jedrovine. Les jedrovine je izjemno naravno trajen. Je trd in trden. Les je mogoče lepo skobljati, ker ima premi potek aksialnih elementov. Odlično se rezka in struži. Pri žebljanju in vijachenju pa je les nagnjen k pokanju. Les je mogoče dobro površinsko obdelati. Les vrste *Manilkara bidentata* je zelo cenjen za

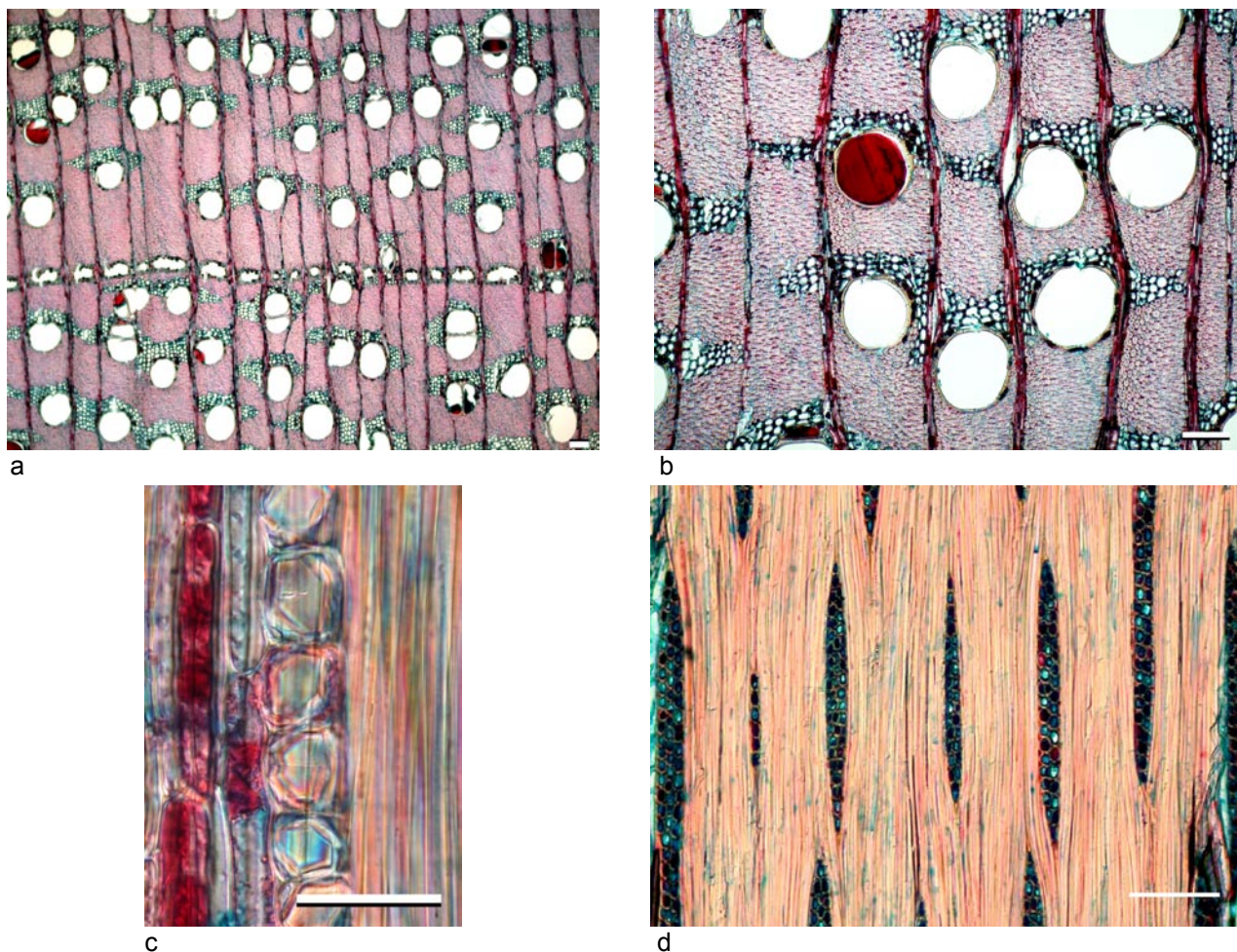
godalne loke, čeprav najboljši loki iz tega lesa ne dosegajo enake cene kot loki iz lesa pernambuka (prim. RICHTER / OELKER 2001, RICHTER / DALLWITZ 2002, TORELLI 1983a,b, WAGENFÜHR 1996).

3.3 Les s trgovskim imenom RUMENI BALAU

3.3. Wood with commercial name YELLOW BALAU

Vzorec številka 3 iz poškodovanega loka naj bi bil narejen iz lesa s trgovskim imenom brazil, kar je v bistvu eno izmed poimenovanj za pernambuk (prim pogl. 1 in 3.1). Po natančnem pregledu anatomskih znakov, primerjalne literature in vzorcev pa smo ugotovili, da les v resnici predstavlja vrsto s komercialnim imenom rumeni balau oz. bangkirai (*Shorea laevis* Ridl.), ki prihaja iz Azije.

Les je imel temno rjavo jedrovino z rahlo sivkastim nadihom, beljave pa preiskani vzorec ni imel. Prirastne plasti so bile razločne. Traheje so bile razporejene difuzno, praviloma posamič, redkeje 2–3 v radialnih skupinah (sliki 4 a, b). Povprečni tangencialni premer trahej je



Slika 4: Balau (*Shorea laevis* Ridl.). a) Prečni prerez s karakterističnim tangencialnim nizom aksialnih travmatskih medceličnih kanalov, b) detajl prečnega prereza, c) romboidni kristali v kamrastih celicah, d) tangencialni prerez s trakovi v etažah. Merilne daljice a, b, d 100 μ m, c 50 μ m.

Figure 4: Balau (*Shorea laevis* Ridl.). a) cross-section with a characteristic resin canal in long tangential lines and b) cross-section detail; c) rhomboidal crystals in chambered cells, d) tangential section with storied rays. Bar a, b, d 100 μ m, c 50 μ m.

bil okrog 160 μm . Trahejni členi so imeli enostavne perforacije in izmenične intervaskularne piknje premera 4–6 μm , z izrastki. Piknje med trakovi in trahejami so bile podobne intervaskularnim. V trahejah smo zabeležili tile in rdeče do temno rjavo obarvane depozite (sliki 4a, b). Aksialni parenhim je bil marginalen in paratrahealen. Pasovi aksialnega marginalnega parenhima so bili široki od 2–5 celic. Aksialni paratrahealen parenhim je bil pretežno krilast unilateralen-enostranski in konfluent (sliki 4a, b). Vlakna so bila debelostena in neseptirana. Trakovno tkivo je bilo homogeno in heterogeno in do 4 redno (slika 4d). Trakovi so bili razporejeni etažno, prav tako je bil etažno razporejen aksialni parenhim. V celicah aksialnega parenhima so se nahajali prizmatični in romboidni kristali (slika 4c). Opazili smo za omenjeno vrsto značilne tangencialne nize travmatskih aksialnih medceličnih kanalov (slika 4a).

Vrsta *Shorea laevis* spada v družino Dipterocarpaceae in uspeva v Aziji, natančneje v Indiji, Pakistanu, Šrilanki, Burmi, na Tajskem, v Laosu, Vietnamu, Kambodži in v Indomalajziji. Poimenujejo jo tudi z latinskimi imeni *Shorea laevifolia* (Parijs) Endert, *Hopea laevifolia* Parijs, pod istim komercialnim imenom pa prodajajo še les vrst *Shorea atrinervosa* Sym., *S. brunnescens*, *S. crassa* Ashton, *S. exelliptica* Meijer, *S. foxworthyi* Sym., *S. glauca* King, *S. havilandii* Brandis, *S. laevis* Ridl., *S. leptoderma* Meijer, *S. maxwelliana* King, *S. materialis* Ridl., *S. seminis* (de Vriese) v. Slooten, *S. submontana* Sym., *S. sumatrana* (v. Sl. ex Foxw.) Sym., *S. superba* Sym. Trgovska in lokalna imena za to lesno vrsto so balau, bangkirai, selangan batu No. 1, - No. 2, selangan batu tatuk, balau bukit, hitam, kumus hitam, laut, laut merah, sengkawang, damar laut, balau bunga, semantok lungkik, yakal, teng, sal (RICHTER / OELKER 2001). Les ima rjavo do sivo rjavo obarvano jedrovino in izmenično prepleten potek aksialnih elementov. Ima osnovno gostoto 720–930 kg/m^3 (RICHTER / DALLWITZ 2002), upogibno trdnost $\sigma_{\text{BB}} = 124 \text{ MPa}$ ter E-modul, $E_{\text{b II}} = 18,7 \text{ GPa}$, dimenzijska stabilnost lesa pa je kritična (RICHTER / OELKER 2001).

Les je naravno trajen. Zaradi visoke gostote in izmenično prepletenega poteka aksialnih elementov je obdelava lesa lahko težavna. Da se izognemo pokanju in zvijanju pri sušenju, moramo izbrati ustrezno blage sušilne programe. Površinsko se obdeluje brez težav. Les se zaradi visoke gostote in dobre naravne trajnosti največkrat uporablja za konstrukcije, predvsem zunanje. Les pospešuje korozijo železa in v stiku z železovimi ioni počrni (RICHTER / OELKER 2001).

Les je primeren za zunanje in notranje nosilne konstrukcije. Še posebej je primeren za zunanjo uporabo v stiku s tlemi, vrtno konstrukcije, igrala, vrtno pohištvo, za lesena plovila, industrijske pode itd. (RICHTER / OELKER 2001). V Sloveniji je v zadnjem času priljubljen za zunanje konstrukcije, npr. za terase.

Lastnosti lesa balau so manj ugodne za njegovo uporabo za violinske loke, zato preseneča, da so ga uporabili v ta namen.

3.4 Les s trgovskim imenom KAČJI LES

3.4 Wood with commercial name SNAKEWOOD

Beljava preiskovanega vzorca lesa, kupljenega pod imenom kačji les, je bila rumenkasto bela, meja med beljavo in jedrovino je bila nejasna. Les je imel obarvano jedrovino, ki je bila temno rdeča do rdeče rjava. Čeprav je bil vzorec majhen, smo po teksturi radialne površine sklepali, da ima les značilne proge, ki spominjajo na kačjo kožo, po kateri je les tudi dobil ime (sliki 5a, b).

Prirastne plasti niso bile razločne. Vrsta je bila difuzno porozna (slika 6a). Traheje so bile posamične ali po 2–3 skupaj razporejene radialno ali nekoliko poševno. Povprečen tangencialni premer trahej je bil okoli 100 μm . Perforacije so bile enostavne, intervaskularne piknje so bile majhne, izmenične, po obliki poligonalne. Piknje med trahejami in trakovi so bile drobne in okrogle. V trahejah so bile debelostene sklerozirane tile (slike 6a, b, c), ki predstavljajo najbolj karakterističen mikroskopski znak



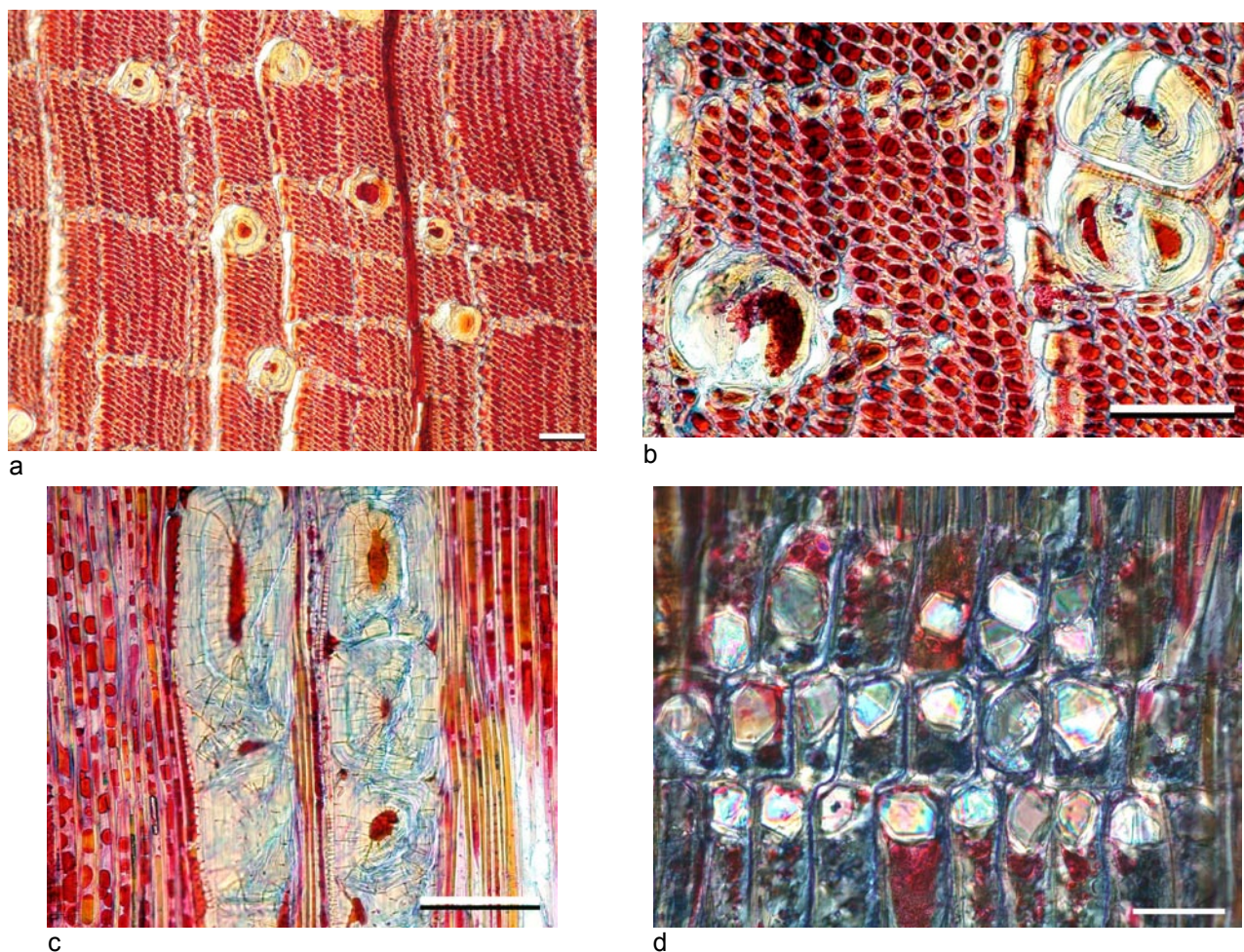
a



b

Slika 5: Kačji les (*Brosimum guianensis*) s teksturo, ki spominja na luske kačje kože.

Figure 5: Snakewood (*Brosimum guianensis*), with peculiar surface figures, which resemble the pattern of snake hides.



Slika 6: Kačji les (*Brosimum guianensis* (Aubl.) Huber). a, b) Prečni prerez in traheje s skleroziranimi tilami in obarvanimi vključki; c) radialni prerez in sklerozirane tile v trahejah ter obarvani vključki v trahejah in vlaknih, d) romboidni kristali v traku v polarizirani svetlobi. Merilne daljice a, b, c 100 μm , d 50 μm .

Figure 6: Snakewood (*Brosimum guianensis* (Aubl.) Huber). a, b) Cross section - vessels with sclerotized tyloses and coloured deposits; c) radial section - sclerotized tyloses in vessels and coloured deposits in vessels and fibres; d) crystals in rays under polarized light. Bar a, b, c 100 μm , d 50 μm .

te vrste. Depoziti v trahejah jedrovine so bili rumene do temno rjave barve, našli pa smo jih tudi v tilah. Vlakna so bila debelostena. Aksialen parenhim je bil paratrahealen krilast in konfluenten (sliki 6a, b). Zabeležen je bil tudi aksialni parenhim v pasovih, ki so bili široki 1–3 celice. Aksialni parenhimski pramen je sestavljalo do 8 celic. Trakovi so bili široki 1–2 celice ter visoki med 12–15 celic; bili so heterogeni in sestavljeni iz dveh ali več tipov celic. Opažene so bile laticifere. V celicah trakov in v elementih aksialnega parenhima so bili romboidni kristali (slika 6d).

Identifikacija lesa na makroskopskem in mikroskopskem nivoju potrjuje, da je preiskovana vrsta resnično kačji les, *Brosimum guianensis* (Aubl.) Huber, sinonimno tudi *Piratinera guianensis* Aubl.

Rod *Brosimum* spada v družino Moraceae in vsebuje več sorodnih vrst, ki rastejo predvsem v območju Amazonke ter na severu Južne Amerike. Vrsto *Brosimum guianensis* (Aubl.) Huber, sinonimno imenujejo tudi

Piratinera guianensis Aubl. In *Brosimum tessmannii* Mildbr. Trgovska in lokalna imena so še: Schlangenhholz, snakewood, bois serpent, Zauberbaum, Buchstabenholz, amourette, lettre mouchete, letterhout, palo de oro, belokoro, poevinga, peni-paia, barrueh, muirapinima, waira caspi in cashiba playa (RICHTER / DALLWITZ 2002). Ime kačji les (nem. Schlangenhholz, angl. snakewood, franc. bois serpent) je lesna vrsta dobila po teksturi, saj radialna površina spominja na kačjo kožo.

Drevo praviloma doseže višino le do 24 m ter raste počasi. Les je zelo gost in ima osnovno gostoto 1050–1250 kg/m^3 (RICHTER / DALLWITZ 2002). Beljava sestavlja pretežni del debla, vendar jo za prodajo praviloma odstranijo. Jedrovina je zelo odporna proti okužbam z glivami ter insektom. Jedrovina je zelo cenjena in jo prodajajo na kilograme. Sodi med najdražje komercialne lesne vrste. Kačji les se mora sušiti v sortimentih manjših dimenzij. Sušenje mora potekati previdno, da les ne razpoka. Kačji les se uporablja za stružene izdelke, puškina kopita, ročaje nožev, paličice za bobne, sprehajalne palice,

biljardne palice, loke, intarzije, ribiške palice ter opremo za instrumente. Južnoameriški Indijanci so les uporabljali za izdelavo strelskih lokov (JEMEC 1995). Les je cenjen tudi za godalne loke.

4 Zaključek

4 Conclusion

Preučevane in opisane vrste (1) *Guilandina echinata* (pernambuk), (2) *Manilkara bidentata* (konjsko meso), (3) *Shorea laevis* (balau) in (4) *Brosimum guianensis* (kačji les) so tropske lesne vrste. Vrste 1, 2 in 4 uspevajo v južni Ameriki. Iz njih izdelujejo najbolj cenjene in drage violinske loke. Med naštetimi vrstami ima najvišjo vrednost za godalne loke les pernambuka. Vrsta 3 *Shorea laevis* (balau) je iz Azije, njena uporaba za violinske loke pa nam doslej ni bila znana.

Za natančno anatomsko identifikacijo potrebujemo les, mikroskopske preparate, podatke iz literature in primerjalni material. Vse vrste imajo bližnje sorodnike istega rodu z zelo podobnim lesom, kar otežuje identifikacijo lesa. Identifikacijo otežuje tudi uporaba različnih trgovskih imen in dejstvo, da z istim trgovskim imenom pogosto poimenujejo več vrst, ki so navadno botanično sorodne in pripadajo istemu rodu.

Raziskane vrste iz južne Amerike se v Sloveniji sicer redko pojavljajo. Ker jih uporabljamo za dokaj dragocene izdelke, sta pravilna identifikacija in poimenovanje nujna.

Od relevantnih lesnih lastnosti je vsem opisanim vrstam skupna izjemno visoka gostota okoli 1000 kg/m³ in posledično visoka trdnost, E-modul in udarna žilavost, ki imajo izreden pomen pri velikih dinamičnih obremenitvah loka pri igranju na godala. Vse vrste imajo temno obarvano jedrovino in visoko naravno trajnost. Preiskane južnoameriške vrste iz rodov *Guilandina*, *Manilkara* in *Brosimum* so poleg tega zelo dekorativne in imajo fino teksturo. Odlikujejo jih še odlična obdelavnost (predvsem struženje), ugodna dimenzijska stabilnost in dobra površinska obdelavnost. Za dve od naštetih vrst, kačji les (*Brosimum* sp.) in manilkara (*Manilkara* sp.), smo dobili podatke, da so jih v južni in srednji Ameriki domačini uporabljali tudi za najkvalitetnejše strelske loke (JEMEC 1995, TORELLI - osebna komunikacija). Les iz rodu *Shorea* iz Azije ima v pogledu dekorativnosti, obdelavnosti, dimenzijske stabilnosti in homogenosti lesa, kot jo lahko razberemo iz anatomske zgradbe, slabše lastnosti, zato se kljub visoki gostoti in trdnosti ne zdi enako primeren za violinske loke kot preiskane južnoameriške vrste.

Z opisanimi tropskimi lesnimi vrstami se ne more primerjati nobena izmed domačih lesnih vrst. V Evropi za industrijsko narejene godalne loke pogosto uporabljajo bukovino (*Fagus sylvatica* L.) (TORELLI 2005, 2006). Les bukve ima v vseh ozirih slabše lastnosti, saj ima za približno 20–30 % nižjo gostoto kot opisane vrste. Posledično so slabše tudi trdnostne lastnosti. Les bukve

je od opisanih tropskih vrst slabši tudi zato, ker nima obarvane jedrovine, ni naravno trajen in ni tako dekorativen. Čeprav je bukovino mogoče zadovoljivo obdelati, le-ta po obdelavnosti in dekorativnosti precej zaostaja za opisanimi južnoameriški tropskimi vrstami.

Anatomske raziskave so razkrile, da je v treh od štirih primerov les pripadal pričakovani lesni vrsti, ki jo je navedel dobavitelj lesa. V primeru lesa, ki je bil kupljen pod imenom brazil, pa se je izkazalo, da ne gre za vrsto *Guilandina echinata* ali eno od vrst iz rodu *Caselpinia*, pač pa za les iz rodu *Shorea*. V tem primeru so tako kot že večkrat prej (prim. TORELLI 1997, 1999) nestrokovno in zavajajoče uporabili ime dragocene lesne vrste za poimenovanje vrste, ki za njo v vseh ozirih zaostaja.

Posebej pri dragocenih in pri nas manj znanih lesnih vrstah sta nujna pravilna identifikacija in poimenovanje lesa. Anatomija lesa lahko pripomore k večji osveščenosti uporabnikov lesa, ki bi posledično prisilila trgovce k pravilnemu poimenovanju lesa.

Na kakovost in ceno končnega izdelka v veliki meri vpliva skrben izbor lesne vrste, pomembna pa je tudi izbira ustreznega kosa lesa in predvsem izdelava, ki je v prispevku kratko opisana.

5 Summary

Wood specimens used for instruments or their devices are of importance for the quality of the notes produced by instruments. The bows for string instruments of highest quality and price are still made of wood. Their properties depend on the wood species and quality of the particular selected piece of wood. The production of wooden bows is briefly described in the introduction.

Most industrial wooden bows in Slovenia are manufactured of beech wood (*Fagus sylvatica*). More valuable bows are made of highly appreciated imported wooden species, mainly from tropical South America. These species are less known in Slovenia. Therefore, the craftsmen need more detailed information on these wood species regarding their nomenclature, anatomy and properties.

The objective of this article was to investigate wood from the string instrument workshop »Atelje Demšar«, which was used to produce or repair bows. The wood was supplied by foreign wood traders under commercial names: (1) pernambouc, (2) horse flesh, (3) brasil, and (4) snakewood. The investigations included wood identification, comparison with corresponding samples from wood collections, presentation of different trade names and description of properties relevant to use the wood for bows of string instruments.

Samples 1 and 4 originated from small boards that were acquired for the repair of violin bows, while samples 2 and 3 originated from broken instrument bows. Cross-, radial- and tangential sections, and permanent slides

were prepared from all samples for microscopic wood identification. The identification was carried out with the aid of INTKEY computer program for microscopic (RICHTER / DALLWITZ 2002) and macroscopic (RICHTER / OELKER 2001) wood identification. Finally, the identified specimens were compared macroscopically with reference specimens from wood collections of the Department of Wood Science and Technology at the University of Ljubljana and at the Federal Research Centre for Forestry and Forest Products and University of Hamburg, Germany.

The microscopic wood identification provided the following results: (1) *Guilandina echinata* (pernambouc), (2) *Manilkara bidentata* (horse flesh, massaranduba), (3) *Shorea laevis* (yellow balau, bangkirai), and (4) *Brosimum guianense* syn. *Piratinera guianensis* (snakewood). In three cases (1, 2 and 4), the wood anatomical identification confirmed the species as declared by the wood supplier. Only in case 3, the identification did not confirm the declared wood species. The wood supplied under the name brazil was expected to belong to *Guilandina echinata* or *Caesalpinia* spp. from tropical South America. The identification showed that the wood in fact belonged to the species *Shorea laevis* (yellow balau, bangkirai) from Asia.

The investigated wood species are characterised by the following properties: high density, good mechanical properties, brown or red coloured heartwood, good natural durability, and favourable dimensional stability. The species 1, 2 and 4 from South America are very decorative, have fine texture, good working properties, especially as far as turning and coating are concerned. They are highly appreciated for string instrument bows. The wood of pernambouc is most valued among them.

The wood of yellow balau from Indomalaysia is not a typical species for instrument bows. Due to its high density, good mechanical properties and good natural durability, it is regularly used for different outdoor and indoor constructions. In terms of properties relevant for string instrument bows, balau must be evaluated by inferior quality compared to South American species from this study, especially due to its critical dimensional stability, poor machinability, and coarse texture.

The commercial name brazil that promises a highly valued wood from South America was in this case improperly used. Since the wood of yellow balau and brazil has different wood anatomy, this study shows how craftsmen using these imported wood species can profit from cooperation with wood anatomists.

Wood properties of the investigated species are described as well. The selection of wood species and proper selection of wood from the same species are, beside fabrication, the main reasons for differences in quality and price of the end product.

Zahvala

Acknowledgements

Študija je nastala v okviru raziskovalnih projektov programske skupine Lesarstvo in L4-7163 in L4-7367, ki jih financirata Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo in Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, in v sodelovanju z mojstrom Vilimom Demšarjem, ki nam je za raziskavo prijazno odstopil vzorce lesa. Članek posvečamo Petru Cundru, dolgoletnemu sodelavcu Katedre za tehnologijo lesa, ob njegovi upokojitvi.

6 Viri

6 References

- ALLAN, C., 1999. BrazilWood: A Brief History. James Ford Bell Library, University of Minnesota. <http://bell.lib.umn.edu/Products/BrazilW.html>.
- BRAZIER, J. D. / FRANKLIN, G. L., 1961. Identification of hardwoods, a microscope key. Forest Products Research Bulletin 46. London: Department of Science and Industrial Research.
- BAKER, T., 2002. The Hill Methods Of Bow Making. V: Thirtieth annual convention, Fifteenth internal competition, Drawbrige inn., Fortmichell, Kebntucky 11 – 17 nov. 2002. Journal of the violin society of America, 18(3): 63–119.
- CVETKO, I. / DEMŠAR, V. / KLOPČIČ, R. / STAHULJAK, Z. / LORENZ, M. / BOLE, L. / LORENZ, T. / ŠIVIC, P. / JEŽ-BREZAVŠČEK, B. / JAKŠA, L. / AHACIČ, K., 1989. Godala. Revija Glasbene mladine Slovenije, 19, Tematska številka godala: 32 str.
- ČUFAR, K., 1984. Ocena obdelavnosti s primerjavo relevantnih lastnosti neznane in znanih lesnih vrst na primeru devetih centralnoafriških lesov: magistrsko delo, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani: 146 str.
- DEMŠAR, B. / DEMŠAR, V. / DEMŠAR, B., 1927–2005. Pogovor o delovanju violine med leti 1927 ter 2005. Ljubljana, neobjavljeno gradivo.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2005. Encyclopaedia Britannica. <http://www.britannica.com/>.
- FUCHS, A., 2003. Taxe der Streichinstrumente. 15. Auflage, Friedrich Hofmeister Musikverlag, Leipzig: 231 str.
- JEMEC, B., 1995. Relevantne lastnosti lesa za izdelavo lokov: visokošolska diplomska naloga = Relevant properties of wood for making bows: graduation thesis, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Visokošolske diplomske naloge. Ljubljana: 79 str.
- INSIDEWOOD, 2004. <http://insidewood/lib.ncsu.edu/search>.
- MONOCROMATICO, 2003. Detailed information on Brazil Wood (*Caesalpinia echinata*). Dave's Garden. <http://davesgarden.com/members/Monocromatico/>.
- MUZIČKA ENCIKLOPEDIJA, GR-OP, 1974. Drugo izdanje. Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb: 40–41.
- RICHTER, H. G. / DALLWITZ, M. J., 2002. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, and Spanish.
- RICHTER H. G. / OELKER M., 2001. INTKEY MACRO HOLZDATA: Computergestützte Bestimmung und Beschreibung von Nutzhölzern: Računalniški program.

- RODA, J., 1959. Bows for musical instruments. William Lewis & Son, Chicago, Illinois: 82–84.
- TORELLI, N., *et al.*, 1983a. Estudio promocional de 43 especies forestales mexicanas. Jugoslovansko mehiški projekt. Technical Report.
- TORELLI, N., *et al.*, 1983b. Machining and Related Characteristics of Five Wood Species from Bayanga Region (Central African Republic). Ljubljana, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology.
- TORELLI, N., 1997. Mahagoni (I. del), njegova nomenklatura in zgodovina rabe. Les 49(11): 345–348.
- TORELLI, N., 1998. Les po katerem je Brazilija dobila svoje ime. Les 50(3): 55–56.
- TORELLI, N., 1999. Cedre (*Cedrus* spp.), cedri (*Cedrele* spp.) in "cedre". Les 51(6): 169–172.
- TORELLI, N., 2005. Violina I: Najdragocenejši les ali kremonska glorija. Les 57(9): 228–238.
- TORELLI, N., 2006. Violina II: zvočna barva lesa. Les 58 (5): 140–151.
- VANNES, R., 1979. Dictionnaire universel des luthiers. Les Amis de la musique, Bruxelles: 907 str.
- WAGENFÜHR, R., 1996. Holzatlas. 4. izd. Fachbuchverlag, Leipzig: 688 str.
- WIKIPEDIA, 2005. Wikipedia The Free Encyclopaedia. <http://www.en.wikipedia.org/>,