

## Dendrokronološke raziskave na koliščih Spodnje mostišče 1 in 2 ter Hočevarica

Katarina ČUFAR, Tom LEVANIČ in Anton VELUŠČEK

### Izvleček

Prispevek obravnava dendrokronološke raziskave na srednjeeneolitskih koliščarskih naselbinah Spodnje mostišče 1 in 2 ter Hočevarica na Ljubljanskem barju.

### Abstract

We present the dendrochronological investigations of the middle Eneolithic pile dwellings at Spodnje Mostišče 1 and 2 and Hočevarica from the Ljubljana moor.

### CILJ RAZISKAVE

Cilj raziskave je bil na odvzetih ostankih lesa iz kolišč, določiti lesno vrsto, ugotoviti uporabnost lesa za dendrokronološke raziskave, opraviti analize širin branik, sestaviti prve plavajoče kronologije in jih relativno datirati, pridobiti prve orientacijske radiokarbonske datume in proučiti možnost absolutnega dendrokronološkega datiranja.

### UVOD

V uvodu bomo predstavili lego posameznega najdišča, pregled zgodovine raziskovanj in kronologijo.

### Spodnje mostišče 1

Koda najdišča: 081405.04

1. Spodnje mostišče 1; 2. Veliko mostišče; 3. Ig; 4. Ig; 5. Ljubljana VIII

*Lega:* Koliščarske najdbe so bile odkrite na okljuku potoka Iščice, 375 m severozahodno od najbližjega mostu, oziroma ob parcelah št. 1255, 1254 k. o. Studenec-Ig, ki je na ledini Spodnje mostišče<sup>1</sup> (karta 1: 1).

*Zgodovina raziskav:* Najbrž v prvi polovici leta 1876 so zahodno od Iškovrškega štradona poglabljali strugo Iščice ("Einige Aushebungen jedoch mit der Bagger schaufel..."). Na okljuku so pri izkopu naleteli na živalske kosti, keramiko, oglje itd. Najdišče navpično zabutih kolov so sicer že veliko let pred tem poznali Krakovski ribiči, toda šele novoodkrite najdbe so privedle do tega, da si je Dežman skupaj z dr. Stöcklom 8. julija 1876 ogledal najdišče in tudi opisal njegovo lego (Smole 1983, 146; Deschmann 1876a; cfr. npr. Deschmann 1876b, 472, skica; Melik 1946, 76; Jesse 1975, 182; Vuga 1982, 7 itd.).

Dežmanov opis lege najdišča si je napačno razložil Ložar, saj je kolišče v potoku ob ledini Spodnje mostišče zamenjal s koliščem, ki leži pravtako v potoku Iščica toda vzdolž ledine V Partih (cfr. Deschmann 1876b, 472, skica; Ložar 1942, 88, op. 16). Na karto je najdišče pravilno vrisal šele Melik (Melik 1946, karta: Mostiščarsko jezero), Ko-

<sup>1</sup> Podatek o ledinskem imenu najdemo pri Vugi (Vuga 1979, 259).

*Karta 1:* Ljubljansko barje.  
*Map 1:* The Ljubljana moor.

ročec pa ga je poimenoval za IV. kolišče,<sup>2</sup> ki ga je odkril Dežman (Korošec 1953, 256; 1955, 245; Bregant 1964, 7). Jesse je kasneje kolišče kartiral nekoliko preveč stran od Iščice (Jesse 1954, 95 ss, Risba 1).

Leta 1995 smo opravili topografski obhod ledine Spodnje mostišče. V strugi potoka ob parcelah št. 1254 in 1255 k. o. Studenec-Ig so bili vidni številni navpično zabiti in na nekaterih mestih v ravne vrste razvrščeni koli (sl. 1).

Po podrobnih podvodnih pregledih struge smo se odločili, da bomo jemali vzorce s kolov, ki so na dnu potoka; v januarju in februarju leta 1996 smo tako izvedli vzorčenje za potrebe dendrokronoloških raziskav v sodelovanju s študenti arheologije oziroma potapljači.

*Kronologija:* Za kronološko vrednotenje kolišča v Iščici ob ledini Spodnje mostišče je pomembno predvsem obdobje delovanja Bregantove na Ljubljanskem barju. Ona je vodila doslej najboljše raziskovanje kakšne naše koliščarske naselbine. V letih od 1970 do 1977 je raziskovala kolišče Ma-

harski prekop, ki je manj kot 200 m stran od najdišča Spodnje mostišče 1. Širše zastavljene terenske raziskave in s tem kot posledica povečano število najdb so privedle do ugotovitev, da se lahko Maharski prekop in tudi nekatera izmed ostalih takrat znanih kolišč na ledini Spodnje mostišče datira različno bodisi v obdobje pred prvimi Dežmanovimi kolišči bodisi v bronasto dobo (cfr. Korošec 1964, 35; Bregant 1971; 1974; 1975; Dimitrijević 1979, 375 s itd.), kar je bilo delno v neskladju z radiokarbonskimi analizami, ki so kazale, da so kolišča samo srednjeeneolitska, in sicer okvirno iz 4. tisočletja pr. n. š. (Bregant 1975, 49). Pelodne analize so to kasneje potrdile (Culiberg, Šercelj 1978). Ugotovitve pa so kmalu nato sprejeli tudi arheologi in v glavnem ovrgli misel o bronastodobni naselbini na Spodnjem mostišču (Budja 1983; Bregant 1984; Parzinger 1984; cfr. Dimitrijević 1979, 375 s).

Danes je splošno sprejeta Parzingerjeva tipološka delitev keramičnih najdb s kolišča Maharski prekop na dve stopnji, ki ustrezata horizontoma

<sup>2</sup> Dejansko je Dežman vedel najprej za kolišče ob Strojnovi vodi, ki je bilo odkrito leta 1875 (V. Dežmanovo kolišče po Korošču 1953), leta 1876 pa je izvedel tudi za kolišče v Iščici (cfr. Smole 1983, 146).



Sl. 1: Pogled na kole v Iščici - Spodnje mostišče 1.  
Fig. 1: A view of posts in the Iščica river-bed - Spodnje mostišče 1.

Ljubljansko barje III in IV (Parzinger 1984). Kolišče je tako postalo sinonim za "badensko kulturo" oziroma za obdobje v Sloveniji, ki je sočasno z razvojem badenske kulture v srednjem Podonavju.

V podoben časovni okvir spada tudi kolišče v Iščici, kar potrjujejo keramične najdbe (Harej<sup>3</sup> 1986, 18; Velušček 1997) in radiokarbonske datacije (Čufar et al. 1997).

### Spodnje mostišče 2

Koda najdišča: 081405.05

1. Spodnje mostišče 2; 2.-; 3. Ig; 4. Ig; 5. Ljubljana VIII;

*Lega:* Najdišče s koli in keramiko v Iščici leži približno 70 m zahodno od zahodnega roba najdišča Spodnje mostišče 1 (*karta 1: 2*).

*Zgodovina raziskav:* Najdišče je bilo uradno odkrito med leti 1970-1974 pri topografiji ob izkopavanjih na kolišču Maharski prekop (cfr. Velušček 1997, 83, op. 43), čeprav se zdi, da lahko upravičeno domnevamo, predvsem zaradi bližine najdišča Spodnje mostišče 1, da so Krakovski ribiči in Dežman že vedeli za kole tudi ob parceli št. 1256 k. o. Studenec-Ig.

Leta 1996 je bilo ugotovljeno s potapljanjem, da so kole ob parceli št. 1256 k. o. Studenec-Ig, in da so razporejeni v vrstah do sredine potoka. Naslednje leto smo s sodelavci izvedli vzorčenje lesa za potrebe dendrokronoloških raziskav.

*Kronologija:* Po Hareju se značilnosti gradiva, ki leži med koli v strugi, povsem prekrivajo z gradivom, ki ga je dalo izkopavano srednjeeneolitsko kolišče Maharski prekop (cfr. Harej 1986, 18).<sup>4</sup> Upravičenost datacije najdišča Spodnje mostišče 2 v srednji eneolitik pa zdaj potrjujejo tudi kronologija VMO-SM2 in z njo povezane radiokarbonske analize (glej v nadaljevanju).

### Hočevarica

Koda najdišča: 084303.02

1. Hočevarica; 2. -; 3. Blatna Brezovica; 4. Vrhnika; 5. Ljubljana VIII;

*Lega:* Kolišče Hočevarica je ob desnem bregu struge Ljubljanice in v istoimenskem jarku jugozahodno od osamelca Blatne Brezovice (*karta 1: 3*). Najdišče se nahaja na parcelah s št. 1885/2 k. o. Blatna Brezovica (reka Ljubljana), 1276 in 1277 k. o. Verd (jarek Hočevarica).

*Zgodovina raziskav:* 5. maja 1992 je Šemrov opazil med potapljanjem v Ljubljani kole in koliščarsko keramiko. Najdbe je izročil Narodnemu muzeju Slovenije v Ljubljani. Muzealci so najdišče

<sup>3</sup> Harej je pravilno označil lego koliščarske naselbine na okljuku Iščice in hkrati omenil, da so pri topografiji ob izkopavanjih na kolišču Maharski prekop med leti 1970-1974 odkrili zabite kole v strugi Iščice ob parcah št. 1256 in 1257 (Harej 1986, 18 in Karta 2). Iz besedila je še razvidno, da je Harej mislil samo na eno najdišče v Iščici, kar pa je v neskladju z dejanskim stanjem na terenu. Vzdolž okljuka Iščice ležita na desnem bregu parceli št. 1254 in 1255 (najdišče Spodnje mostišče 1), v razdalji okoli 90 m od okljuka pa parceli št. 1256 in 1257 oziroma najdišče Spodnje mostišče 2, zato ni popolnoma jasno na katero najdišče je mislil Harej z opisom. Za arheološke najdbe iz Iščice pa je vsekakor našel analogije v takrat izkopavanem gradivu s kolišča Maharski prekop.

<sup>4</sup> Glej op. 3.



Sl. 2: Jarek Hočevarica.  
Fig. 2: The Hočevarica ditch.

poimenovali "pri Verdu" (Bitenc - osebna komunikacija).

Dirjec je naslednji dan pregledal še na reko Ljubljanico pravokotno ležeč jarek Hočevarico, ki se ob najdišču izliva v Ljubljanico. V jarku je ponovno opazil kole ter keramiko. Po pripovedovanju je bila v steni jarka tudi dobro vidna kulturna plast. Najdbe, ki jih je nabral s topografskim obhodom, hrani Mestni muzej v Ljubljani (Dirjec - osebna komunikacija).

Leta 1995 smo opravili več topografskih obhodov jarka Hočevarice. Tako smo opazili, da se na nekaterih mestih izredno globok jarek sesuva sam vase in ogroža navpično zabite kole v steni jarka (sl. 2).

Zaradi tega smo se odločili, da za potrebe dendrokronoloških raziskav odvezamo vzorce kolov, ki gledajo iz stene ali iz dna jarka, in jih tudi ustrezno arheološko dokumentiramo. Vzorčenje

in dokumentiranje lesa smo izvedli v novembru in na začetku decembra 1995.

*Kronologija:* Leta 1995 je bil v steni jarka slučajno najden fragment keramične skledе. Povsem enako posodo poznamo s srednjeeneolitskega kolišča Maharski prekop (glej Bregant 1975, t. 32: 14), zato smo domnevali, da sta kolišči iz istega obdobja (Velušček 1997, 206), kar je bilo nedavno tudi potrjeno z rezultatom radiokarbonske analize vzorca kola iz Hočevarice (glej poglavje Radiokarbonsko datiranje v nadaljevanju; Čufar et al. 1997).

## MATERIAL IN METODA

### Vzorčno območje

#### *Spodnje mostišče 1*

Vzorčenje kolov na najdišču Spodnje mostišče 1 v Iščici smo izvedli v januarju in februarju 1996 pri temperaturah od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $-3^{\circ}\text{C}$ .<sup>5</sup>

Vzorčenje je potekalo pod vodno gladino, zato smo delo opravili z dvema ekipama potapljačev in dokumentaristom. Vsakemu kolu smo najprej določili identifikacijsko številko, koordinate in višino stičišča kola z dnem potočne struge. V prvi kampaniji vzorčenja smo za ugotavljanje koordinat uporabljali mrežo, narejeno s pomočjo dveh 30 metrskih trakov in natančno izmerjenih geodetskih točk, ki smo jih zastavili na obeh bregovih Iščice (izračun koordinat priskrbel M. Erič). Vse višine smo jemali z nivelirjem od nične točke. Na vsak izmerjen kol smo takoj pripeli identifikacijsko številko, napisano na pravokotni ploščici iz mehke plastike. Po končanem merjenju je sledilo jemanje vzorcev z ročno žago za les. Rezi so potekali večinoma prečno na kol v višini dna potočne struge. Pri vzorčenju smo ugotavljali in označili prisotnost skorje. Na bregu je dokumentarist vodil dokumentacijo. Po opravljenem vzorčenju je bil vsak vzorec izmerjen po dolžini in širini ter takoj nato shranjen skupaj z identifikacijsko številko, ki je bila napisana z vodoodpornim flomastrom na pravokotno 2,5 x 6 cm veliko plastično ploščico bele ali rumene barve v polietilensko vrečko. Vrečko z vzorcem smo z vezico zaprli in jo pripravili za transport oziroma za nadaljnjo obdelavo najprej na Oddelku za arheologijo Filozofske fakultete in kasneje v Katedri za

<sup>5</sup> Nizke temperature so se zaradi zamrznjenih bregov Iščice izkazale kot zelo primerne za delo na sicer blatnem in neprehodnem potočnem bregu. Tudi vodno rastlinje je manj bujno, zato so koli bolj vidni.



Sl. 3: Vzorčenje kolov v Iščici - Spodnje mostišče 1.  
Fig. 3: Sampling of posts in the Iščica river-bed - Spodnje mostišče 1.

tehnologijo lesa na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

V februarjem delu akcije smo uporabljali podobno metodologijo jemanja vzorcev kot v prvi kampaniji s to razliko, da smo namesto metrskih trakov in nivelirja uporabljali elektronski teodolit z razdaljemerom WILD TC 600 in optično prizmo. Vsakemu kolu smo najprej določili identifikacijsko številko, koordinate in ustrezno višino. Meritve je izvedla ekipa, sestavljena iz dveh potapljačev in geodeta. Po opravljenih meritvah je en potapljač z ročno žago rezal vzorce kolov v višini dna potoka, drugi pa je na priročnem splavu vzorce sprejemal (sl. 3). Vzorce smo kasneje pripravili za transport po že ustaljenem postopku.

V okviru območja vzorčenja smo dokumentirali 668 kolov oziroma vzorcev. Povprečna višina mesta, kjer smo kole odrezali, oziroma potočnega dna je znašala od 287,20 do 287,70 m; povprečna dolžina odrezanih vzorcev pa je bila med 15 in 20 cm.

### Spodnje mostišče 2

Vzorčenje kolov na najdišču Spodnje mostišče 2 v Iščici smo izvedli v januarju 1997 pri temperaturi okoli  $-1^{\circ}\text{C}$ .

Delo smo opravili z dvema ekipama potapljačev, geodetom in dokumentaristom. Tudi na tem odseku je delo potekalo pod vodno gladino. Na najdišču Spodnje mostišče 2 smo metodologijo pobiranja vzorcev nekoliko spremenili, in to predvsem zaradi težav na katere smo naleteli pri vzorčenju leta 1996. Pri vsakemu kolu smo najprej preverili prisotnost skorje in takoj nato prečno odrezali vzorec dolžine od 5 do 20 cm. Vzorcju smo nato pridali identifikacijsko številko. Z optično priz-

mo in elektronskim teodolitom z razdaljemerom WILD TC 600 smo vzeli koordinate in višino odrezanega mesta v središču kola, ki je ostal v Iščici. Vzorec je bil nato spravljen v polietilensko vrečko skupaj z identifikacijsko številko na priročnem splavu. Z brega je ves postopek stalno spremljal dokumentarist, ki je vodil dokumentacijo. Na bregu smo vzorec ponovno pregledali in ugotavljali njegovo dolžino ter premer. Vzorec je bil nato ponovno shranjen v polietilensko vrečko in pripravljen za transport oziroma za nadaljno obdelavo na Katedri za tehnologijo lesa na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete.

V okviru območja vzorčenja smo dokumentirali 60 kolov oziroma odvzeli prav toliko vzorcev.

### Hočevarica

Vzorčenje smo izvedli v novembru in decembru 1995 pri temperaturah okoli  $0^{\circ}\text{C}$ .

Na območju jarka smo zaradi arheološkega dokumentiranja lege kolov označili dve pravokotni mreži. V okviru mrež 1 in 2 smo dokumentirali 85 kolov oziroma vzorcev (mreža 1 (49); mreža 2 (36)), ki smo jih vrisali na milimetrski papir v merilu 1:10. Po opravljenem risanju je vsak vzorec dobil identifikacijsko številko, s katero smo označili kole na risbi. Vse vzorce oziroma kole smo rezali prečno, pod pravim kotom. Za rezanje vzorcev smo uporabljali ročno žago in zložljivo lopato. Povprečna dolžina odvzetih vzorcev je znašala nekaj več kot 10 cm. Odrezani vzorec smo nato dali skupaj z identifikacijsko številko, vpisano na pravokotni plastični ploščici v polietilensko vrečko ter jo neprodušno zaprli. Po opravljenem vzorčenju smo vzorce izročili Oddelku za arheologijo Filozofske fakultete oziroma Katedri za tehnologijo lesa na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete.

Velušček

### Determinacija lesa, analize širin branik in odvzem lesa za radiokarbonsko datiranje

Raziskave smo opravili na kolutih lesa, odvzetih s kolov. Za opazovanje z lupo smo globoko zamrznjenim vzorcem s kirurškim skalpelom zgladili površino. Za svetlobno mikroskopijo smo pripravili poltrajne preparate lesa debeline 20 mm. Lupno in mikroskopsko determinacijo lesa smo opravili

v skladu z viri (Grosser 1977; Schweingruber 1982 in 1990; Torelli 1991).

Pri vseh vzorcih hrastovine (*Quercus* sp.) in jesenovine (*Fraxinus* sp.) smo prešteli število branik in za merjenje širin branik izbrali le vzorce, ki so vsebovali 30 ali več branik. Merjenje je potekalo s pomično mizico LINTAB z ročnim pomikom, izdelovalca Rinna in stereo mikroskopa Olympus SZ 11. Merilni mehanizem mizice je bil povezan z osebnim računalnikom s programom TSAP/X, ki ga je napisal Rinn.

Rezultate meritev smo grafično prikazali kot serije širin branik v odvisnosti od časa. Da bi se izognili napakam pri merjenju, smo na vsakem kolutu izmerili širine branik vzdolž dveh različnih radijev. Preverjene meritve dveh radijev smo združili v povprečje, ki smo ga uporabili za nadaljnje primerjave - sinhroniziranje - grafov različnih kolotov (cfr. Čufar, Levanič, Zupančič 1995; Levanič et al. 1997).

V ta namen smo grafe za posamezne vzorce kolov izrisali z matričnim tiskalnikom Epson LQ 300 na neskončni papir in jih med seboj optično primerjali na svetlobni mizi. Statistične primerjave smo izvedli s programom TSAP/X, ki je izračunal uveljavljene dendrokronološke parametre:  $t_{BP}$ , ki predstavlja t-vrednost po Baillie in Pilcherju (1973), koeficient časovne skladnosti (nem. Gleichläufigkeit) (Huber 1943; Eckstein, Bauch 1969) in indeks datiranja.

Vse serije, ki so izkazovale optično in statistično značilno ujemanje, smo združili v plavajoče nedatirane kronologije ločeno za hrastovino in jesenovino.

Pomembni podatki, zabeleženi ob meritvi, so bili še: prisotnost skorje, prisotnost terminalne branike, tj. branike tik pod skorjo, nastale pred posekom drevesa, in prisotnost stržena. Pri hrastu, kjer se les beljave in jedrovine barvno razli-

kujeta, smo določili tudi število branik v beljavi.

Po končanih analizah smo napojene vzorce shranili v polietilenskih vrečkah v vodi in brez prisotnosti zraka. Vsi vzorci so trenutno shranjeni na Katedri za tehnologijo lesa na Oddelku za lesarstvo.

Ko smo oblikovali plavajoče kronologije, smo izbrali po en vzorec lesa in vsakemu na enem do dveh mest odvzeli 10-20 branik, kar je ustrezalo približno 10-20 g zračno suhega lesa. Odvzeti les smo natančno dendrokronološko protokolirali in ga poslali dr. B. Kromerju v Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Radiometrische Altersbestimmung von Wasser und Sedimenten, Heidelberg, na radiokarbonsko datiranje.

## REZULTATI IN DISKUSIJA

### Lesne vrste

Rezultati determinacije lesa so prikazani v *tabeli 1*. Podatke o vrsti lesa smo vnesli v planum kolišča, kjer so bili vrisani posamezni koli. Iz risbe ni bilo mogoče razbrati nikakršnega prostorskega grupiranja kolov iste lesne vrste.

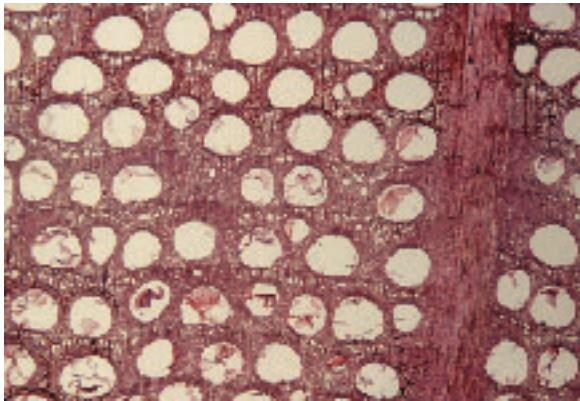
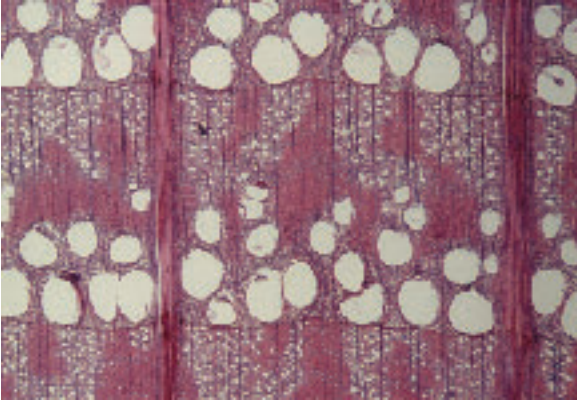
Iz *tabele 1* je razvidno, da sta bili prevladujoči lesni vrsti jesenovina in hrastovina, ki sta tudi najbolj obetavni za dendrokronološke raziskave.

Hrastovi vzorci so pripadali dobu (*Quercus robur* L.) in gradnu (*Quercus petraea* Liebl.). Drevesa obeh hrastov je mogoče zanesljivo razlikovati po zunanjih znakih, kot so listi, plodovi itd., medtem ko ni mogoče zanesljivo razlikovati les obeh vrst (Grosser 1977; Schweingruber 1982 in 1990; Eckstein in Richter - osebna komunikacija). Kljub ekološkim razlikam vrsti odlikuje velika dendrokronološka podobnost (Schweingruber 1992), tako da ju v dendrokronologiji obravnavamo skupaj kot hrast (*Quercus* sp.). V Sloveniji uspeva tudi

	Kolišče - Pile dwelling		
	Spodnje Mostišče 1 (1)	Spodnje Mostišče 2 (2)	Hočevarica (3)
<i>Abies</i> sp. - jelka / fir	-	-	8 %
<i>Acer</i> sp. - javor / maple	9 %	31 %	2 %
<i>Alnus</i> sp. - jelša / alder	7 %	1 %	5 %
<i>Corylus</i> sp. - leska / hazel	1 %	-	-
<i>Fraxinus</i> sp. - jesen / ash	23 %	15 %	69 %
<i>Populus</i> sp. - topol / poplar	-	-	1 %
<i>Quercus</i> sp. - hrast / oak	60 %	53 %	15 %
Skupno število vzorcev / Total number of samples	628	62	85

Tab. 1: Kolišča Spodnje mostišče 1 in 2 ter Hočevarica: rezultati determinacije lesa.

Table 1: The Spodnje mostišče 1, 2 and Hočevarica pile dwellings: the results of wood analysis.



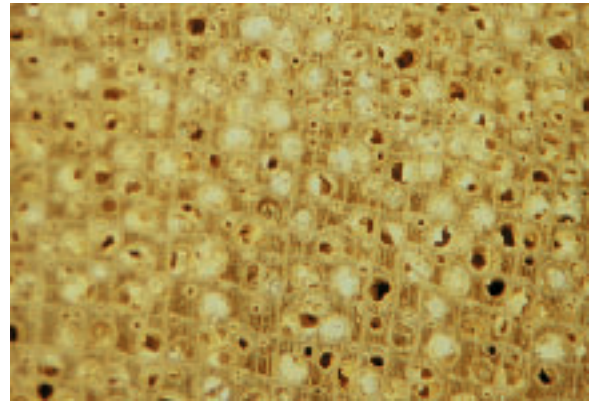
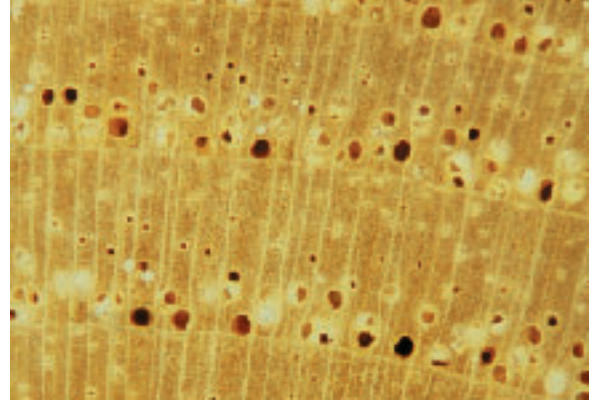
Sl. 4: Prečni prerez hrastovine (A) s širokimi branikami in (B) z izjemno ozkimi in zamaknjnimi branikami. Mikroskopski preparat.

Fig. 4: A cross-section of oak (A) with wide tree-rings and (B) with extremely narrow and displaced tree-rings. A microscopic preparation.

cer (*Quercus cerris* L.). Les cera je mogoče zanesljivo razlikovati od lesa doba in gradna (Richter - osebna komunikacija), vendar v našem primeru nobeden od raziskanih vzorcev ni pripadal ceru.

Hrastovino odlikujejo pravilne in razločne enoletne prirastne plasti - branike, z razločnimi mejami med njimi - letnicami (cfr. Torelli 1990) (sl. 4: A). Zaradi venca velikih trahej premera nad 200  $\mu$ m v ranem lesu, hrastovina spada med venčastoporozne lesne vrste. Zaradi fizioloških in funkcionalnih posebnosti lesnega tkiva mora branika pri hrastu nastati vsako leto. Pri hrastu ne pričakujemo težav zaradi izpada branik, nastopajo pa težave pri merjenju širin branik kadar so izjemno ozke ali zamaknjene (sl. 4: B).

Hrastovina je lesna vrsta z obarvano jedrovino (črnjavo), ki se barvno jasno loči od svetle beljave (cfr. Torelli 1990). Jedrovina je naravno zelo trajna, beljava pa je podvržena biološkemu razkroju. Število branik v beljavi je odvisno predvsem od starosti drevesa ter dimenzij debla in krošnje, vendar je pri vgrajenem lesu, kjer je ohranjena vsaj ena branika beljave, mogoče oceniti koliko branik manjka. Podatek o številu ohranjenih branik v beljavi zelo olajšuje sinhroniziranje in datiranje. Pri arheološkem lesu je jedrovina črna, beljava pa sivo rjava in ju je mogoče barvno jasno razlikovati. Predvsem zaradi velike naravne trajnosti jedrovine, je hrastovina v Evropi najpogostejši arheološki les. Pri vzorcih s kolišč je bilo težko najti vzorce s popolno beljavo. Navadno je manjkalo nekaj perifernih branik.



Sl. 5: Prečni prerez jesenovine (A) s širokimi in (B) z ozkimi branikami. Arheološki les slikan s stereomikroskopom. Fig. 5: A cross-section of ash with (A) wide and (B) narrow tree-rings. The archaeological wood is photographed using a stereomicroscope.

V našem primeru je za dendrokronološke raziskave enako pomembna jesenovina, saj ta poleg hrastovine predstavlja najpogostejši arheološki les na Ljubljanskem barju (cfr. Culiberg, Šercelj 1991). Rod *Fraxinus* je pri nas najpogostejše zastopan z velikim jesenom (*Fraxinus excelsior* L.) in malim jesenom (*Fraxinus ornus* L.). Lesa obeh vrst lesnoantomsko ne moremo zanesljivo razlikovati. Jesenovina je venčastoporozna lesna vrsta s pravilnimi in razločnimi branikami. Težave pri merjenju širin branik nastanejo predvsem takrat, kadar so branike izjemno ozke (sl. 5).

## Analize širin branik in kronologije

### Spodnje mostišče 1

Spodnje mostišče 1 predstavlja najdišče, kjer smo odvzeli največje število vzorcev. Prevladovali so koli s premeri 7-15 cm. Od skupno 372 hrastovih kolov je bilo 109 radialno klanih. Ostali koli iz hrastovine in drugih vrst lesa niso bili klani. Iz premera kola v splošnem ni bilo mogoče sklepati na število branik. Iz *slike 6* je razvidno, da so prevladovali koli z manj kot 41 branikami, zato smo merjenje širin branik opravili le na 62 vzorcih hrastovine in 28 vzorcih jesenovine.

Ob odvzemu lesa na terenu smo le pri 55 vzorcih zabeležili prisotnost skorje, ki je pri razrezu in pripravi lesa za transport v dendrokronološki laboratorij navadno odpadla. Zaradi vodnega toka je bil navadno erodiran periferni del kolov, tako da je manjkalo več branik. Odsotnost skorje in branike neposredno pod njo, degradirana periferija, majhno število branik in številne individualne rastne posebnosti so zelo oteževale dendrokronološke analize.

Oblikovali smo tri kronologije, dve hrastovi in eno jesenovo, ki so prikazane na *sliki 7*. Kronologija VMO-QUSP1 je dolga 91 let, VMO-QUSP2 150 let in VMO-FRSP1 95 let. Krivulja na sliki

kaže povprečne širine branik v posameznem letu, površina pod krivuljo pa prikazuje število vzorcev.

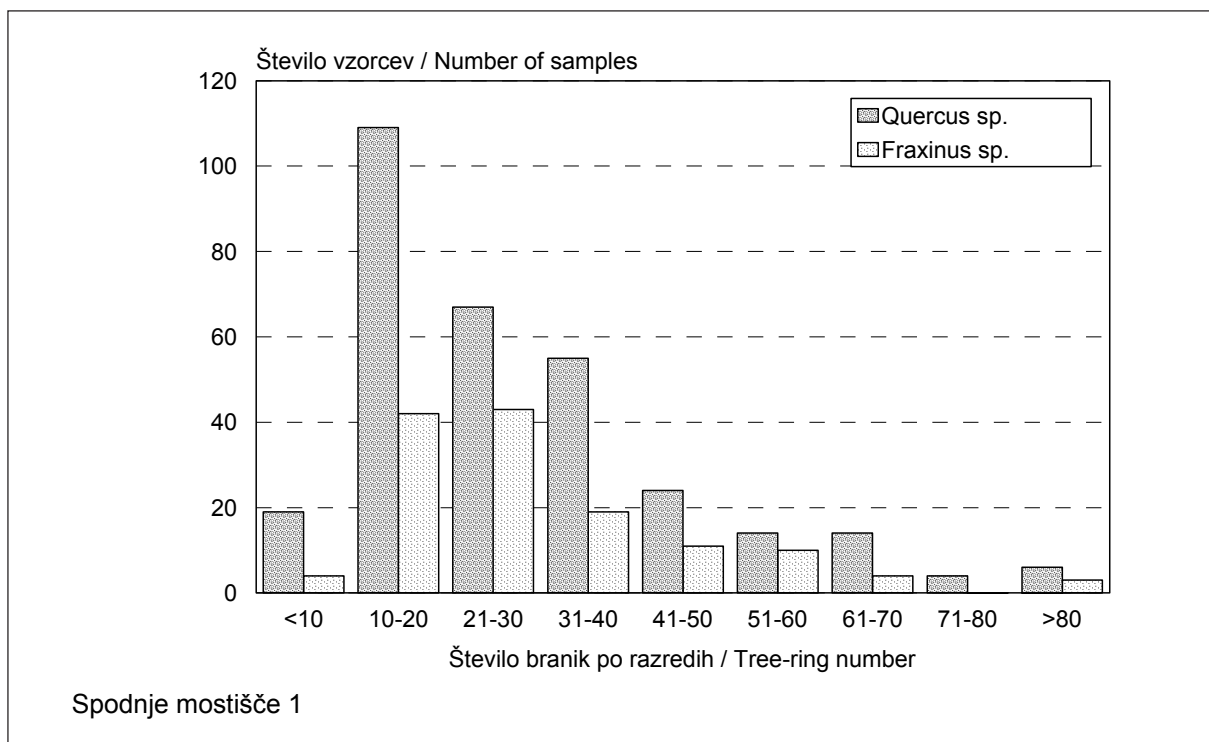
Kronologija VMO-QUSP1 temelji na hrastovih kolih z manjšim številom branik. Koli so bili vgrajeni s časovnimi zamiki po nekaj let. Koli, vključeni v VMO-QUSP2, so bili večinoma klani in so imeli večje število, tj. do 150 branik. VMO-FRSP1 zajema le jesenove kole.

### Spodnje mostišče 2

Zaradi izboljšane načina vzorčenja je bila za razliko od Spodnjega mostišča 1 pri večini od 60 vzorcev iz Spodnjega mostišča 2 prisotna zadnja branika pod skorjo. Širine branik smo izmerili pri 14 vzorcih hrasta. Le 8 smo jih uporabili za sestavo 116 let dolge hrastove kronologije SM2-QUSP3 (*sl. 7*).

### Hočevarica

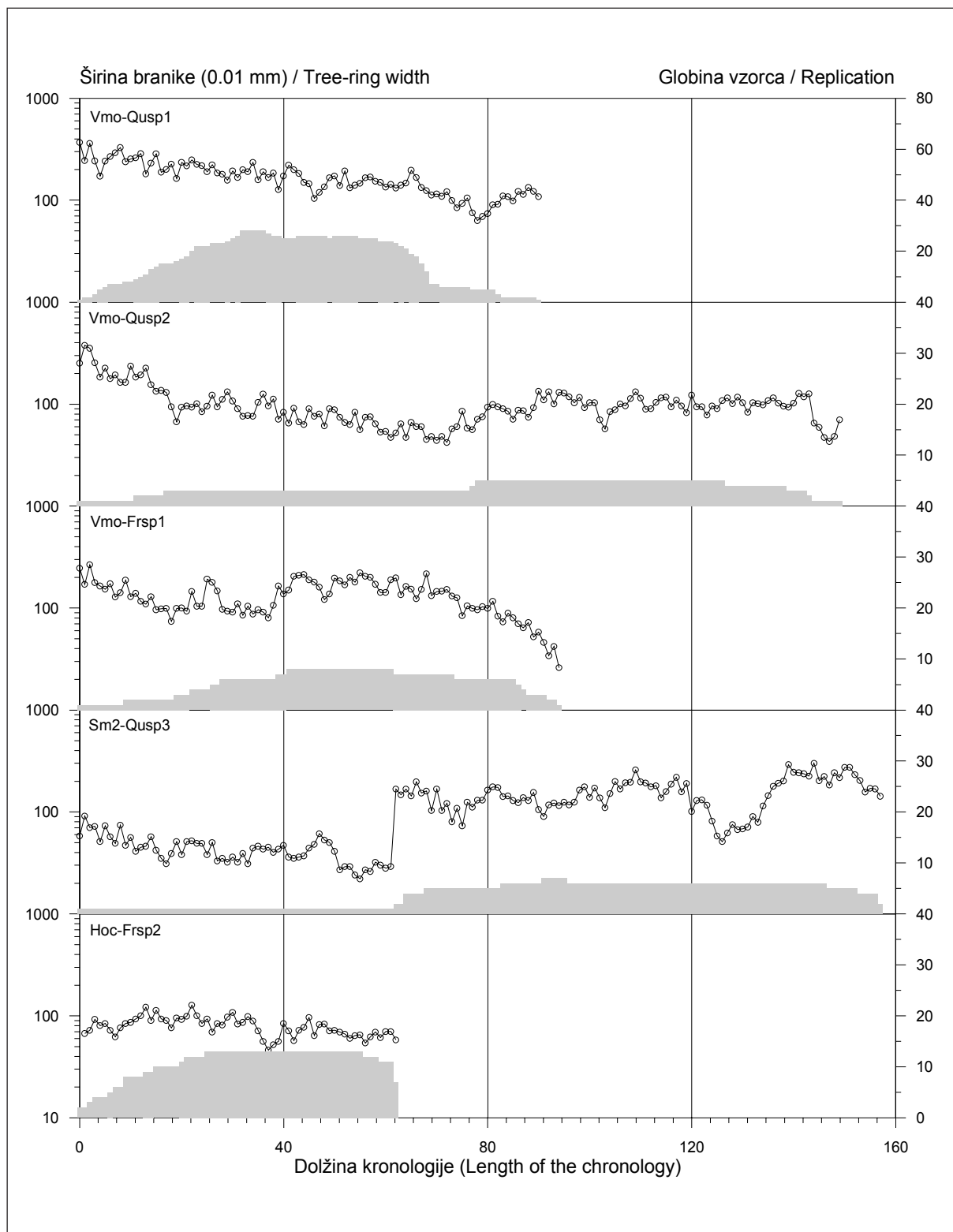
Za dendrokronološke meritve je bilo primernih 45 vzorcev jesena in 8 vzorcev hrasta. Les je bil v splošnem lepo ohranjen. Praviloma je bila prisotna terminalna branika, kar je močno olajšalo sinhroniziranje. Oblikovali smo plavajočo kro-



Sl. 6: Kolišče Spodnje mostišče 1: pregled števila vzorcev z določenim številom branik.

Fig. 6: The Spodnje mostišče 1 pile dwelling: the number of samples with certain numbers of tree-rings.





Sl. 7: Nedatirane plavajoče kronologije hrasta iz Spodnjega mostišča 1 (VMO-QUSP1 in VMO-QUSP2) in Spodnjega mostišča 2 (SM2-QUSP3) ter jesena iz Spodnjega mostišča 1 (VMO-FRSP1) in Hočevarice (HOC-FRSP2). Vrednosti na krivulji predstavljajo povprečne širine branik v odvisnosti od časa, stolpci pa globino vzorca. Časovna os ni datirana.

Fig. 7: Non-dated floating oak chronologies from Spodnje mostišče 1 (VMO-QUSP1 and VMO-QUSP2) and Spodnje mostišče 2 (SM2-QUSP3) as well as ash chronologies from Spodnje mostišče 1 (VMO-FRSP1) and Hočevarica (HOC-FRSP2). The values on the curve represent the average width of tree-rings relative to time, while the columns represent the depth of the sample. The time axis is not dated.

nologijo jesena HOC-FRSP2, dolgo 63 let (*sl. 7*). V kronologiji je zajetih 13 najdaljših serij branik.

### Relativno datiranje kronologij

Ob zaključku raziskav na najdišču Spodnje mostišče 1 poleti 1996 ni bilo mogoče statistično zanesljivo ugotoviti ali je bil les iz dveh hrastovih in ene jesenove kronologije posekan in vgrajen v istem časovnem obdobju. Šele kronologija VMO-SM2 iz Spodnjega mostišča 2, ki smo jo sestavili v začetku leta 1997 je omogočila, da smo zanesljivo relativno datirali vse hrastove in eno jesenovo kronologijo iz Spodnjega mostišča 1 in 2. V *tabeli 2* so prikazani statistični kazalniki ujemanja kronologij VMO-QUSP1, VMO-QUSP2 in VMO-FRSP1 s kronologijo SM2-QUSP3. Ker so koeficienti skladnosti v vseh primerih nad 65,  $t_{BP}$  nad 4 in indeksi datiranja nad 80, je pravilnost relativnega datiranja kronologij statistično potrjena.

Rezultat združitve vseh kronologij je 206 let dolga plavajoča kronologija VMO-SM2 za Spodnje

mostišče 1 in 2 (*sl. 8*). Ta kronologija predstavlja dobro izhodišče za bodoče absolutno datiranje.

Od vseh sestavljenih kronologij le za jesenovo kronologijo HOC-FRSP2 iz kolišča Hočevarica z dendrokronološkimi metodami nismo mogli ugotoviti časovnega prekrivanja s kronologijami iz Spodnjega mostišča 1 in 2.

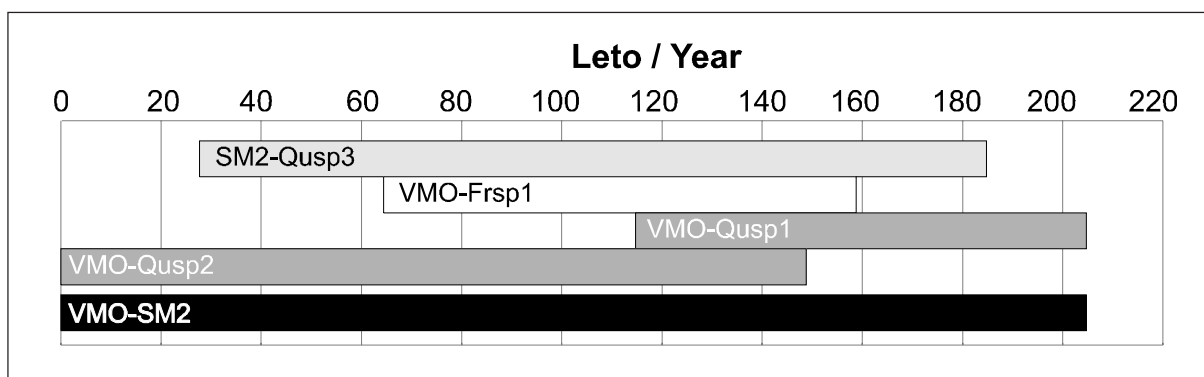
### Radiokarbonsko datiranje

Na podlagi analiz štirih vzorcev lesa iz kronologije VMO-SM2 je bila prva branika kronologije radiokarbonsko datirana 3630 do 3540 cal BC (1-sigma) oziroma 3740 do 3530 cal BC (2-sigma) (Čufar et al. 1997). V teku so analize dodatnih, natančno protokoliranih vzorcev. Glede na naravo kalibracijske krivulje v proučevanem obdobju pričakujemo, da bo z dodatnimi analizami natančno izbranega lesa mogoče določiti bistveno ožji časovni interval.

Radiokarbonski datum  $4808 \pm 29$  za kronologijo HOC-FRSP2 iz Hočevarice kaže na možno sočasnost te kronologije s kronologijo iz Spod-

Kronologija / Chronology	Prekrivanje / Overlap	Koeficient skladnosti / Gleichläufigkeit	$t_{BP}$	Indeks datiranja / Cross Date Index
VMO-QUSP1	71	73.9	4.1	110
VMO-QUSP2	122	72.9	4.2	111
VMO-FRSP1	95	69.4	4.3	80

Tab. 2: Statistični kazalniki ujemanja kronologij VMO-QUSP1, VMO-QUSP2 in VMO-FRSP1 s kronologijo SM2-QUSP3. Table 2: The statistical indications of chronological correspondence of the VMO-QUSP1, VMO-QUSP2 and VMO-FRSP1 chronologies with the SM2-QUSP3 chronology.



Sl. 8: Relativno datiranje treh hrastovih in ene jesenove kronologije iz Spodnjega mostišča 1 in 2 ter rezultirajoča kronologija VMO-SM2 dolžine 206 let. Orientacijski radiokarbonski datum za prvo braniko (levo) 3740 do 3530 cal BC (2-sigma).

Fig. 8: Relative dating of the three oak chronologies and one ash chronology from Spodnje mostišče 1 and 2 as well as the resulting VMO-SM2 chronology which spans 206 years. The initiatory radiocarbon date for ring 1 (left) spans from 3740 to 3530 cal BC (2-sigma).

njega mostišča 1 in 2. Pri tem je potrebno opozoriti, da je bil za Hočevarico določen en sam datum in glede na naravo kalibracijske krivulje časovnega razpona ne moremo določiti natančneje kot na  $\pm 150$  let.

### Relativno datiranje in gradbene aktivnosti na koliščih

Predstavljene kronologije omogočajo zanesljivo relativno datiranje vseh vzorcev lesa, ki so zajeti vanje, in s tem vpogled v potek gradbenih aktivnosti na proučenih koliščih. Na podlagi sočasno vgrajenih vzorcev lahko potrdimo štiri časovno ločene gradbene faze, ki so si sledile v razmikih 10, 26 in 20 let (sl. 9). Ker je pri večini vzorcev iz Spodnjega mostišča 1 manjkala skorja in nekaj branik pod njo, je možno, da so časovni zamiki faze nekaj let krajši.

Na načrtu (sl. 10) so koli iste faze označeni z enakim simbolom. Seveda prevladujejo koli, označeni s piko, ki jih ni bilo mogoče relativno datirati. To so vzorci hrasta in jesena, ki so imeli premalo branik ali preveč individualnih rastnih posebnosti ter koli iz drugih vrst lesa.

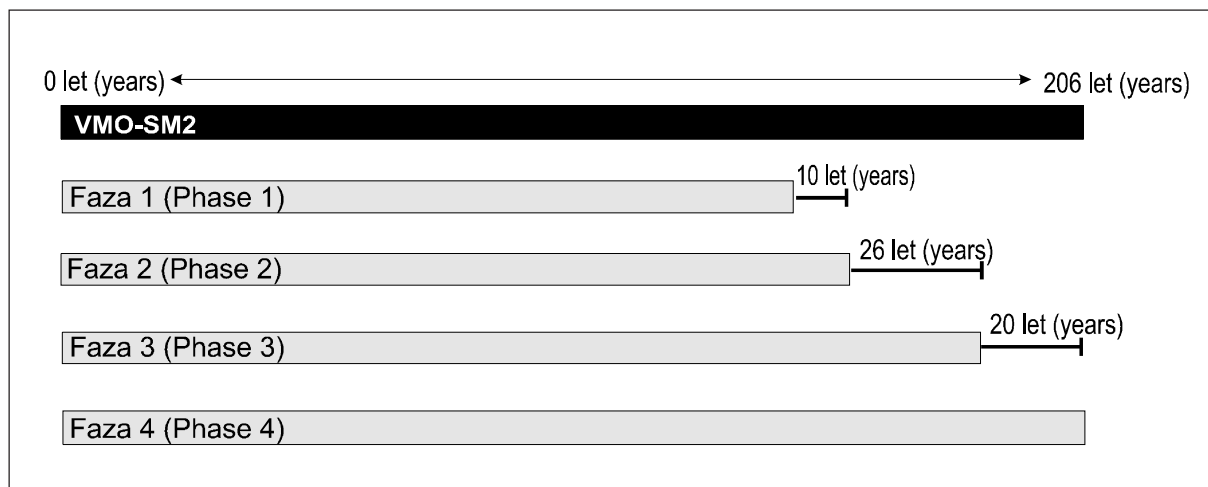
#### Opis gradbenih faz

IZ rezultatov, prikazanih na slikah 9 in 10, lahko sklepamo na spreminjanje poselitve na lokaciji v Iščici v obdobju 56. let. V najstarejši grad-

beni fazi (faza 1) sta bila postavljena na razdalji približno 90 m dva objekta oziroma dve manjši ploščadi na območju najdišč Spodnje mostišče 1 in 2. Deset let kasneje so bili zabiti novi koli (faza 2) na dveh mestih vzhodno in jugovzhodno od najstarejše gradbene faze na Spodnjem mostišču 1. V prvem primeru je šlo za širjenje kolišča proti vzhodu, v drugem primeru pa za novogradnjo skoraj 40 m jugovzhodno od najstarejše naselbine. 26 let je bilo potrebno, da je sledila nova gradbena aktivnost na najdišču Spodnje mostišče 1 (faza 3) in 36 let na Spodnjem mostišču 2 (faza 3). Rezultati kažejo, da so se na Spodnjem mostišču 1 pri gradnji (faza 3) skoraj dosledno izogibali kolov iz najstarejših gradbenih faz. Tako obdajajo koli tretje gradbene faze na Spodnjem mostišču 1 naselbinsko konstrukcijo predhodnih gradbenih faz (fazi 1 in 2), jugovzhodne "hiše ali ploščadi" pa ne dosežejo. 56 let po izgradnji prvih ploščadi (faza 1) oziroma 20 let po tretji gradbeni fazi so ponovno gradili na območju Spodnjega mostišča 1. Takrat zabiti koli se grupirajo na območju predhodne oziroma tretje gradbene faze. Po tem obdobju ni več zaznati gradbenih aktivnosti, zato se zdi, da sta bili lokaciji za kolišča kmalu nato dokončno opuščeni.

#### Izgledi za absolutno datiranje

Predstavljene kronologije kolišč pomenijo prvi in nujen korak k absolutnem datiranju, saj glede na naravo raziskanega lesa ni možnosti za da-



Sl. 9: Časovni zamik gradbenih faz na koliščih Spodnje mostišče 1 in 2 in njihova oddaljenost od prve branike kronologije. Primerjaj s sliko 10.

Fig. 9: The time gaps between building phases at the Spodnje mostišče 1 and 2 pile dwellings and their deviation from the first tree-ring chronologies. Compare with figure 10.

tiranje posameznih kolov. V Sloveniji nimamo referenčnih krivulj za datiranje plavajočih kronologij kolišč, zato bi bilo treba v nadaljevanju raziskati možnost za njihovo datiranje z referenčnimi krivuljami iz bližnjih geografskih regij, pri čemer bi radiokarbonska metoda pomagala pri določitvah čim ožjih časovnih intervalov.

Med večtisočletnimi evropskimi kronologijami prevladujejo kronologije hrasta. Najdaljša med njimi je južnonemška hrastova kronologija iz laboratorija Hohenheim, ki presega 10000 let. Sestavo kronologije je začel pokojni Becker (Becker, Schmidt 1990; Becker 1993), izboljšujejo in podaljšujejo pa jo njegovi nasledniki (cfr. Friedrich et al. 1996). Dolge kronologije so še na primer severnoirska, ki sega do 5479 pr. n. š. (Baillie 1995), angleška 4989 pr. n. š. (Baillie 1995), severnonemška do 6200 pr. n. š. (Leuschner, Delorme 1988; Leuschner 1992).

V alpskem prostoru v Nemčiji, Švici in Franciji deluje več laboratorijev, ki so sestavili in datirali kronologije za obdobje obstoja koliščarskih naselij. Tu naj omenimo predvsem laboratorij v Hemmenhofnu s kronologijami za obdobje neolitika in bronaste dobe (Billamboz 1992 in 1996).

Za območje južno od Alp trenutno trenutno še ni na razpolago natančno datiranih krivulj. V severni Italiji že več kot deset let potekajo sistematične dendrokronološke raziskave (cfr. Martinelli 1989 in 1990) in do danes so sestavili 16 lokalnih hrastovih kronologij za neolitsko obdobje ter zgodnjo in srednjo bronasto dobo. Iz devetih lokalnih kronologij je nastala 336 let dolga regionalna kronologija GARDA1 (Martinelli 1996). Ta sicer še ni dendrokronološko datirana, vendar so jo v sodelovanju z laboratorijem iz Heidelberga radiokarbonsko datirali 2171-1837 BC cal. z natančnostjo  $\pm 10$  let (Fasani, Kromer, Martinelli 1995; Martinelli 1996).

Razlog, da kronologije GARDA1 še ni bilo mogoče datirati s kronologijami iz južne Nemčije, je v premajhni podobnosti med kronologijami iz obeh regij.

V Sloveniji lahko pričakujemo podobne težave kot v severni Italiji. Dosedanji rezultati raziskav moderne hrastovine iz Slovenije namreč nakazujejo, da dendrokronološki signal hrasta ni značilno podoben niti znotraj Slovenije niti med Slovenijo in južno Nemčijo (Čufar, Levanič neobj.; Friedrich - osebna komunikacija).

Glede na količino jesenovih kolov na Ljubljanskem barju je za nas zelo pomembno tudi vprašanje datiranja jesenovih kronologij. Ker v Evropi ni nikakršne verjetnosti, da bi kdaj sestavili dolge referenčne jesenove kronologije, bi dendrokro-

nološko datiranje jesenovih kronologij lahko opravili le posredno s pomočjo hrastovih kronologij iz istega območja in obdobja. V pričujočem članku smo na primeru jesenove kronologije VMO-FRSP1 pokazali, da je na Ljubljanskem barju mogoče uspešno sinhronizirati jesenovo kronologijo s hrastovimi kronologijami, v našem priemru VMO-QUSP1, VMO-QUSP2 in SM2-QUSP3 iz Spodnjega mostišča 1 in 2. Na Katedri za tehnologijo lesa se nadaljujejo raziskave na rastočih hrastih in jesenih z Ljubljanskega barja, da bi dobili na današnji čas omejeno informacijo o dendrokronološki podobnosti obeh vrst.

*Čufar, Levanič*

## ZAKLJUČKI

Raziskave so potrdile, da sta bili hrastovina in jesenovina najpogosteje uporabljeni lesni vrsti za gradnjo kolišč na Ljubljanskem barju. Za sestavo kronologij in bodoče dendrokronološko datiranje so primerni le vzorci lesa hrasta in jesena, ki vsebujejo nad 45 branik. Vrednost vzorcev z manjšim številom branik za datiranje je zelo omejena. Vprašljiva je celo njihova uporaba za rekonstruiranje faz gradnje na koliščih.

Za uspešne analize mora biti les odvzet tako, da je po možnosti ohranjena zadnja branika pod skorjo. Na terenu morajo biti odvzeti vsi vzorci, saj je ocena primernosti za dendrokronologijo mogoča šele po zamudni pripravi lesa v laboratoriju. Kvalitetna priprava lesa je odločilna za pravilno merjenje in uspešno analizo.

Trenutni izgledi za dendrokronološke raziskave jelševine in javorovine, ki sta tudi pogosti na Ljubljanskem barju, so slabi.

Za bodoče absolutno datiranje je smiselno uporabiti le plavajoče kronologije, ki zajemajo kar največje število vzorcev. Preden se lotimo dendrokronološkega datiranja na podlagi obstoječih evropskih kronologij, je potrebno z radiokarbonsko analizo določiti časovni interval plavajoče kronologije. Smiselne so le radiokarbonske analize natančno dendrokronološko protokoliranih vzorcev.

Pri nas smo z radiokarbonsko analizo in prvimi orientacijskimi datumi potrdili na podlagi arheoloških najdb predpostavljeno obdobje obstoja kolišč.

Največ kar lahko pričakujemo je le absolutno datiranje hrastovih kronologij. Datiranje jesenovih kronologij z Ljubljanskega barja bo verjetno mogoče le, če bomo imeli na razpolago hrastovo kronologijo iz istega prostora in obdobja.

S predstavljenimi rezultati lahko opazujemo spremembe v poselitvi na lokaciji v Iščici v obdobju 56. let. Gradbene aktivnosti so si sledile v razmakih 10, 26 in 20 let. Ker so bili na vseh najdiščih raziskani le manjši deli kolišč, na vzorčnih ploskvah v nobenem primeru ni bilo mogoče rekonstruirati celotnih tlorisov naselbin.

Na Ljubljanskem barju je treba nadaljevati s sistematičnimi raziskavami lesa iz kolišč. S sondiranjem in vzorčenjem lesa na čimvečjem številu kolišč, ki smo jih doslej že evidentirali (glej Velušček 1997), bo mogoče vzpostaviti sprva relativen kronološki odnos med naselbinami ter jih kasneje tudi absolutno datirati.

### Zahvale

Laboratorijske raziskave so potekale v okviru bazičnega raziskovalnega projekta Dendrokronološke raziskave v Sloveniji, ki ga financira Mini-

strstvo za znanost in tehnologijo republike Slovenije.

Janezu Dularju z Inštituta za arheologijo ZRC SAZU in Niku Torelliju z Oddelka za lesarstvo se zahvaljujemo za podporo projekta in za pomoč pri delu. Matiji Brenku, Janezu ml. in Matiji Dirjecu, Miranu Eriču, Andreju Gaspariju, Matjažu Jakšetju, Aleksandri Nestorović, Alešu in Aleksandru Ogorelcu ter Tomažu Zajcu se zahvaljujemo za sodelovanje pri terenskem delu. Alenki Šivic, diplomantki lesarstva, se zahvaljujemo za veliko pomoč v lesnoanatomskem in dendrokronološkem laboratoriju ter Martinu Zupančiču za pomoč in svetovanje pri pripravi vzorcev, determinaciji lesa in izdelavi slikovnega gradiva. Zahvaljujemo se Barbari in Hubertusu Leuschner iz Göttingena ter Oliviji Pignatelli in Nicoletti Martinelli iz Verone za izčrpno pomoč pri osvajanju metodologije priprave vzorcev. Sigrid Wrobel iz Hamburga se zahvaljujemo za odločilno pomoč pri prvi fazi obdelave podatkov.

- BAILLIE, M. G. L. 1995, *A slice through time*. - London.
- BAILLIE, M. G. L. in J. R. PILCHER 1973, A simple cross-dating program for tree-ring research. - *Tree-Ring Bulletin* 33, 7-14.
- BECKER, B. in B. SCHMIDT 1990, Extension of the European oak chronology to 9224 years. - *PACT* 29, 37-50.
- BECKER, B. 1993, An 11,000-year German oak and pine dendrochronology for radiocarbon and Calibration. - *Radiocarbon* 35, 201-213.
- BILLAMBOZ, A. 1992, Tree-ring analysis from an archaeo-dendrological perspective. The structural timber from the South West German lake dwellings. - *Lundqua* 34, 34-40.
- BILLAMBOZ, A. 1996, Tree rings and Pile-dwellings in southern Germany: following in the footsteps of Bruno Huber. - V: *Tree rings, environment and humanity*, Radiocarbon, 471-483.
- BREGANT, T. 1964, Poročilo o raziskovanju kolišča in gradbenih ostalin ob Resnikovem prekopu pri Igu. - *Por. razisk. neol. eneol. Slov.* 1, 7-24.
- BREGANT, T. 1971, Ljubljana palafittes. - V: *Epoque préhistorique et protohistorique en Yougoslavie - Recherches et résultats*, UISPP-VIII<sup>e</sup> Congrès, Beograd, 212-214.
- BREGANT, T. 1974, Kolišče ob Maharskem prekopu pri Igu - raziskovanja leta 1970. - *Por. razisk. neol. eneol. Slov.* 3, 7-35.
- BREGANT, T. 1975, Kolišče ob Maharskem prekopu pri Igu - raziskovanja 1973. in 1974. leta. - *Por. razisk. neol. eneol. Slov.* 4, 7-114.
- BREGANT, T. 1984, Novi rezultati raziskav Ljubljanskega barja. - V: *Zgodovina Ljubljane*, Kronika, Ljubljana, 22-27.
- BUDJA, M. 1983, Tri desetletja razvoja teorij o poznem neolitu in eneolitu severozahodne Jugoslavije. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 11, 73-83.
- CULIBERG, M. in A. ŠERCELJ 1978, Ksilotomske in palinološke analize rastlinskih ostankov s kolišča na Partih pri Igu - izkopavanja leta 1977. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 6, 95-99.
- CULIBERG, M. in A. ŠERCELJ 1991, Razlike v rezultatih raziskav makroskopskih rastlinskih ostankov s kolišč na Ljubljanskem barju inpelodnih analiz - dokaz človekovega vpliva na gozd. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 19, 249-256.
- ČUFAR, K., T. LEVANIČ in M. ZUPANČIČ 1995, Slovenija, regija za dendrokronološke raziskave. - *Les* 47/5, 133-136.
- ČUFAR, K., T. LEVANIČ, A. VELUŠČEK in B. KROMER 1997, First chronologies of the eneolithic pile dwellings from the Ljubljana moor, Slovenia. - *Dendrochronologia* 15, v tisku (in print).
- DESCHMANN, K. 1876a, Die bisherigen Pfahlbautenfundamente auf dem Laibacher Moore. - V: *Laibacher Tagblatt*, 19. Oktober 1876.
- DESCHMANN, K. 1876b, Bericht über die Pfahlbautenaufdeckungen im Laibacher Moore im Jahre 1876. - *Dezemberheft des Jahrg. 1876 d. Sitzungsberichte der phil.-hist. Classe d. k. Akad. d. Wiss.* 84, 471-484.
- DIMITRIJEVIČ, S. 1979, Problem eneolita na istočnoj jadranskoj obali. - V: *Praist. jug. zem.* 3, 367-379.
- ECKSTEIN, D. in J. BAUCH 1969, Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. - *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 88, 230-250.
- FASANI, L., B. KROMER in N. MARTINELLI 1995, Tree-ring Bronze Age chronology in Northern Italy. - V: *Science and technology for safeguard of cultural heritage in the Mediterranean basin*, Catania-Siracusa, v tisku (in print).
- FRIEDRICH, M., J. HOFFMANN, S. REMMELE, M. SPURK, B. BECKER in B. FRENZEL 1996, Chronologies of the tree ring laboratory Hohenheim Institute of botany. - V: *Conference of the European dendrochronology workshop* 1996, Moudon, poster, (neob., unpubl.).
- GROSSER, D. 1977, *Die Hölzer Mitteleuropas*. - Berlin, Heidelberg, New York.
- HAREJ, Z. 1986, *Kultura kolišč na Ljubljanskem barju*. - Ljubljana.
- HUBER, B. 1943, Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung. - *Holz als Roh- und Werkstoff* 6, 263-268.

- JESSE, S. 1954, Poročilo o sondiranju v okolici Iga pri Ljubljani. - *Arh. vest.* 5, 95-111.
- JESSE, S. 1975, Ig. - V: *Arheološka najdišča Slovenije*, 181-182.
- KOROŠEC, J. 1953, Nova kolišča na Ljubljanskem barju. - *Arh. vest.* 4, 256-262.
- KOROŠEC, J. 1955, Oris predzgodovine Ljubljane. - V: *Zgodovina Ljubljane I*, 243-329.
- KOROŠEC, J. 1964, Kulturne ostaline na kolišču ob Resnikovem prekopu odkrite v letu 1962. - *Por. razisk. neol. eneol. Slov.* 1, 25-45.
- LEUSCHNER H. H. in A. DELORME 1988, Tree-ring work in Göttingen - Absolute oak chronologies back to 6266 BC. - *PACT 22- II.5*, 123-132.
- LEUSCHNER, H. H. 1992, Subfossil trees. - *Lundqua* 34, 182-190.
- LEVANIČ, T., K. ČUFAR, J. HUDOLIN in B. BENKO-MÄCHTIG 1997, Dendrokronološka analiza strešne konstrukcije župne cerkve sv. Jurija v Piranu. - *Annales* 9, v tisku (in print).
- LOŽAR, R. 1942, Stratigrafija in kronologija stavb na kolih pri Studencu. - *Glas. Muz. dr. Slov.* 23, 85-94.
- MARTINELLI, N. 1989, Indagine dendrocronologica su campioni lignei provenienti dall'insediamento di Lucone di Polpenazze (Brescia - Italia settentrionale). - *Dendrochronologia* 7, 97-104.
- MARTINELLI, N. 1990, Una cronologia della quercia per l'antica età del Bronzo dell'area benacense (Italia settentrionale). - *Dendrochronologia* 8, 141-150.
- MARTINELLI, N. 1996, Dendrocronologia e archeologia: le ricerche nel Veneto. - V: *Dalla terra al museo*, Catalogo della Mostra, Legnago, 185-190.
- MELIK, A. 1946, *Ljubljansko mostiščarsko jezero in dediščina po njem*. - Dela 1. razr. SAZU 5.
- PARZINGER, H. 1984, Die Stellung der Uferrandsiedlungen bei Ljubljana im äneolitischen und frühbronzezeitlichen Kultursystem der mittleren Donauländer. - *Arh. vest.* 35, 13-75.
- SCHWEINGRUBER, F. H. 1982, *Mikroskopische Holzana-tomie*. - Taufen (2. izd.).
- SCHWEINGRUBER, F. H. 1990, *Anatomie europäischer Hölzer*. - Bern und Stuttgart.
- SCHWEINGRUBER, F. H. 1992, *Baum und Holz in der Dendrochronologie*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. - Birmensdorf.
- SMOLE, M. 1983, Dežmanovi zapisi o odkrivanju mostišč na Ljubljanskem barju. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 11, 143-170.
- TORELLI, N. 1990, *Les in skorja (Slovar strokovnih izrazov)*. - Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- TORELLI, N. 1991, *Makroskopska in mikroskopska identifikacija lesa (Ključ)*. - Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- VELUŠČEK, A. 1997, *Metodologija naselbinskih raziskovanj na barjanskih tleh*. - Magistrska naloga, II. del, Oddelek za arheologijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana (neob., unpubl.).
- VUGA, D. 1979, Ig. - *Var. spom.* 22, 259.
- VUGA, D. 1982, *Ljubljansko barje v arheoloških obdobjih*. - Kulturni in naravni spomeniki Slovenije 118, Ljubljana.

## Dendrochronological investigations in the pile dwellings Spodnje Mostišče 1 and 2 and Hočevarica from the Ljubljana moor, Slovenia

### Summary

#### OBJECTIVES

The objective of the present study was to collect and identify the wood from three Eneolithic sites, to establish the first chronologies, and to discuss the possibility of their dating.

#### INTRODUCTION

The individual site position and situation as well as an historical review of investigations and the chronology shall be presented in the introduction.

#### Spodnje mostišče 1

Site code: 081405.04

1. Spodnje mostišče 1; 2. Veliko mostišče; 3. Ig; 4. Ig; 5. Ljubljana VIII.

*Situation:* The remains of pile-dwellings were discovered at a bend of the river Iščica, 375 m north-west of the nearest bridge, on land allotments no. 1255 and 1254 in the Studenec-Ig land-register commune, located on the fallow of Spodnje mostišče (*Map 1: 1*).

*Historical review:* The Iščica river-bed, west of the Iškovški štradon, was dug out probably during the first half of 1876 ("Einige Aushebungen jedoch mit der Bagger schaufel..."). While digging, various animal bones, pottery fragments, charcoal etc. were discovered at the turn of the river. The site of vertically sunk posts was known to the Krakovo fisherman already years before, however only the newly discovered material finds lead Deschmann along with Dr. Stöckl to observe the site and describe its circumstances on the 8th of July, 1876 (Smole 1983, 143; Deschmann 1876a; cf. e.g. Deschmann 1876b, 472, sketch; Melik 1946, 76; Jesse 1975, 182; Vuga 1982, 7 etc.).

Ložar erroneously interpreted Deschmann's description of the site and its circumstances as he exchanged the pile-dwelling in the river-bed along the fallow of Spodnje mostišče with the pile-dwelling that also lay in the Iščica river-bed, however along the fallow of V Partih (cf. Deschmann 1876b, 472, sketch; Ložar 1942, 88, note. 16). Melik was the first to locate the site on a map correctly (Melik 1946, map: Mostiščarsko jezero), while Korošec named this pile-dwelling site discovered by Deschmann (Korošec 1953, 256; 1955, 245; Bregant 1964, 7) to be termed number IV. Jesse later plotted the pile-dwelling a little too far removed from the Iščica river-bed (Jesse 1954, 95 ff, Drawing 1).

A topographic investigation of the Spodnje mostišče fallow was carried out in 1995. Numerous vertically sunk posts and occasionally also straight lines of poles were perceived

in the river-bed along the land allotments no. 1254 and 1255 in the Studenec-Ig land-register commune (*Fig. 1*).

Following detailed underwater investigations of the river-bed it was determined that samples shall be taken from the posts situated at the bottom of the river. Samples for dendrochronological analyses were taken in January and February, 1996, in co-operation with archaeology students, or rather, divers.

**Chronology:** The period during Bregant's activities in the Ljubljana moor are of some significance for a chronological evaluation of the pile-dwellings in the Iščica river-bed along the Spodnje mostišče fallow. Bregant lead the most extensive investigations of any of our pile-dwelling settlements. Between the years 1970 and 1977 she investigated the pile-dwelling site at Maharski prekop, which is located less than 200 m away from the Spodnje mostišče 1 site. The extensively planned field investigations, and consequently also the increased number of material finds, induced the determination that Maharski prekop, as well as a few other known pile-dwelling sites on the Spodnje mostišče fallow, could possibly pertain to different chronological periods. Perhaps they pertain to the same period as Deschmann's first pile-dwelling sites, or perhaps to the Bronze Age (cf. Korošec 1964, 35; Bregant 1971; 1974; 1975; Dimitrijević 1979, 375 ff etc.). This, however, would be in partial discordance with the radiocarbon analyses which indicate that the pile-dwellings are from the Middle Eneolithic, approximately dating to the 4th millennium BC (Bregant 1975, 49). Pollen analyses later confirmed these determinations (Culiberg, Šercelj 1978). These determinations were also soon accepted by archaeologists and the conception of a Bronze Age settlement at Spodnje mostišče was generally rejected (Budja 1983; Bregant 1984; Parzinger 1984; cf. Dimitrijević 1979, 375 f).

Today, Parzinger's typology of ceramic finds from the pile-dwellings at Maharski prekop is commonly accepted. It is divided into two stages that correspond to the Ljubljansko barje III and IV horizons (Parzinger 1984). The pile-dwellings have thus become a synonym for the "Baden culture", or rather, for a period in Slovenia that developed concurrently with the Baden culture in the middle Danubian area.

According to the pottery finds (Harej 1986, 18; Velušček 1997) and the radiocarbon dates (Čufar et al. 1997), the pile-dwellings in the Iščica river-bed may be attributed to a similar time frame.

### Spodnje mostišče 2

Site code: 081405.05

1. Spodnje mostišče 2; 2.-; 3. Ig; 4. Ig; 5. Ljubljana VIII.

**Situation:** The site, with posts and pottery sunken in the Iščica river-bed, lies approximately 70 m west from the western edge of the Spodnje mostišče 1 site (*map 1: 2*).

**Historical review:** The site was officially discovered between the years 1970 and 1974 during topographic investigations alongside excavations of the pile-dwelling site at Maharski prekop (cf. Velušček 1997, 83, note. 43). Nonetheless, it seems credible that, due to the proximity of the Spodnje mostišče 1 site, the Krakov fishermen and Deschmann probably already knew of the posts distributed in straight lines to the centre of the river-bed along the land allotments no. 1256 in the Studenec-Ig land-register commune.

In 1996 these posts distributed in straight lines to the centre of the river-bed along the land allotments no. 1256 in the Studenec-Ig land-register commune were discovered by divers. The following year samples of wood were taken for dendrochronological analyses.

**Chronology:** According to Harej, the characteristics of the ceramic material that lay between the posts in the river-bed are in complete accordance with the material rendered by the excavated Middle Eneolithic pile-dwelling site at Maharski prekop (cf. Harej 1986, 18). The VMO-SM2 chronology and its corresponding radiocarbon dates confirm that the Spodnje mostišče 2 site is attributed to the Middle Eneolithic (see below).

### Hočevarica

Site code: 084303.02

1. Hočevarica; 2.-; 3. Blatna Brezovica; 4. Vrhnika; 5. Ljubljana VIII.

**Situation:** The Hočevarica pile-dwelling is situated along the right bank of the Ljubljanica river-bed and in the Hočevarica ditch situated south-west of the isolated hill Blatna Brezovica (*map 1: 3*). The site is located on land allotment no. 1885/2 in the Blatna Brezovica (the Ljubljanica river) land-register commune, as well as no. 1276 and 1277 in the Verd (the Hočevarica ditch) land-register commune.

**Historical review:** On May 5th, 1992, Šemrov discovered posts and pile-dwelling pottery while diving in the Ljubljanica river. He presented the finds to the National Museum of Slovenia in Ljubljana. The site was then termed "near Verd" (Bitenc - personal communication).

The following day, Dirjec investigated the Hočevarica ditch that lies perpendicular to the Ljubljanica river. He also detected the posts and pottery. Presumably, a cultural layer could be clearly viewed in the wall of the ditch. The material finds that he collected during his topographic investigation of the area are preserved in the Municipal Museum in Ljubljana (Dirjec - personal communication).

Further topographic investigations of the Hočevarica ditch were carried out in 1995. It was observed that the extremely deep ditch was collapsing upon itself in certain areas and thus endangering the vertically sunken posts in the wall of the ditch (*Fig. 2*).

It was decided that for the purpose of dendrochronological analyses that samples would be taken from the posts in the wall and in the floor of the ditch. Sampling and documentation of the wood was carried out in November and the beginning of December, 1995.

**Chronology:** A fragment of a clay bowl was discovered in the wall of the ditch by chance in 1995. The same type of bowl is also recognised from the Middle Eneolithic pile-dwelling site at Maharski prekop (see Bregant 1975, Pl. 32: 14). Consequently, it would seem that the pile-dwellings pertain to the same chronological period (Velušček 1997, 206). This has also been confirmed by the results of the radiocarbon analyses of the post sample from Hočevarica (see the chapter concerning Radiocarbon Dating in this edition; Čufar et al. 1997).

## MATERIAL AND METHODS

### Sampling area

#### Spodnje mostišče 1

Samples were taken of posts at Spodnje mostišče 1 in the Iščica river-bed during the months of January and February, 1996, at temperatures between -10° C to -3° C.

Sampling was carried out below the water level by two teams of divers and documentalists. An identification number, co-ordinates and the height at which the post contacts the floor of the river-bed were recorded for each post. In our

first sampling efforts a site grid, assembled by two 30 m tape measures and precisely measured reference points established on each bank of the Iščica (calculation of the co-ordinates was provided by M. Erič), was used to determine the co-ordinates. All heights were measured from the nought reference point using an automatic level. An identification number written on a rectangular soft plastic plate was attached to each post as it was measured. Samples were then taken after all the measurements were recorded using a hand saw for wood. Transverse sections of the posts were cut at the level of the floor of the river-bed. The presence or absence of bark was determined and recorded during sampling. The documentalist would record all necessary documentation along the bank. After the length and width of each sample was recorded, the sample was stored in a plastic bag along with its identification number, written with a waterproof permanent marker on a rectangular (2.5 x 6 cm) white or yellow plastic plate. The plastic bags with samples were closed tightly using elastic bands and prepared for transport, or rather for further processing, first at the Department of Archaeology at the Faculty of Arts and later at the Professorship for the Technology of Wood at the Department of Wood Science and Technology at the Biotechnical Faculty in Ljubljana.

Our efforts continued in February along a similar line of methodology as that imposed in January with the additional modification of our using a WILD TC 600 electronic theodolite with a distance measurement module and an optical prism instead of the two tape measures and the automatic level. An identification number, co-ordinates and the appropriate height were measured and ascribed for each post. A team composed of two divers and a land surveyor took the measurements. Then one of the divers would cut the post samples with a saw at the level of the floor of the river-bed while the other diver would collect the samples on a float (Fig. 3). The samples were then prepared for transportation according to the above mentioned procedure.

A total of 668 samples of posts were collected within the sampling area. The average height of the floor of the river-bed, where the posts were cut, measured between 287.20 and 287.79 m; the average length of the cut samples measured between 15 and 20 cm.

#### *Spodnje mostišče 2*

Samples were taken of posts at Spodnje mostišče 2 in the Iščica river-bed during the month of January, 1997, at a temperature of approximately -1° C.

Sampling was carried by two teams of divers, a land surveyor and a documentalist. Samples were taken from below the water level. The sampling methodology at the Spodnje mostišče site was slightly altered in response to the difficulties encountered while sampling in 1996. First the presence or absence of bark was determined for each post, upon which a transverse section measuring between 5 and 20 cm was immediately cut. The sample was then ascribed an identification number. The co-ordinates and the height were measured where the sample was cut at the centre of the post remaining in the Iščica using an optical prism and a WILD TC 600 electronic theodolite with a distance measuring module. The sample was then preserved in a plastic bag together with its identification number on the float. The documentalist attended to and recorded the entire procedure from the river bank. The samples were checked again for their lengths and diameters once back on the river bank. The samples were then placed back in the plastic bags and prepared for transport, or rather for further processing, at the Professorship for the Technology of Wood at the Department of Wood Science and Technology at the Biotechnical Faculty in Ljubljana.

A total of 60 posts were recorded and sampled within the sampling area.

#### *Hočevarica*

Samples were taken of posts at Hočevarica during the months of November and December, 1995, at a temperature of approximately 0° C.

For the purpose of documenting the position of the posts, two perpendicular grids were marked in the area of the ditch. A total of 85 posts were documented and sampled within the grids 1 and 2 (grid 1 (49); grid 2 (36)), and drawn to a scale of 1:10. Each sample was then ascribed an identification number with which the posts on the drawing were also marked. All samples were transverse sections of the posts, cut at right angles. A hand saw and a collapsible shovel were used for cut the samples. The average length of the samples measured slightly more than 10 cm. The cut samples were then placed in plastic bags together with their identification numbers written on rectangular plastic plates and sealed tightly. All the samples were then transported to the Department of Archaeology at the Faculty of Arts and later to the Professorship for the Technology of Wood at the Department of Wood Science and Technology at the Biotechnical Faculty in Ljubljana.

#### **Wood identification, tree ring analyses, and the selection of wood for radiocarbon dating**

Microscopic wood identification was carried out in accordance with standard procedures following Grosser (1977), Schweingruber (1982; 1990), and Torelli (1991).

The tree ring widths were measured only among oak (*Quercus* sp.) and ash (*Fraxinus* sp.) tree samples containing more than 30 rings, however later analyses showed that generally only those series containing 45 tree-rings or more could be successfully cross-dated. The wood was observed under a stereo microscope and the tree-rings were measured using the LINTAB measuring device and the TSAP/X computer program, both produced by Rinn. It was difficult to measure extremely narrow rings. Adequate preparation of the wood cross-section was of great importance in such cases.

Measurements were made along two radii for each wood sample. Averages calculated for each sample were then plotted vs. time and cross-dated. The cross-dating was optical on a light table, and statistical with the help of the TSAP/X program which calculated the t-value after Baillie and Pilcher (1973), the "Gleichläufigkeit" coefficient (Huber 1943; Eckstein, Bauch 1969), and the date index. Features like the presence of bark, terminal rings, number of sapwood rings and presence of pith were documented. The tree-ring series in synchronous positions were used to build floating chronologies, separately for oak and ash. After the measurements were completed, the water soaked samples were stored in polythene bags.

One timber from four of the floating chronologies was selected for radiocarbon dating. Depending on the length of the chronology, one or two samples containing 20 tree-rings, i.e. approx. 10-20 g of air dry wood, were removed and dated by radiocarbon at the Heidelberg Academy of Sciences.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

### **Wood identification**

The results of wood identification are presented in Table 1. The species determined were ash (*Fraxinus*), oak (*Quercus*),



fir (*Abies*), alder (*Alnus*), maple (*Acer*), hazel (*Corylus*) and poplar (*Populus*). Among them oak and ash predominated (Fig. 4 and 5). In particular, sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.), pedunculate oak (*Quercus robur* L.), European ash (*Fraxinus excelsior* L.), and manna ash (*Fraxinus ornus* L.) prevail throughout the region.

The distribution of tree species was plotted on a ground plan of the dwelling. It was scattered and no specific grouping was indicated.

### Tree ring analyses and the chronologies

#### *Spodnje Mostišče 1*

Piles containing a low number of tree-rings at Spodnje Mostišče 1 predominated (Fig. 6). Consequently only 62 oak and 28 ash samples could be successfully cross-dated. The dimensions of the piles and the number of tree-rings did not necessarily correlate positively. It was often observed that the samples of larger dimensions contained less than 30 tree-rings and could not be used for dendrochronology. On the other hand, many of the samples with smaller diameters often contained a great number of extremely narrow tree-rings.

During the field work, bark was detected in only 55 samples. Pile peripheries were usually deteriorated due to water currents and thus the outer ring below the bark was absent. This and many individual variations of tree-ring widths made cross-dating difficult.

One ash and two oak chronologies were constructed and are presented in Figure 7. The VMO-FRSP1 chronology is 95 years long, the VMO-QUSP2 150 years, and the VMO-QUSP1 91 years. The curve on the graph presents the average tree-ring widths and the area represents its replication.

#### *Spodnje Mostišče 2*

Most samples from the Spodnje Mostišče 2 pile dwelling contained the outer tree-ring immediately below the bark. They provided the foundations for establishing the SM2-QUSP3 oak chronology spanning 116 years (Fig. 7).

#### *Hočevarica*

Tree-ring widths at Hočevarica were measured for 45 ash and 8 oak samples (Table 1). The wood was generally well preserved, usually containing the outer tree-ring. Figure 7 shows the 63 year long HOC-FRSP2 floating chronology of ash.

### Relative dating of the chronologies

When the chronologies of Spodnje Mostišče 1 were constructed in the summer of 1996 it was not yet possible to determine their overlap in time. Both oak chronologies and the one ash chronology from Spodnje Mostišče 1 could be linked in early 1997 when the SM2-QUSP3 chronology was constructed. The statistical parameters for their matching are shown in the Table 2.

As a result, the 206 year long VMO-SM2 floating oak chronology was constructed for the sites Spodnje Mostišče 1 and 2 (Fig. 8).

No overlap in time could be found between the chronologies from Spodnje Mostišče 1 and 2 with the one from Hočevarica.

Due to the complex structure of the calibration curve in the interval of the sequence, only the intervals between 3630

to 3540 cal BC (1-sigma) and 3740 to 3530 cal BC (2-sigma) were obtained for ring 1 of the VMO-SM2 chronology (c.f. Čufar et al. 1997). In order to obtain a narrower absolute age range, <sup>14</sup>C-measurements of additional material continue.

### Relative dating and building activities in the pile dwellings

The relative dating of the chronologies within and between two sites made it possible to consider building activities within the period of 56 years. The building activities followed each other at intervals of 10, 26 and 20 years (Fig. 9). The piles belonging to the different building phases are shown on a ground plan (Fig. 10). Those which belong to the same phase are indicated with the same mark.

From the presented results it may be inferred that originally two buildings, or rather smaller platforms, existed approximately 90 m apart from each other at the location of the river Iščica in the area of the sites Spodnje mostišče 1 and 2 in the oldest building phase (Phase 1). Ten years later new piles (Phase 2) were positioned to the east and south-east of the remains of the oldest building Phase 1. The former event manifested an expansion of the piles toward the east, while the latter event revealed a new building almost 40 m south-east of the oldest settlement location. Building activities continued 26 years later at the location of Spodnje Mostišče 1 (Phase 3) and 36 years later at the location of Spodnje Mostišče 2 (Phase 3). The results indicate that the piles from the oldest building phase at Spodnje mostišče 1 were almost entirely avoided during the later building Phase 3. Thus piles from building Phase 3 at Spodnje mostišče 1 were surrounded by the settlement structure of earlier building phases (Phases 1 and 2), yet they did not quite extend all the way to the south-eastern "house or platform". Fifty-six years after the first platform was constructed (Phase 1) or 20 years after the third building phase, building activities commenced anew in the area of Spodnje mostišče 1. These piles were positioned in the same area as those from the previous (Phase 3) building phase. No further building activities have been detected following this last building phase and thus it seems that these two locations were at length abandoned.

### Prospects for future dating

In Slovenia we do not have our own prehistoric reference chronology for dating. In order to obtain calendar dates for our floating chronologies it will be necessary to attempt to cross-date them with reference chronologies from other countries. To do this, the question of teleconnection and the likelihood of cross-dating ash and oak will play important roles.

The chronologies of pedunculate and sessile oak are the longest continuous reference chronologies in Europe. The south German chronology from the Hohenheim laboratory has broken the 10,000 years barrier. Construction of this chronology was co-ordinated by the late Becker (e.g. Becker, Schmidt 1990; Becker 1993) and it sustains constant improvement by the team from Hohenheim (Friedrich et al. 1996; Spurk and Friedrich - personal communication). Additionally, there are long continuous records for northern Germany reaching back to 6200 BC (Leuschner, Delorme 1988; Leuschner 1992), for Ireland reaching back to 5479 BC (Baillie 1995), and for England reaching back to 4989 BC (Baillie 1995). Efforts to construct long chronologies continue also in other laboratories and countries.

In the Alpine region of Germany, France and Switzerland many dated chronologies exist for the period of existence of pile dwellings. Among them are those from the labo-

ratory of Hemmenhofen with chronologies covering the period of the Neolithic and Bronze ages (Billamboz 1992; 1996).

Precisely dated prehistoric chronologies are still not available to the south and south-east of the Alps. The *Museo Civico di Storia Naturale* and the *Istituto Italiano di Dendrochronologia*, who started systematic work in the 1980's (e.g. Martinelli 1989; 1990), were the most successful in this region. Until now, they have constructed sixteen prehistoric oak chronologies from different locations in northern Italy for the Neolithic as well as the Early and Middle Bronze ages. Based on nine site chronologies, the 336 year long prehistoric regional GARDA 1 chronology was constructed (Martinelli 1996). This has not been dated yet because it was not possible to cross-match it with either of the long German references. On the other hand, it was possible to obtain very precise dates by using the wiggle-matching method. In co-operation with the Heidelberg Academy of Sciences, the GARDA 1 was dated by radiocarbon to 2171-1837 BC cal. with a narrow interval of  $\pm 10$  years (Martinelli 1996; Fasani, Kromer, Martinelli 1995).

Certain difficulties concerning the future dating of our floating chronologies from the Ljubljana moor with the existing European references may be foreseen on the grounds of previous experiences of our Italian colleagues.

Ash is also a frequent timber in the investigated sites. The question of its dating is of great importance. Since it is unlikely that a long ash chronology could be constructed in the future, it seems that only indirect dating of ash, by cross-matching it with oak from the same location, may be possible. Our results indicate that cross-dating oak and ash chronologies from the same region is feasible.

Although the results of cross-matched prehistoric chronologies are often in contradiction with the results from modern studies, we continue analyses of modern oak and ash from the Ljubljana moor to obtain an estimate of their cross-dating.

### Concluding remarks

Oak and ash were the most frequent species in the investigated pile dwellings. Identification of the wood and count-

ing of tree-rings was only possible following time-consuming preparation in the laboratory.

Timbers with a low number of tree-rings predominated from among the samples. Even those with great diameters often contained less than 30 tree-rings. In specimens with extremely narrow rings adequate preparation of cross-sections was essential to ensure correct measurements of the ring-widths. Only those samples containing more than 45 rings could be successfully cross-dated and used to build the floating chronologies.

We suggest the following steps for future dating: (1) radiocarbon dating of dendrochronologically documented wood, (2) cross-dating of ash chronologies with oak chronologies from the same region, and (3) an attempt at cross-dating oak chronologies with existing reference chronologies from the nearest geographic areas.

### Acknowledgements

Efforts were funded by the Ministry of Science and Technology of the Republic Slovenia and by the Scientific Research Centre of the Slovene Academy of Sciences and Arts.

We would like to express our gratitude to Niko Torelli, Janez Dular, and Dieter Eckstein for supporting the "Dendrochronological investigations in Slovenia" project. We would also like to extend acknowledgement to Matija Brenk, Janez jr., and Matija Dirjec, Miran Erič, Andrej Gaspari, Matjaž Jakše, Aleksandra Nestorović, Aleš and Aleksander Ogorelc, and Tomaž Zajc for their work in the field; Alenka Šivic and Martin Zupančič for their great help in the laboratory; Barbara Leuschner, Hubertus Leuschner, Nicoletta Martinelli, and Olivia Pignatelli for their very helpful instructions concerning the preparation of wood; and Sigrid Wrobel for her help to cross-match the problematic tree-ring series.

Dr. Katarina Čufar  
Oddelek za lesarstvo  
Biotehniške fakultete  
Večna pot 2  
SI-1000 Ljubljana

Dr. Tom Levanič  
Oddelek za lesarstvo  
Biotehniške fakultete  
Večna pot 2  
SI-1000 Ljubljana

Mag. Anton Velušček  
Inštitut za arheologijo  
Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU  
Gosposka 13  
SI-1000 Ljubljana