

METODOLOGIJA

Dendrokronologija - začetek konca ali konec začetka?

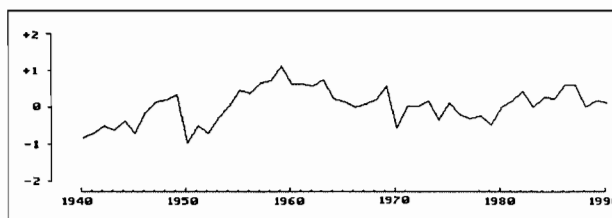
Namen prispevka je predstavitev dendrokronologije - osnovnih postopkov dendrokronoloških raziskav, njihovih omejitev, dometov takega načina določanja starosti, stanja raziskav po svetu in (nekoliko podrobneje) v nam bližjih regijah.

Morda najbolj drzno tezo o pomenu te discipline v okviru kronoloških raziskav sta podala avtorja predstavitev nekaterih najnovejših del o kronologiji v Evropi in na Bližnjem Vzhodu - napovemo lahko, da te knjige predstavljajo začetek (sicer dolgotrajnega) konca študij o prazgodovinski kronologiji (Harding in Tait 1989, 148) - in - kaže, da bodo mnogi pomembni kronološki problemi Evrope in Bližnjega Vzhoda razrešeni do konca stoletja (isto, 152).

Do neke mere je gotovo presenetljivo, da disciplina s tako perspektivo na našem prostoru praktično sploh ni prisotna. Kronološki problemi so v povojnem času stalni predmet zanimanja slovenskih arheologov, tako v prazgodovini, kot v mlajših, zgodovinskih obdobjih (o tem se lahko prepričamo že, če preletimo nekaj člankov, ki so za določeno obdobje programskega pomena, npr. Leben 1979; Gabrovec 1964/65; Korošec 1970/71). Zanimivo pa je, da je ugotavljanje sosledja časovnih horizontov pri nas ostajalo omejeno na določanje tipov v okviru materialne kulture (t.j. drobnih najdb, predvsem kovinskih in keramičnih) in njihovega časovnega uvrščanja na podlagi stratigrafije in primerjave z analognimi primeri iz časovno poznanih kontekstov. Metode naravoslovnih znanosti so le izjemoma našle mesto v kronoloških raziskavah. Predvsem mislimo na tistih nekaj letnic, ki jih je dalo ugotavljanje količine radioaktivnega ogljika z naših najdišč (npr. Bregant 1975, 49; Budja 1988, 50; Horvat 1988, 41). Razlikovanje med angloameriški in nemškimi metodološkimi prijemi in naša navezanost na slednje (Gabrovec 1984, 5), nam v tem primeru ne more razložiti odsotnosti naravoslovnih datacijskih metod, saj so v nemški arheologiji le-te praviloma zelo pogoste. Delno gre gotovo za to, da naravoslovne datacijske metode (in naravoslovne metode v arheologiji nasploh) zahtevajo precejšnja finančna sredstva in si jih pri nas enostavno nismo mogli privoščiti. Pomanjkanje takih metod v slovenski arheologiji pa je v bodočnosti vsekakor tema, vredna razmisleka in ukrepanja, vezanega na kadrovske oziroma organizacijske

posege. Za razliko od radiokarbonske datacijske metode torej dendrokronologija še ni postala orodje arheologije pri nas. Naj jo v kratkem predstavimo.

Dendrokronologija, se pravi kronologija iz dreves, je ena od naravoslovnih disciplin za določanje absolutne starosti, ki se v arheologiji nekako od šestdesetih let dalje vse bolj uveljavljajo v svetu. Osnovna podmena se opira na dejstvo, da drevesne letnice - kolobarji, ki nastajajo na drevesnem deblu med letno rastjo, niso vedno enako široke. Različna širina je pogojena z okoljem, v katerem drevo raste, se pravi z njegovimi spreminjajočimi se (predvsem klimatološkimi) faktorji. Tako so na primer v letih, ko so razmere za rast neugodne (suša, mraz), drevesne letnice ožje in obratno, v letih, ko so razmere za rast določene drevesne vrste primerne, so drevesne letnice širše. Zaradi tega se v drevesnem deblu z leti oblikujejo drevesne letnice z različnimi širinami, ki jih lahko izmerimo in grafično prikažemo, kot na primer na sl. 1.



Sl. 1

Vrednosti za širino drevesnih letnic v posameznem letu so lahko prikazane v mm, bolj običajno pa so podane relativno - kot odstopanje od izračunane aritmetrične sredine vseh letnic na izmerjenem drevesu. Na ta način ublažimo velike razlike, ki lahko nastopijo pri primerjavi vrednosti za različna drevesa. Poleg klimatološkega faktorja, ki praviloma na enak način pogojuje širino drevesnih letnic pri isti vrsti drevesa, nastopajo namreč tudi drugi dejavniki (npr. osvetljenost med letom, nag-njenost terena, na katerem drevo raste, bližina stalnega vodnega vira,...), ki vplivajo na večjo ali manjšo širino drevesnih letnic pri isti drevesni vrsti. Tako so drevesne letnice pri topolih, ki rastejo ob reki, v istem letu širše kot pri topolih, ki rastejo na bolj suhem terenu, četudi so klimatološke razmere enake za obe rastišči.

Na ta način lahko ugotavljamo sekvence širin drevesnih

letnic pri še živečih drevesih, ki lahko (odvisno od drevesne vrste) zaobjemajo v Evropi do nekaj stoletij, v severni Ameriki pa zaradi dolgoživosti bristleconskega bora (*Pinus longaeva*) celo nekaj tisočletij. Vzorce za merjenje letnic pri živečih drevesih jemljemo s posebnim svedrom, ki ga uporabljajo gozdarji in ki minimalno poškoduje drevo. Za arheologe pa je merjenje teh dreves šele prva stopnja pri vzpostavljanju v preteklost čim dlje segajočega sosledja.

Kombiniranje sekvenc iz še živečih dreves s tistimi, ki jih dobimo z raziskavami na lesu iz starih zgradb (cerkve, starejša poslopja), iz vode in vlažnih okolij (ostanki starih mostov, kolišča) ter na zoglenelih ostankih lesa iz arheoloških najdišč nas pripelje do vzpostavitve osnovne dendrokronološke sekvence za določeno drevesno vrsto v določeni regiji (kot primer glej sl. 2!).

Tako opisana osnovna načela dendrokronoloških raziskav so nujno poenostavljena, za njihovo boljše poznavanje pa lahko uporabimo nekaj priročnikov o naravoslovnih datacijskih metodah (npr. Bannister in Robinson 1975; Fleming 1976; Aitken 1990) ali pa knjige, ki so posvečene izključno predstavitvi dendrokronologije (Eckstein 1984; Schweingruber 1989; Fletcher 1978; Ward 1987). Po kvaliteti in sodobnosti gotovo prednjači Schweingruberjev izredno temeljit priročnik (leta 1983 je izšel v nemščini, leta 1989 so ga prevedli v angleščino), ki je tudi zelo bogato opremljen s fotografijami ter grafikoni.

Kljub temu je potrebno opozoriti na nekaj zanimivih elementov, ki jim raziskovalci dendrokronologije posvečajo posebno pozornost:

1. Nekatere vrste dreves so za dendrokronološke raziskave popolnoma neuporabne, saj ne tvorijo drevesnih letnic ali pa so te nerazpoznavne (npr. vse vrste palm). Nekatere drevesne vrste sicer dočakajo visoko starost, vendar so starejši primerki znotraj votli in prav tako neuporabni (oljka). Najpogostejše drevesne vrste v dendrokronologiji so hrast, macesen, jelka (Schweingruber 1989, 27 - 29), pa tudi bor, breza, bukev (Eckstein 1984, 44 - 46) in brin (Kuniholm in Striker 1987, 393 - 395). Vsaka vrsta ima svoje specifične lastnosti, ki jih je pri raziskavah potrebno upoštevati, načeloma pa velja, da so sekvence različnih drevesnih vrst med seboj nekompatibilne. Tako se za vsako regijo oblikujejo osnov-

ne dendrokronološke sekvence za vsako vrsto posebej (npr. t.i. 'oak master chronology').

2. Vzorca ki jih jemljemo za dendrokronološke raziskave, morajo obsegati dovolj veliko število drevesnih letnic, saj so le na ta način lahko primerljivi s starejšimi oziroma mlajšimi vzorci. Čim večje je število letnic, ki smo jih dobili, tem večja je zanesljivost njihove uvrstitve v osnovno dendrokronološko sekvenco. Običajno velja, da lahko vzorcem s preko 100 drevesnimi letnicami dokaj zanesljivo najdemo mesto v že postavljeni sekvenci, primerki z od 50 do 99 drevesnimi letnicami imajo za to skromne možnosti, vzorci z manj kot 50 letnicami pa so za uvrstitev premalo zanesljivi (Kuniholm in Striker 1983, 412; Eckstein 1984, 34). Pri vzpostavljanju osnovne dendrokronološke sekvence za določeno drevesno vrsto v neki regiji je zelo pomembno tudi to, da je prekrivanje med sosednjimi vzorci čim večje, če je le mogoče več kot 30 let. Shematski prikaz osnovne dendrokronološke sekvence na sl. 2 je zato zelo poenostavljen, saj se sosednje enote med seboj pokrivajo le z nekaj drevesnimi letnicami. Napaka pri določitvi take sekvence za hrast se je zaradi nezanesljivega 'vmesnega člana' zgodila v severni Grčiji (Kuniholm in Striker 1983, Fig. 3), kar sta avtorja ugotovila in v naslednjih letih korigirala (Kuniholm in Striker 1987, Fig. 3).

3. Ob primerjanju različnih sekvenc, zaradi vseh dejavnikov, ki pogojujejo neenako rast drevesnih letnic, zelo redko naletimo na popolno ujemanje med dvema vzorcema. Zaradi tega si poleg izdelovanja sekvence s pomočjo predhodnega izračuna aritmetične sredine, dendrokronologi pomagajo tudi z drugimi statističnimi operacijami (npr. s standardno deviacijo, izračunom t.i. t-koefficienta), ki določajo večjo ali manjšo verjetnost pokrivanja dveh sekvenc (t.j. večjo ali manjšo verjetnost, da sta sekvenci istočasni) (Schweingruber 1989, 81 - 93; Eckstein 1984, 11; Kuniholm in Striker 1983, 413, T. 1).

4. Izrednega pomena za raziskave je določitev klimatsko-geografske regije, v okviru katere se dendrokronološke sekvence iste vrste drevesa oblikujejo tako, da so med seboj primerljive. Sekvenca hrastovih drevesnih letnic se na primer na Irskem ne pokriva s tisto v srednji Evropi ali v severni Grčiji. Dosedanje raziskave so pokazale, da je navezava sekvenc na klimatske regije izredno



Sl. 2

zapletena. Po eni strani določene sekvence kažejo dobro pokrivanje na velike razdalje (npr. hrastova na Balkanu in v Mali Aziji, glej Kuniholm in Striker 1987, 386), pogosto pa lahko na sorazmeroma majhnem prostoru ugotovljamo pomembne razlike v sekvenci iste drevesne vrste (v Spodnji Avstriji lahko tako npr. ločijo štiri regije; za problematiko glej Schweingruber 1989, 95 - 141).

5. Določanje starosti obdelanega lesa (npr. tramovi kvadratnega preseka ali deske kot gradbeni elementi stavb, obdelane plošče kot podlaga za slike baročnih mojstrov) je pogosto oteženo, ker so najmlajše drevesne letnice z obdelavo praviloma odstranjene in zato ni mogoče določiti leta poseka oziroma razlike med najmlajšo ohranjeno in dejansko najmlajšo drevesno letnico. Dendrokronologi lahko v takih primerih ugotovljajo resnično starost drevesa z določitvijo meje med temnejšim osrednjim delom debla - srčevino ter svetlejšim zunanjim delom - drevesno belino. Slednja zaobjema določeno število drevesnih letnic, ki je sicer lahko (npr. pri hrastu) precej spremenljivo, njegova aritmetična sredina pa je ponavadi okoli 30 let (cfr. Eckstein 1984, 24). Če je pri obdelanem kosu lesa še ohranjen zunanji rob srčevine, lahko tako vsaj približno izračunamo dejansko starost drevesa oziroma leto njegovega poseka.

6. Poleg merjenja širine drevesnih letnic se vsi pomembnejši dendrokronološki laboratoriji ukvarjajo tudi z ugotavljanjem gostote lesa na zaporednih segmentih drevesnega debla s pomočjo rentgenskih žarkov (t.i. radiodensitometrija). V razponu letnega prirasta drevesa (t.j. ene drevesne letnice) tako lahko sledimo razmerju med spomladansko in zgodnje poletno rastjo (svetlejši oziroma redkejši del drevesne letnice) ter pozno poletno in jesensko rastjo (temnejši oziroma gostejši del dre-

vesne letnice). Dobljeni rezultati so pomembni za določanje klimatskih razmer v določenem letu, predstavljajo pa tudi koristno spremljavo osnovnim sekvencam, ki temeljijo na izmeri širine drevesnih letnic (Schweingruber 1989, 64 - 71).

Izredno številne dendrokronološke raziskave, ki jih od šestdesetih let dalje izvajajo v mnogih evropskih državah (Eckstein 1984, T. 1), so v osemdesetih letih dale bogate rezultate. V nekaterih primerih (Irska, Nemčija, Švica) je sosledje za hrast vzpostavljeno brez prekinitev od danes do neolitika. Kaj to pomeni, najbolj nazorno prikažejo impresivni rezultati raziskav na švicarskih in južnonemških koliščih, kjer so s pomočjo dendrokronologije (ter kalibriranih radiokarbonskih datacij) določili koledarske datume nastanka in zatona naselbin, ki so bile do tedaj datirane izključno z analogijami drobnih najdb (Eckstein 1984, 43; Krause, Becker in Kromer 1989; Petrasch 1984). Prav tako je dendrokronologija prispevala k dokončni potrditvi do tedaj presenetljivih in ne dokončno sprejetih kalibriranih radiokarbonskih datumov za neolitik in bronasto dobo tega prostora, ki so prestavili začetek neolitika iz časa okoli 3000 pr.n.š. v čas prehoda 6. v 5. tisočletje pr.n.š. ter začetek zgodnje bronaste dobe v čas zadnjih stoletij 3. tisočletja pr.n.š. (Chronologie 1986, Abb. 2).

V alpskem prostoru so tovrstne raziskave največ rezultatov dale v Švici in južni Nemčiji. To dokazuje, da si od dendrokronologije lahko obetamo uspeh le z dolgotrajnimi raziskavami, saj jih v severnoalpskem prostoru izvajajo že od šestdesetih let dalje (Schweingruber 1989, 149 - 151; Chronologie 1986). Tudi na južnem obrobju alpskega prostora se Italijani v zadnjih letih intenzivno posvečajo zbiranju vzorcev za dendrokronološke raziskave,

predvsem z neolitskih in bronastodobnih kolišč v pokrajini Tridentinsko - Zgornje Poadižje (Istituto italiano di dendrochronologia s sedežem v Veroni). V zadnjih letih izhajajo tudi prva poročila o raziskavah drevesnih letnic v Avstriji (omemba v Kuniholm in Striker 1987, 386; izvaja jih laboratorij na Univerzi na Dunaju).

Tudi južnobalkanski (predvsem grški) prostor je od sedemdesetih let dalje prizorišče pomembnega dendrokronološkega projekta z osnovnim namenom določiti osnovno sekvenco za hrast (Kuniholm in Striker 1983 in 1987). Rezultati so, glede na zadnjo objavo (medtem je gotovo že prišlo do sprememb), poznavanje sekvence za zadnjih 900 let, še pomembnejša pa je ugotovitev, da je sosledje drevesnih letnic za hrast iz severne Grčije zelo podobno in v največ primerih tudi primerljivo s prostorom od Male Azije do severnega Balkana. Gradbeni les iz kosovskega samostana Gračanica je pomemben člen v tej sekvenci (Kuniholm in Striker 1987, Fig. 3), vodji projekta pa sta analizirala še nekaj vzorcev iz centralno- in zahodnobalkanskega prostora, ki pa izhajajo iz antičnih ter prazgodovinskih najdišč in hiatus do njih še ni premoščen.¹ Peter I. Kuniholm je v sodelovanju z Narodnim muzejem iz Ljubljane analiziral nekaj kolov z Resnikovega prekopa na Ljubljanskem barju, vendar se je izkazalo, da imajo premalo drevesnih letnic in zato niso uporabni. Vzel je tudi vzorce iz lesenih najdb iz Dolnjega Lakoša (sr. br. doba), Ajdovskega gradca iz Vranja pri Sevnici (pozna antika) ter Ljubljanskega gradu (visoki sr. vek oz. novi vek), ki obetajo dobre rezultate (ti še niso znani).

Dendrokronologija je vsekakor disciplina z obetavno prihodnostjo tako za arheologijo, kot tudi za številne druge stroke (arhitekturo, umetnostno zgodovino, fitobiologijo, paleoklimatologijo, paleoekologijo, gozdarstvo,...). Bežen pregled po sosednjih regijah je pokazal, da je Slovenija še vedno bela lisa v prostoru, v katerem dendrokronološke raziskave intenzivno izvajajo. Zaradi precejšnjega stroška, ki ga zahteva postavitve laboratorija za dendrokronologijo, lahko možnosti za razvoj pri nas iščemo prav v povezavi naštetih strok, ki so za razvoj discipline nedvomno zainteresirane. Pri odločitvi za dendrokronološke raziskave na slovenskem prostoru bo potrebno razmišljati o dveh osnovnih smernicah. Prvič, raziskave bodo morale biti navezane na vzpostavljane

osnovne sekvence (predvsem za hrast, pa tudi za druge drevesne vrste) od danes v preteklost, kjer bi izhajali iz stoječih dreves k raziskavam lesa v starejših stavbah (cerkve, gradovi,...). Hkrati pa lahko razmišljamo tudi o raziskavah na ostankih lesa iz starejših obdobj (kolišča na Ljubljanskem barju, ostanki mostov v rekah, izruvana drevesa, ki so ohranjena v rekah in jezerih), ki bodo sprva nudila le delno, 'lebdečo' sekvenco, v prihodnosti pa si lahko obetamo, da bo časovni hiatus do njih premoščen. Hkrati pa bodo ti rezultati že takoj uporabni za primerjavo s sekvencami v nam bližnjih regijah.²

Naj se vrnemo k začetni trditvi Hardinga in Taita - dendrokronologija vsekakor ni tista čarobna paličica, ki bo v kratkem rešila vse kronološke probleme v arheologiji. Tudi ob njeni uveljavitvi lahko v prihodnosti pri nas pričakujemo le redka arheološka najdišča, ki bodo dala ustrezne vzorce (najboljši primer so kolišča na Ljubljanskem barju), ti pa bodo še vedno ostali vezani na redke najdiščne kontekste in bo metoda iskanja analogij za drobne najdbe iz njih še dolgo aktualna (glej tabelarne prikaze v *Chronologie* 1986, 198 ss!). Zato lahko povzamemo: dendrokronološka datacijska metoda gotovo ne bo nadomestila celotnega spektra kronoloških raziskav v arheologiji, predstavlja pa pomemben kvaliteten preskok v njihovem razvoju.

Opombi:

- 1 Pod pri Bugojnu, Donja Dolina, Ripač (starejša železna doba) in Kupres pri Livnu (bronasta doba) iz Bosne in Hercegovine ter Sisak (antika) iz Hrvaške (Kuniholm in Striker 1987, T. 3).
- 2 Pomembne informacije, ki sem jih uporabil v prispevku, so mi dali Neva Trampuž Orel in Timotej Knific (Narodni muzej) ter Otto Cichocki (Univerza na Dunaju). Zanje in za koristne pogovore se jim najlepše zahvaljujem.

Literatura:

- AITKEN, M. J. 1990. *Science-based Dating in Archaeology*.
- BANNISTER, B. in ROBINSON, W. J. 1975. "Tree-ring Dating in Archaeology", *World Archaeology* 7/2, 210 - 225.
- BREGANT, T. 1975. "Kolišče ob Maharskem prekopu pri Igu - raziskovanje 1973. in 1974. leta", *Poročilo o raziskovanju neolita in eneolita v Sloveniji* 4, 7 - 114.

- BUDJA, M. 1988. "Moverna vas", *Arheološki pregled* 29, 50 - 55.
- CHRONOLOGIE, 1986. *Chronologie. Archäologische Daten der Schweiz, Antiqua* 15.
- ECKSTEIN, D. 1984. *Dendrochronological Dating, Handbooks for Archaeologists No. 2.*
- FLEMING, S. 1976. *Dating in Archaeology. A Guide to Scientific Techniques.*
- FLETCHER, J. (ed.) 1978. *Dendrochronology in Europe, British Archaeological Reports Int. Series 51.*
- GABROVEC, S. 1964/65. "Halštatska kultura Slovenije", *Arheološki vestnik* 15-16, 21 - 63.
- GABROVEC, S. 1984. "Merhartova šola in njen pomen za slovensko arheologijo. Skica za študijo", *Arheo* 4, 5 - 10.
- HARDING, A. F. in TAIT W. J. 1989. "The Beginning of the End: Progress and Prospects in Old World Archaeology", *Antiquity* 63/238, 147 - 152.
- HORVAT, M. 1988. "Ajdovska jama pri Nemški vasi", *Arheološki pregled* 29, 40 - 43.
- KOROŠEC, P. 1970/71. "Kulturni in časovni oris slovenskega zgodnjega srednjega veka na območju Slovenije", *Arheološki vestnik* 21-22, 95 - 110.
- KRAUSE, R., BECKER, B. in KROMER, B. 1989. "Zur absoluten Chronologie der frühen Bronzezeit", *Germania* 67/2, 421 - 442.
- KUNIHOLM, P. I. in STRIKER, C. L. 1983. "Dendrochronological Investigations in the Aegean and Neighboring Regions, 1977 - 1982", *Journal of Field Archaeology* 10/4, 411 - 420.
- KUNIHOLM, P. I. in STRIKER, C. L. 1987. "Dendrochronological Investigations in the Aegean and Neighboring Regions, 1983 - 1986", *Journal of Field Archaeology* 14/4, 385 - 398.
- LEBEN, F. 1979. "Progress and Achievements of Thirty Years of Research into Early Prehistory in Slovenia", *Arheološki vestnik* 30, 29 - 40.
- PETRASCH, J. 1984. "Die absolute Datierung der Badener Kultur aus der Sicht des süddeutschen Jungneolithikums", *Germania* 62/2, 269 - 287.
- SCHWEINGRUBER, F. H. 1989. *Tree Rings. Basics and Applications of Dendrochronology.*
- WARD, R. G. W. (ed.) 1987. *Applications of Tree-ring Studies, British Archaeological Reports Int. Series 333.*
- Peter Turk