

Radiokarbonsko datiranje bronaste in starejše železne dobe - slovenska perspektiva

Radiocarbon Dating of the Bronze and Early Iron Age – The Slovenian Perspective

© Matija Črešnar

UL, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo

ZVKDS, Center za preventivno arheologijo

matija.cresnar@ff.uni-lj.si

Izvleček: Radiokarbonsko datiranje je najpogostejše uporabljen način datiranja organskih ostankov iz časa pozne prazgodovine, ki pa s seboj prinaša tudi nekatere pasti. Za slednje je po eni strani zaslužna sama narava tega procesa, po drugi strani pa smo zanje odgovorni tudi arheologi, saj naša neposvečenost v tematiko lahko ogrozi relevantnost rezultatov.

Avtor ob pregledu zatečenega stanja uporabe radiokarbonskih analiz v arheologiji posebno pozornost nameni slovenskim raziskavam pozne prazgodovine oz. bronaste in starejše železne dobe, ki jih ilustrira s seznamom pomembnejših datiranih najdiščinskih kompleksov na Slovenskem (pril. 1).

Ključne besede: radiokarbonsko datiranje, bronasta in železna doba, Slovenija

Abstract: Radiocarbon dating is the most frequently used method for dating organic material of late prehistoric date, which on the other hand also includes a number of traps. Some of them originate in the nature of the process itself; others are derived from the problems of archaeologists, who are not fully acquainted with the topic and as such a possibly threaten the relevancy of the results.

The author has concentrated on the research in the Bronze and Early Iron Age in Slovenia in the overview of the use of radiocarbon analysis in archaeology. This is further illustrated with a list of the most important dated sites in Slovenia (App. 1).

Keywords: radiocarbon dating, Bronze Age, Iron Age, Slovenia

Uvod

Projekt *Radiokarbonsko datiranje bronaste in starejše železne dobe na Slovenskem*, ki trenutno poteka na Oddelku za arheologijo FF UL, je pravšnja priložnost, da na eni strani preverimo smernice, po katerih se z roko v roki gibljeta radiokarbonsko datiranje in arheološka znanost v svetu, ter ob tem osvetlimo uporabo te vrste absolutnega datiranja pri odstiranju sledi obdobja pozne prazgodovine oz. natančneje bronaste in železne dobe v slovenski arheološki stroki.

Nekaj besed o metodi

Začetek radiokarbonskega datiranja sega v leta pred drugo svetovno vojno in je povezan z analizami vpliva kozmičnih žarkov na zemljo in njeno atmosfero ter je kot mnoga pomembna odkritja stranski produkt drugih raziskav. Takrat je bilo ugotovljeno, da v toku reakcij nastali nevtroni iz precej reaktivnega dušikovega izotopa ^{14}N tvorijo radioaktivni izotop ogljika ^{14}C , s takrat določeno razpolovno dobo približno 5568 let.¹ Kmalu za temi ugotovitvami je W. F. Libby vizionarsko prepoznal potencial novih spoznanj za datiranje organskih ostankov, svoje raziskave in ugotovitve pa je objavil leta 1952 v knjigi *Radiocarbon Dating* (Libby 1963, 567-569; Currie 2004, 186; Cook, van den Plicht 2007, 2900).²

Osnovna metodologija radiokarbonskega datiranja in njen nadaljnji razvoj sta tudi v domači stroki že poznana, saj ju je že pred natanko dvajsetimi leti predstavil I. Turk (1989). Zato naj na tem mestu povzamem le nekaj osnovnih dejstev ter opozorim na nekatere podrobnosti in novosti, ki so se v tem času uveljavile.

Takrat že poznan in vpeljan masno spektrometrični postopek oz. AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*) je medtem zaradi manjše potrebne količine databilnega vzorca, časovno mnogo krajših postopkov in natančnejših rezultatov konvencionalni metodi že prevzel primat (Turk 1989, 55; Jull 2007a, 454; Cook, van den Plicht 2007, 2899).

Kakšna pa je razlike med obema postopkoma, konvencionalnim oz. radiometričnim in masno spektrometričnim? Prvi šteje beta delce oz. meri sevanje, ki je sproščeno pri radioaktivnem razpadu atomov ^{14}C v določenem

1 Uporabljena razpolovna doba se je večkrat spreminjala, a se za izračun radiokarbonske starosti še zmeraj uporablja t.i. Libbyjeva razpolovna doba (5568 let), ki zagotavlja primerljivost vseh radiokarbonskih datumov. Siceršnja sprejeta vrednost fizične razpolovne dobe ^{14}C pa je 5730 $\pm$ 40 let (Currie 2004, op. 2). Popravek je vračunan ob prevedbi datuma iz radiokarbonskih v koledarska leta (Burr 2007, 2932).

2 W. F. Libby je za svoje delo prejel tudi Nobelovo nagrado za področje kemije (Currie 2004, 186).

časovnem obdobju, pri čemer gre za beleženje nepredvidljivih dogodkov.³ Medtem pa slednji (AMS) neposredno meri število atomov ^{14}C in njihovo relativno razmerje s številom atomov bodisi ^{13}C bodisi ^{12}C vzorcu, pri čemer se nadaljnja procesa izračunavanja pri slednjih nekoliko razlikujeta. Naj poudarimo, da naj bi bila njegova občutljivost 1000 do 10000 krat večja kot pri konvencionalni metodi (Burr 2007, 2932-2933; Cook, van den Plicht 2007, 2899; Jull 2007b, 2911).

Pri obeh postopkih je pomembno čiščenje vzorcev, tako da so laboratoriji razvili standardne postopke njihove priprave, ki pa jih glede na podatke o vzorcih, kot je na primer konzervacija z različnimi kemičnimi preparati, prilagodijo. V poskusu zagotavljanja enakih standardov in čim manjšega odstopanja med laboratoriji so bili v preteklih letih v številnih laboratorijih izvedeni skupni poskusi na referenčnih vzorcih, ki so razkrili tudi nekatera občutnejša odstopanja (slika 1).⁴ V luči našega dela so takšna ocenjevanja laboratorijev in postopkov več kot dobrodošla, saj prinašajo vsem dostopne primerjave njihovega dela in uporabljenih postopkov, podpirajo relevantnost standardov za predpostavljane verjetnosti itn. (Scott 2003; 2007, 2921).

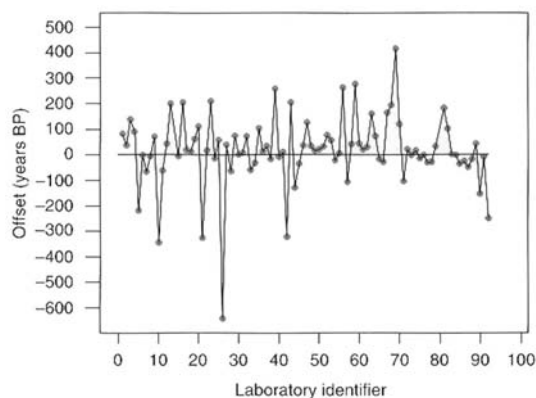
Pripravljen vzorec, ki ima pri AMS analizi obliko grafiita, ene izmed alotropskih modifikacij ogljika, je nato predmet analize, katere postopka pa na tem mestu ne bomo natančneje obravnavali. Dobljeno razmerje ^{14}C in npr. ^{13}C se nato primerja s standardi, ob tem pa so izvršene še nekatere korekcije. Sledi izračun končnega rezultata oz. radiokarbonske starosti vzorca (Jull 2007b, 2914-2915).⁵

Ker pa gre pri radioaktivnem razpadu za naključen proces, moramo pridobljeno radiokarbonsko starost, izraženo z verjetnostjo, zmeraj razumeti kot oceno, katere izračun temelji na statističnih predpostavkah.⁶

3 V mnogih laboratorijih se še zmeraj opravlja tudi radiometrična ^{14}C analiza, ki je v toku časa močno napredovala in se izboljšala. Razpon datacij sedaj sega do pribl. 55000 let in se po tem dejansko ne razlikuje od spektrometričnega postopka (Cook, van den Plicht 2007, 2899-2910, tab. 2).

4 Podobne preizkuse, ki so včasih tudi objavljeni, pa opravljajo tudi posamezni laboratoriji, ki s tem nadzorujejo rezultate svojih procesov dela (Barbina et al. 1994, 26-28).

5 Pri tem izračunu izhajamo iz sicer preživele Libbyjeve ideje, da je vsebnost ^{14}C v atmosferi konstantna, torej tudi v času, ko je živel oz. se formiral vzorec. Če bi to držalo, kalibracija oz. zapleteno prevajanje v historični čas ne bi bilo potrebno in bi lahko nekalibrirane radiokarbonske datume enačili z absolutnimi (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2941s).



Slika 1. Ocene povprečnega odstopanja po skupnih poskusih na referenčnih vzorcih (Scott 2007, Fig. 4).

Figure 1. Estimation of bias from a collaborative trial (Scott 2007, Fig. 4).

Del "napake", ki izhaja iz analitičnega dela datiranja, je do neke mere predvidljiv, morda še bolj ključen in nepredvidljiv del pa je izbira vzorca, o čemer pa bo tekla beseda nekoliko kasneje (Scott 2007, 2918-2919).

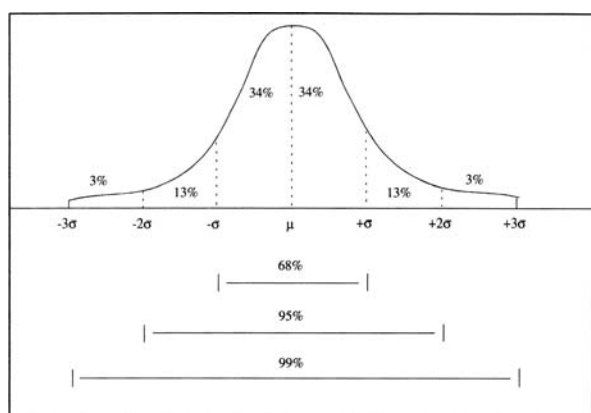
Radiokarbonska starost je za obdobje pozne prazgodovine uporabna predvsem, če jo prevedemo v zgodovinski oz. absolutni čas. Če bi izhajali iz sedaj že preživele Libbyjeve predpostavke, da je vsebnost ^{14}C v atmosferi konstantna, torej tudi v času, ko je živel oz. se formiral vzorec, bi bilo to dokaj enostavno početje. Nekalibrirane radiokarbonske datume bi lahko enačili z absolutnimi in kalibracija oz. zapleteno prevajanje v historični čas ne bi bilo potrebno (Barbina et al. 1994; Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2941s).

Ker pa temu ni tako, je za to potreben kompleksen postopek. Kot že povedano gre pri radiokarbonskem datumu za oceno realne vrednosti, ta pa je grafično najlažje izražena z Gaussovo krivuljo, razdeljeno na verjetnostne razrede, od katerih sta standardno uporabljena predvsem dva, 1σ in 2σ (slika 2). Za pretvorbo rezultata radiokarbonske analize v absolutni datum pa je potrebno poznati spremembe vrednosti ^{14}C skozi čas. V želji po zagotavljanju te možnosti za najdbo vsakršne starosti v dosegu obravnavane datacijske metode je bilo potrebno vzpostaviti t.i. kalibracijske krivulje.⁷ Te združujejo vzorce znanih starosti in njihovo radiokarbonsko vrednost, kot so na primer vzorci debel, na eni strani in njihovo abso-

6 V podatek o (ne)verjetnosti so vključene tudi možne napake pri merjenju (Scott 2007, 2918; Cook, van den Plicht 2007, 2908-2910).

lutno starost, ugotovljeno na primer z dendrokronologijo, na drugi strani.

Model, ki za ves razpon datacij še ni vzpostavljen v želeni natančnosti in temelji na odnosih radiokarbonskih in dejanskih starostih artefaktov, nato služi za absolutno datacijo velike večine pridobljenih vzorcev. Vzpostavljena krivulja se je izkazala za izredno kompleksno ter pogosto poteka nelinearno.



Slika 2. Graf predstavlja Gaussovo krivuljo verjetnosti za vsako izmerjeno datacijo z ocenjeno srednjo vrednostjo (μ). Verjetnost, izražena z $\pm \sigma$, nam podaja natančnost te ocene in je njen integralni del, ki ga ne smemo zanemariti (Ambers 1994, Fig. 3).

Figure 2. The graph presents the Gaussian probability distribution for every result of any measurement with the estimated mean value (μ). The error term $\pm \sigma$ gives the precision of that estimate and is an integral part of the measurement which cannot be ignored.

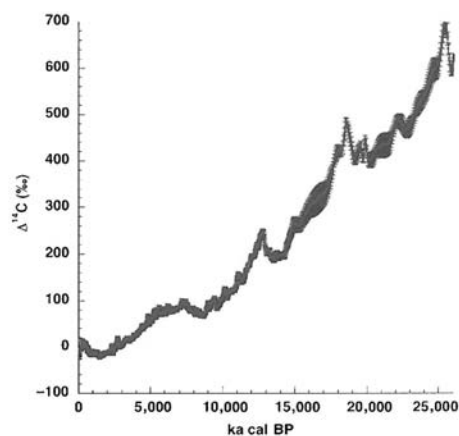
To izhaja iz zapletenega vzorca spreminjanja koncentracije ^{14}C , kar ima odločilne posledice za določevanje vzorcev in njihovo preračunavanje v koledarsko starost

7 Prva takšna krivulja je bila za datume med leti 1000 in 1850 vzpostavljena na temelju radiokarbonskih in dendrokronoloških datacij drevesne vrste *Sequoia Gigantea* leta 1966, njeni podatki pa so domala v nespremenjeni obliki uporabni še danes (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2941).

8 Nanjo najbolj vplivajo spremembe v svetovnem krogotoku ogljika, kot so spremembe morskih tokov, ki sledijo različnim stopnjam pole-dnitev, nihanja sončne aktivnosti ter nenazadnje tudi spremembe v zemeljskem magnetnem polju (Burr 2007; Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2941s; van den Plicht 2007).

9 Razlike, ki temeljijo na lokalnih in regionalnih razlikah in bi lahko vplivale na rezultat so majhne v primerjavi z napakami, ki izhajajo iz datiranja. Kljub temu pa obstaja druga kalibracijska krivulja za južno poloblo ter seveda za morske vzorce, ki so del drugega »ogljikovega zbiralnika«. Tako so na primer vzorci nastali v morju, a ne globokomorski, saj so tam ponovno drugačni pogoji, po kopenskih razmerjih pribl. 400 let starejši od kopenskih (P. J., Reimer, R. W. 2007, 2941).

(Burr 2007, 2931; van den Plicht 2007). Najnovejša izmed takšnih krivulj je IntCal04 (slika 3) (Remier et al. 2004), na kateri temeljijo tudi trije najbolj razširjeni kalibracijski programi OxCal, BCal in Calib⁹. Njen doseg je 26000 let cal BP, pri čemer pa temeljijo na dendrokronoloških ugotovitvah vrednosti do 12450 cal BP, zgodnejše datacije pa so korelirane s serijami podatkov iz morij, kjer so pridobljeni iz koral ali makrofosilov, kot so foraminifere, iz natančno stratificiranih sedimentov. Še starejše vrednosti do mejnih 60000 cal BP prinaša več različnih podatkovnih baz, ki pa med seboj niso usklajene in medsebojno občutno odstopajo. Krivulja s temi podatki je bila poimenovana NOTCAL04 (van den Plicht 2007). Ocena radioaktivne starosti, izražena s simetrično Gaussovo krivuljo, po kalibraciji oz. preslikavi preko nelinearne kalibracijske krivulje postane nesimetrična in pogosto več-modalna. Rezultat te pretvorbe je nato praviloma predstavljen z verjetnostjo.

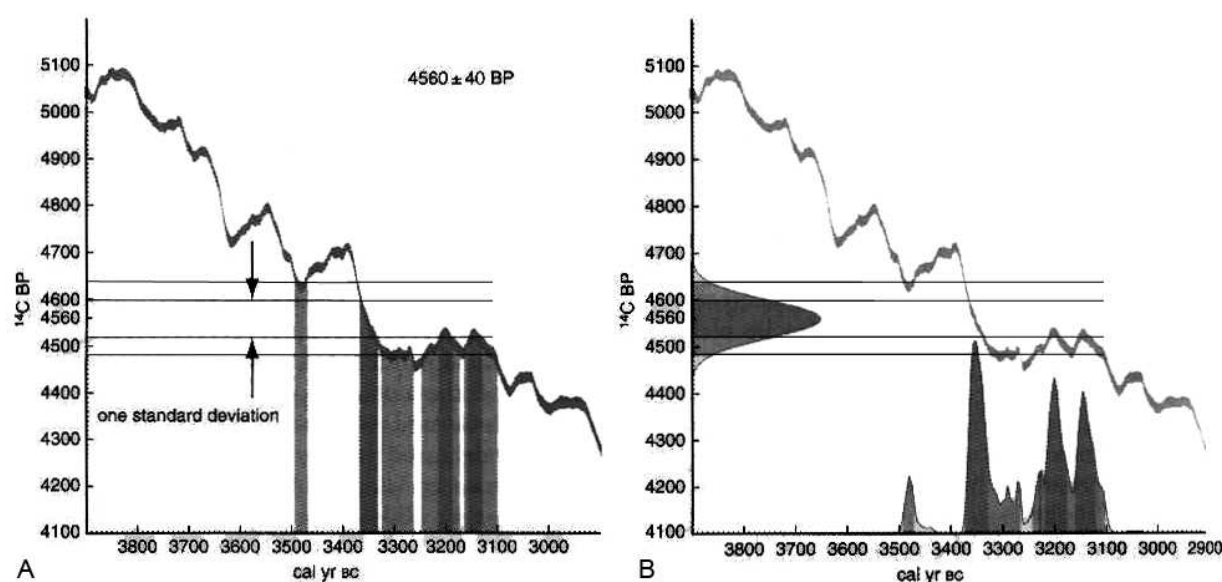


Slika 3. Krivulja sprememb vrednosti $\text{C}14$ (IntCal04) z označeno mejo med dendrokronološko pridobljenimi in predvsem iz morskega okolja izvirajočimi vrednostmi, ki leži na približno 12450 cal BP (van der Plicht 2007, Fig. 6).

Figure 3. The curve of $\text{C}14$ values with the indicated boundary between the values deriving from dendrochronological studies and from the analyses of marine data sets, which lies at approx. 12450 cal BP (van der Plicht 2007, Fig. 6).

Prikaz rezultata radiokarbonske analize

Arheologi se s problematiko radiokarbonskih datumov srečujemo v najrazličnejših prispevkih s kronološkimi vsebinami, kjer so navadno izraženi s številko in standardnim odstopanjem (na primer: 4560 $\pm$ 40 BP) ali/in grafično.



Slika 4. Primer klasičnega oz. prestreznega diagrama (A) ter diagrama, pri katerem je uporabljena verjetnostna metoda (B) (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, Fig. 3).

Figure 4. An example of a classical or intercept diagram (A) and the one using the probability method (B) (Reimer P. J., Reimer, R. W. 2007, Fig. 3).

Pri slednji gre v večini primerov za predstavitev dveh glavnih verjetnostnih intervalov, 68,3 % (1σ) in 95,4 % (2σ), ki pa jih lahko sestavlja več (ne)stičnih časovnih nizov (Scott 2007, 2121-2922). Pri tem gre razlikovati med klasičnim oz. prestreznim diagramom in diagramom, kjer je uporabljena verjetnostna metoda. Prvi na kalibracijsko krivuljo preslika le datum s standardnimi odstopanji (+/-) in ne prikazuje različne relativne verjetnosti določenih časovnih odsekov, pri slednjem pa so te jasno izražene z obliko krivulje.

Oblika kalibracijske krivulje seveda vpliva na rezultat kalibracije, ki ima praviloma širok in večmodalni razpon (slika 4). Če pa je krivulja na nekem mestu zelo pokončna, lahko kalibrirano starost izrazimo precej natančno in je njen razpon celo ožji kot razpon radiokarbonskega datuma. Ob tem naj opozorimo tudi na različne poskuse, da bi datacije oz. kompleksne verjetnostne razpore izrazili z eno letnico, ki so sicer mamljivi, a predvsem zavajajoči (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2944-2945).¹⁰

Prikladneje je, če imamo opravka s serijo radiokarbonskih datumov, saj se s tem poveča tudi verjetnost za natančnejše datiranje, še posebej, če kateri izmed datumov padejo na navpičen del ali izrazit vrh na kalibracijski krivulji. Najprimernejše za različno modeliranje so

datacije drevesnih izsekov z znanimi medsebojnimi relativno kronološkimi odnosi, ki jih s pomikanjem po kalibracijski tabeli (t.i. *whiggle matching*) umestimo na mesto z najmanjšim odstopanjem (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2944). Način, ki prav tako ob podobnih izračunanih verjetnostih vpliva na končen rezultat določenih datumov, je t.i. Bayesian Modeling, ki za določanje ožjih verjetnostnih odstopanj koristi npr. podatke iz startigrafijske, po katerih se nato ponovno oblikujejo verjetnosti na kalibracijski krivulji (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2945-2947).¹¹

Vzorčenje in (ne)zanesljivost radiokarbonskega datiranja

Pasti, ki se jih mnogi ne zavedajo, ko slepo verjamejo rezultatom naravoslovnih analiz, so pri radiokarbonskih datacijah mnoge. Napake, ki lahko nastanejo pri samem

¹⁰ Takšni števili sta npr. moment ali tehtano povprečje in mediana, pri kateri se 50% verjetnosti nahaja za in 50% pred to letnico. Takšen datum pa lahko zaradi narave izračunavanja pade tudi v območje z zanemarljivo verjetnostjo.

¹¹ Tako je recimo bolj verjetno, da je, ob podobnem razponu verjetnosti, vzorec iz nižje plasti starejši in obratno. Po tem načelu se nato ponovno oblikujejo tudi krivulje.

procesu datiranja, so statistično ocenjene in izražene. A bolj ključne in težko ocenljive so nepredvidljive napake.

Če se stvari lotimo retrogradno, je tukaj potrebno omeniti laboratorijsko pripravo vzorca, ki ob uporabi različnih datacijskih postopkov rezultira v že omenjenih odstopanjih, ki so bila zabeležena pri mednarodnih primerjavah laboratorijev (Hagens 2006, 86-87; Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2946-2947). Prav tako lahko manjša odstopanja nastanejo pri kalibracijskih postopkih torej pri uporabi kalibracijskih krivulj oz. programov za kalibriranje, katerih del so. Ob obširnejših študijah oz. večjih serijah datacij je zato priporočljivo vse datume sklopiti na skupni imenovalac oz. uporabiti isti program.¹²

Da bomo lahko z večjo gotovostjo pričakovali rezultate analiz, pa lahko poskrbimo tudi sami. Vsakemu laboratoriju je ob vzorcu potrebno poslati tudi izpolnjen obrazec, ki opisuje okoliščine njegove pridobitve. Problem se porodi, če arheolog obrazec prvič uzre šele pri poizkopalnem delu, ko je potrebno vzorce poslati v analizo, in ob jemanju vzorca ni imel vedenja, kateri podatki so za analizo pomembni.¹³

Pomemben in ob neupoštevanju problematičen podatek je na primer provenienca vzorcev, saj lahko le tako uporabimo pravilno prevedbo pridobljenih radiokarbonskih datumov. Če gre za morske vzorce, kot na primer školjke, gre opozoriti na drugačno vsebnost ^{14}C v morju, kar se kaže tudi pri drugih tam živčih organizmih. Nakazanih pribl. 400 let razlike pa ponovno ni konstanta, saj prihaja do zamika pri prehajanju plinov iz atmosfere v vodo, pomembna je tudi sestava geološke osnove (npr. kalcijev karbonat), ki lahko povzroča t.i. učinek težke vode ("*Hardwater effect*")¹⁴, bližina sladkovodnih izlivov itn. Drugače pa je pri vzorcih iz rečnih in jezerskih voda, ki jih vzporejamo s kopenskimi in jih kalibriramo po standardnih krivuljah. Tudi ti rezultati pa pogosto zahtevajo korekcije. Še bolj zapletena postane situacija, če organizem uživa mešano prehrano, torej morsko

in kopensko, saj tako vase vnaša vzorce dveh območji z različno vsebnostjo ^{14}C . V takšnih primerih je potrebno oceniti delež¹⁵ in temu prilagoditi kalibracijsko krivuljo, saj bo v nasprotnem primeru rezultat popačen (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2946-2948).

Če prejšnje postavke odmislimo in izhajamo iz tega, da smo iz laboratorija prejeli pravilne podatke, ki temeljijo tudi na natančnih in obširnih opisih, kje in kako je bil pridobljen vzorec, pa je za nas in našo interpretacijo najpomembnejši podatek verodostojen kontekst, iz katerega vzorec izhaja.

Datirati vzorec samo zato, ker je databilen, je vedno napačen pristop. Brez konteksta širšega pomena, bodisi zaradi pripadnosti strukturi v arheološki stratigrafiji, kot je npr. stavbni objekt, bodisi zaradi tipološko določljivega gradiva, analiza ne prinaša želenih relevantnih rezultatov, lahko pa povzroči kar nekaj negotovanja ob poskusu interpretacije.

Tudi ob dobrem izhodišču v primernem kontekstu pa je potrebno izbrati tudi mesto vzorčenja, tako da je povezava z v kontekstu odkritim gradivom nedvomna. Morda ni nepomembno omeniti, da kljub vse nižjim zahtevam laboratorijev, kar zadeva količino vzorca, poskušamo izbirati vzorce, katerih premikanje po stratigrafiji je manj verjetno.

Dobršen del negotovosti pa dodajo tudi databilni materiali z njihovimi morda še ne do zadnje potankosti raziskanimi lastnostmi. Njihov nabor je zelo širok, saj so že v sedemdesetih letih datirali les, oglje, semena, lupine oreščkov, trave, papir, tkanino, kosti, kožo, slonovino, školjke, organske elemente v različnih zemeljskih plasteh od šote do morskih in jezerskih sedimentov ter pod določenimi pogoji tudi keramiko in železo (Michels 1972, 119-120). V prispevku pa se dotaknimo le za naše okolje najbolj vsakdanjih in uporabnih metod ter njihove problematike in (ne)zanesljivosti.

¹² Avtor na tem mestu priporoča uporabo programa OxCal (3.10 ali še raje 4.1), katerega omenjeni varianti sta dosegljivi na spletni strani <http://c14.arch.ox.ac.uk/embed.php?File=oxcal.html>. Ob tem ne odsvetujem uporabo kateregakoli izmed uveljavljenih programov, ampak s tem le predlagam uporabo enega programa, ki bo poenotil tako način zapisovanja kot grafičnega predstavljanja objavljenih podatkov.

¹³ Tudi za pripravo vzorcev in njihovo pakiranje je na spletu dostopnih mnogo navodil, kot na primer iz Leibniz-Laboratory for Radiometric Dating and Stable Isotope Research (http://www.uni-kiel.de/leibniz/Leibniz-web_englisch/index-english.htm).

¹⁴ Gre za učinek "umetnega" staranja vzorca, ki raste oz. nastaja v vodi. Ko voda spira apnenec oz. kalcijev karbonat, prihaja do povečevanja koncentracije ogljika v vodi. A je ta zaradi svoje starosti brez ^{14}C , kar torej odstopno zmanjšuje njegovo prisotnost v primerjavi z drugima ogljikovima izotopoma, kar se nato odraža pri izračunu starosti vzorca (Hatté, Jull 2007, 2964).

¹⁵ Odstotek morske prehrane je moč oceniti na podlagi entografskih primerjav, obrabe zob in predvsem stabilnih izotopov, ki jim je bilo v zadnjem času posvečeno največ študij (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2947).

Naj začnemo z lesom in ogljem, saj sta najpogostejše datirana materiala. Pri tem gre poudariti, da je na srednjeevropskih arheoloških najdiščih, izvzemši vodne in močvirske najdbe, večinoma ohranjeno le oglje, pa tudi to je pogosto dodobra razdrobljeno. Takim vzorcem je pogosto nemogoče določiti relativno starost glede na rast matičnega drevesa, kar pomeni, da je lahko teoretično drobec tudi stoletja starejši kot kontekst, v katerem se nahaja, kar poznamo pod izrazom učinek starega lesa oz. "Old Wood Effect".¹⁶ Poznavanje tega problema sicer vpliva na izbor predvsem vzorcev "mladega lesa", kot so na primer kosi z lubjem in veje, bolj problematični pa so rezultati analiz, narejenih pred leti, kjer sam vzorec praviloma ni bil natančno zabeležen.

Previdnost pa je potrebna tudi zato, ker se je v zadnjih letih omajala trditev, da je oglje v svoji kemijski sestavi ekstremno stabilno in zato domala neoporečno pri datiranju (Ambers 1994, 8). Pokazalo se je namreč, da lahko oglje tudi v postdepozicijskem obdobju še spreminja svojo sestavo tudi z nepovratnim vezanjem novega ogljika, kar pa je za relevantnost datacije odločilno (Bird 2007, 2950-2951), to dejstvo pa ponovno kliče po natančnem beleženju okolja, v katerem se je vzorec nahajal. Manj posledic ima prisotnost delcev, ki še dopuščajo izolacijo osnovnega materiala, saj je ta del standardnih postopkov priprave vzorca v vsakem laboratoriju.¹⁷

Les, ki se ohrani v vizualno neoporečni obliki, je v resnici v toku časa prešel mnoge spremembe, tako fizikalne kot kemijske. Takšen les se lahko ohrani v več različnih okoljih, a so najdbe po določenem času, ki preteče po odkritju, le pogojno uporabne za datiranje. Pri mokrih vzorcih na primer, ki se tudi nadalje hranijo v vlažnem

okolju, je problematičen predvsem razvoj mikroorganizmov, ki po eni strani trošijo ogljik iz vzorca, ob tem pa tudi novi ogljik iz okolice. Raziskave so pokazale njihovo prisotnost tudi v izjemno neprijaznih okoljih, kot so blago kislo ($\text{pH} = 2$) ter temno in hladno okolje. Če ti niso odstranjeni, lahko njihova prisotnost občutno vpliva na datacijo vzorca (Hatté, Jull 2007, 2963). Prav tako so sporne predvsem pretekle konzervacijske metode, recimo ohranjenih kosov lesa v železnih tulih sulic ali sekir, ki pogosto ob posameznih vzorcih sploh niso navedene.

Mnogo manj pogosto so datirani drugi rastlinski vzorci, kot so na primer semena ter drevesne iglice in listi, za katerih ohranitev so potrebni posebni klimatski pogoji ali ogenj. Po eni strani gre za idealne vzorce, saj nosijo kratkotrajni radiokarbonski zapis in so lahko najdeni v večjih količinah tudi zanesljiv pokazatelj določene aktivnosti. Po drugi strani pa je ob pojavu posameznega primera morda na mestu tudi pomislek, da gre lahko za infiltrirano najdbo.

Radiokarbonsko datiran je nenazadnje lahko tudi pelod, a ta vrsta raziskav tudi po zadnjih dognanjih še ni optimizirana (Hatté, Jull 2007, 2961-2962).

Kosti so, še posebej, če se nahajajo v grobovih, zelo primerno gradivo za radiokarbonsko analizo. To velja bodisi za ostanke preminulega bodisi njemu darovane živalske ali človeške žrtve, saj gre za neposredno povezane dogodke.¹⁸ Ne smemo pa seveda pozabiti niti na naselbinske najdbe, kjer pa moramo biti pri kontekstih že nekoliko bolj previdni.

Medtem ko pri kosteh, ki niso bile sežgane, datacija poteka na vzorcih izločenega kolagena, pa je ta pri žganih kosteh pogosto poškodovan. V zadnjih letih se je za takšne vzorce ponudila nova priložnost, saj pri teh namesto kolagena datira t.i. strukturni ogljik (*Structural Carbon*). To pot pa je uspešnost datacije pogojena s kremiranostjo kosti, kar pomeni, da je morala biti kost določen čas izpostavljena temperaturam nad 650°C (Lanting et al. 2001; Naysmith et al. 2007).¹⁹

Za kovinska obdobja je zanimiv tudi način datiranja železa, ki je znan že desetletja (Michels 1972, 119-120), kljub temu pa še zdaleč ni popolnoma osvojen, saj so

¹⁶ Drevesa so med najboljšimi zapisovalci koncentracije atmosferskega ^{14}C , ker mnoge vrste oblikujejo natanko eno braniko na leto. Ogljik pa se v celično strukturo vključuje pri fotosintezi, pri kateri se porablja ogljikov dioksid iz zraka. Kljub temu, da se nekatere snovi kot lignin v celice vključijo tudi kasneje iz drevesnega soka, pa se celuloza določene branike tvori le v enem letu (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007, 2942).

Ekstremni primer takšnega razhajanja v starosti prinaša raziskava pogorišča na otoku Vancouver Island. Analiza je pokazala, da se radiokarbonski datumi z zgodovinsko poznanim dogodkom razhajajo za 180 do 670 let, kar pa je seveda ekstremen primer (Gavin 2001).

¹⁷ Priprava vzorca zajema makroskopsko in kemično čiščenje vzorca, kar od vzorca loči tako starejše kot mlajše elemente, ki bi lahko vplivali na analizo. Najpogostejše uporabljena kemijska procesa sta AAA (*Acid-Alkali-Acid*), katerega začetki sežejo že v petdeseta leta, ter ABOX (*Acid-Base Oxidation*), ki je bil razvit in izpopolnjen v zadnjem desetletju ter po raziskavah zmanjša kontaminacijo z modernim ogljikom na 0,1%. Njuna uporaba pa se med laboratoriji korenito razlikuje, prilagaja pa se tudi vzorcu (Bird 2007, 2954-2955).

¹⁸ Stvar se popolnoma spremeni, če je ugotovljeno ali pa se vsaj domneva, da je šlo za naknadne pokope ali izvajanje kasnejših ritualov na mestu pokopa. Tukaj sta na preizkušnji naša presoja in znanje, da prepoznamo in interpretiramo kontekst.

tudi precej sodobne analize predmetov znanih starosti pokazale precej razhajanja med rezultati. Možnost se ponuja zato, ker vsebujejo železni predmeti tudi sicer majhen delež ogljika, ki izhaja iz metalurškega procesa. Tudi tukaj se skrivajo pasti, saj je relevantnost odvisna tudi od uporabe različnih tipov kuriv pri metalurškem procesu (Hüls et al. 2004; Scharf et al. 2005).

Radiokarbonsko pa je moč datirati tudi keramiko oz. različne izvore ogljika, ki se pojavljajo na oz. v njej. Sama ideja je poznana že več desetletij, vendar so rezultati še zmeraj negotovi in relevantni le, če ob analizi izvajamo še datiranje kakšnega vzorca iz drugega materiala ali pa se poslužimo še kakšne druge metode, kot je na primer termoluminiscenca. Problem je, da izvor samega ogljika pogosto ni nedvomno povezljiv s keramiko, lahko pa gre tudi za različne snovi z različno (radiokarbonsko) starostjo. Vpliv na rezultat analize pa lahko ima tudi ogenj, tako pri pečenju keramike kot kasneje pri kuhi v dotični posodi.

Te vrste analize so izredno priljubljene in kot kaže uspešne na nekaterih najdiščih Daljnega Vzhoda, kjer datirajo najstarejše keramične posode oz. organske snovi v/n njih. Po navedbah avtorjev prihaja do sorodnih rezultatov pri radiokarbonskih datacijah tako oglja kot keramike ter pri termoluminiscenčnih datacijah slednje (Kuzmin et al. 2001; Kuzmin, Vetrov 2007). Pozitivna izkustva pa se ne ponovijo povsod, zato je problematično predvsem oblikovanje splošnih zaključkov (Hedges et al. 1992; Stott et al. 2001).

Ker gre v praksi večinoma za datacije, ki so starejše od začrtanega časovnega okvirja, in je problematika za ta prispevek prekompleksna, naj na koncu le omenimo tudi datiranje stratigrafskih plasti oz. organskih deležev v njih. Gre za širok nabor analiz od morskih, rečnih, jezerskih sedimentov, pa do močvirskih sedimentov, šotišč in "navadnih" kopenskih stratigrafskih sekvenc. Kljub mnogim uspešnim raziskavam pa po besedah nekaterih avtorjev na določanje njihove starosti vpliva (pre)več spremenljivk (Wang, Amundson 1996). Pridobljeni podatki tako pogosto ne nadgradijo spoznanj, ki izhajajo iz same stratigrafije, in še zdaleč ne dosegaajo rezultatov, ki jih za določene situacije ponuja termoluminiscenca (Lian 2007).

19 Pri tej temperaturi namreč izgine pretežni del ogljika, preostanek pa je pred nadaljnjimi izmenjavami zaščiten s kristali Hydroxy-Apatita (Naysmith et al. 2007).

Pogled v prihodnost

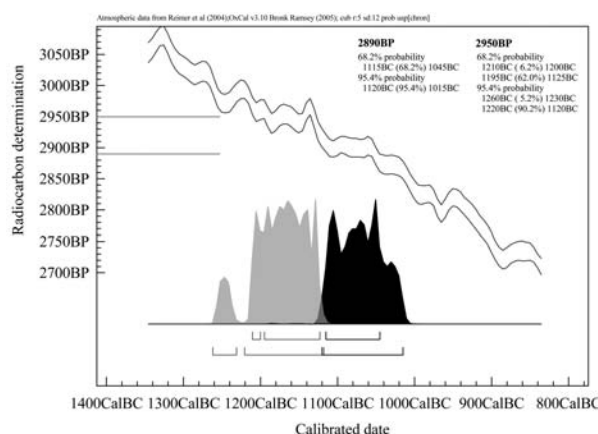
Nove smernice pri radiokarbonskem datiranju gredo v različne smeri. Pri razvijanju AMS postopka so v objektivu izboljšave na različnih instrumentih (ionski vir, pospeševalec, detektor), ki pa še niso dokončno uveljavljene. Ob tem se mnogo truda vlaga tudi v razvoj manjših naprav z nizkonapetostnimi pospeševalniki, ki v ekstremnih primerih zasedejo prostor velikosti le $2,5 \times 3$ m. Ob tem pa se že pojavljajo nekateri s tem povezani problemi in omejitve (Suter 2004; Jull 2007, 2916-2917; Synal et al. 2007).

Pri kalibracijskih postopkih se po eni strani z različnimi analitskimi metodami in t.i. *whiggle matching* metodo poskuša ustvariti daljšo in zanesljivejšo kalibracijsko krivuljo za natančnejše poseganje dlje in dlje v preteklost, po drugi strani pa datiranje polpreteklih vzorcev že prehaja v natančnostni domet mesecev (Reimer, P. J., Reimer, R. W. 2007; Zavattaro et al. 2007). Kar se v tem trenutku za prazgodovinska obdobja sliši kot znanstvena fantastika, pa bi lahko pomagalo nekoliko natančneje določiti nekatera obdobja, ki so v kalibracijski krivulji problematična. A ne gre le za t.i. halštatski plato, na katerega bi vsak najprej pomislil, temveč je podobnih sicer krajših ravnin, ki jih ponekod prekinjajo le majhni vrhovi v koncentraciji ^{14}C , precej tudi sicer. Naj omenim le platoja v času pozne bronaste dobe med 1210 in 1140 ter 1110-1050, kar otežuje kalibracije v tem obsegu. Če v programu OxCal torej iščemo kalibrirano vrednost za hipotetična datuma 2950 BC in 2890 BC (± 0), se njuni 2σ verjetnosti razprostirata čez več kot 100 let (slika 5).

Za arheologijo kot uporabnika radiokarbonskih analiz bi bila torej bolj kot dirka za manjšimi in dostopnejšimi napravami, ki bodo le povečevale število ponekod že sedaj preštevilnih datumov, zanimive natančnejše analize ključnih ali vsaj nadpovprečno pomembnih kontekstov in najdišč. K temu bi morebiti pripomogle lokalne kalibracijske krivulje, za katere pa so seveda potrebni vsaj približno absolutno kronološko zasidrani vzorci, kot se na primeru dendrokronoloških vzorcev morda že nakazuje na Ljubljanskem barju (Čufar, Velušček 2004; Čufar, Kromer 2004).

Interpretacija vzorca

Pod pogoji, da je bila naša želja po radiokarbonskem



Slika 5. Poznobronastodobna "platoja" na kalibracijski krivulji IntCal04.

Figure 5. Late Bronze Age "plateaus" on the calibration curve IntCal04.

datiranju tlakovana z znanjem o sami analizi in smo laboratoriju oddali pravilno pobran in pakiran vzorec ter korektno izpolnjen formular, smo dejansko že naredili veliko. Vsi nadaljnji postopki do prejema radiokarbonske datacije so izven naših pristojnosti. Zadnja in izjemno pomembna pa je interpretacija vzorca in njegova povezava z nekim dogodkom, saj imajo različni vzorci topogledno različno izpovednost.

Ko gre za vzorec oglja iz ognjišča, kurišča, peči ali žgane groba, je povezava jasna, datumsko razhajanje med vzorcem in samim dogodkom sežiga pa je do neke mere kontrolirano. Pod vprašaj lahko postavimo drobce oglja, ki prihajajo iz nekaterih drugih arheoloških struktur. Kaj pa nam ponuja oglje, ki je bilo odkrito v shrambi jami ali jami za soho. V najboljšem primeru gre za ostanke sohe in drugih delov stavbe, ki je pogorela. Starostno razhajanje je potemtakem zopet predstavljivo in v kolikor gre za t.i. mladi les, nam relativno natančno sporoča čas postavitve objekta. Kot je bilo že večkrat ugotovljeno, pa se v jamah pojavlja oglje, ki ga po analizi nikakor ne moremo povezati z odkritim gradivom. Razlog je sicer lahko v nepoznavanju gradiva, večja verjetnost pa je, da je vzrok v vzorcu. Tukaj ne diskutiram o napakah v laboratorijih, temveč imam v mislih vzorce, ki so del nekega drugega dogodka, bodisi ognja v naravi bodisi s požigalništvom pridobljenega polja, lahko pa imajo izvor tudi čisto drugje.²⁰ Če nam fortuna nameni, da bomo kot edini vzorec vzeli prav tega, nam lahko pod vprašaj postavi datacijo najdišča in gradiva.

Neprijetnosti lahko zaobidemo s serijo datumov, ki pa povsod seveda ni opravičljiva. Slednja je bila narejena na vzorcih z najdišča Rogoza pri Mariboru, kjer so kar trije datumi iz jam in jam za sohe kazali na čas, ki z gradivom ni bil dokumentiran. A na srečo so drugi rezultati iz serije 20 vzorcev imeli jasno povezavo z najdbami in so najdišču in njegovi tipo-kronološki dataciji dali dodatno podporo (Črešnar 2009).

Po zaključeni raziskavi v najboljšem primeru ob poročilu sledi celostna objava, katere del pa naj ne bodo le datumi, radiokarbonski ali kalibrirani. Opisani naj bo tudi vzorec in mesto njegove pridobitve. Datacija naj ob tekstovnem delu, ki zajema oba standardna razpona (1σ in 2σ) ter vsa posamezna verjetnostna območja, opremljena tudi z grafičnim prikazom, v opombi pa naj bo navedena tudi številka analize v laboratoriju ter z morebitnimi pripombami laboratorija. Objava pa naj ne zajema le po našem mnenju "uspešnih" datacij oz. tistih, ki se vključujejo v naše predstave o najdišču, temveč vse. Te bodo morda kdaj v prihodnosti še predmet debat in raziskav.

Uporaba radiokarbonskega datiranja v pozni prazgodovini na Slovenskem

Ko je pri pisanju svojega članka I. Turk potarnal, da razpolaga slovenska prazgodovinska arheologija le s komaj omembe vrednim številom rezultatov radiokarbonskih analiz (Turk 1989, 53), je upal, a dvomim, da pričakoval, da se bo njihovo število v bližnji prihodnosti tako povečalo, kot se veča v zadnjih letih. Njihov porast omogočajo predvsem številna arheološka najdišča, izkopana v sklopu gradnje slovenskega avtocestnega križa, a je, kot je znano, nekoliko manj sreče z njihovimi objavami.

Izven tega okvirja so radiokarbonske analize koriščene tudi pri nekaterih sistematičnih raziskavah, med katerimi naj kar na začetku, kljub temu, da časovno le delno segajo v obravnavano obdobje, izpostavimo analize z Ljubljanskega barja, ki se v kombinaciji z radiokarbonskim datiranjem s presledki izvajajo že od sredine sedemdesetih let 20. stoletja.²¹ Pogosto in v izredno plodni kombinaciji z dendrokronološkimi raziskavami se ga redno in metodološko konsistentno poslužuje skupina,

²⁰ Ponovno ekstremni primeri, ki pa so izjemno ilustrativni, prinašajo ugotovitve o več metrov vertikalno premaknjenih milimetrskih drobcih oglja ter o oglju v domala recentnih plasteh, katerega vsebnost ^{14}C je skoraj nična, kar pomeni, da s samo plastjo nima nikakršne časovne povezave.

zbrana okoli A. Veluščka z Inštituta za arheologijo ZRC SAZU, ki raziskave posveča poselitvi Ljubljanskega barja (npr. Čufar et al. 1997, Čufar, Kromer 2004, Čufar in Velušček 2004, Čufar, Korenčič 2006, Velušček 1999, 2004, 2006).

Vzporedno pa isto območje na nekoliko drugačen in inovativen način, ki prav tako koristi nabor različnih sodobnih tehnoloških možnosti, kot je lidarsko snemanje in je v stroki že dvignil nekaj prahu, raziskuje tudi ekipa z Oddelka za arheologijo FF UL (Budja, Mlekuž 2008a, 2008b).

Pa naj ob seznamu najpomembnejših objavljenih radiokarbonskih datacij najdišč iz časovnega razpona, ki e tukaj pod drobnogledom (pril. 1), nadaljujemo s kar se da pozitivno prakso uporabe radiokarbonskih datacij. V ta namen lahko kar ostanemo na Ljubljanskem barju, natančneje na najdiščih Parte in Založnica. Ti ponujata najboljše datacije za zgodnjobronastodobno kulturo Somogyvár-Vinkovci oz. verjetno najnatančnejše v vsem obravnavanem obdobju. Gre za najdišči s sorodnimi najdbami, katerih ostanki pa vključujejo tudi za dendrokronološke analize primeren material, lesene kole, kar je seveda velika prednost pred večino drugih najdišč. Primer je še toliko pomembnejši, saj se sestavljena razpona letnic med seboj prekrivata in skupaj tvorita 243-letni niz. S pomočjo metode "wiggle matching" so bili nato dogodki, kot sekanje zadnjih kolov in čas "najživahnejše gradbene aktivnosti" na najdišču Založnica, določeni še precej natančneje, kot to dopušča zgolj radiokarbonsko datiranje.²²

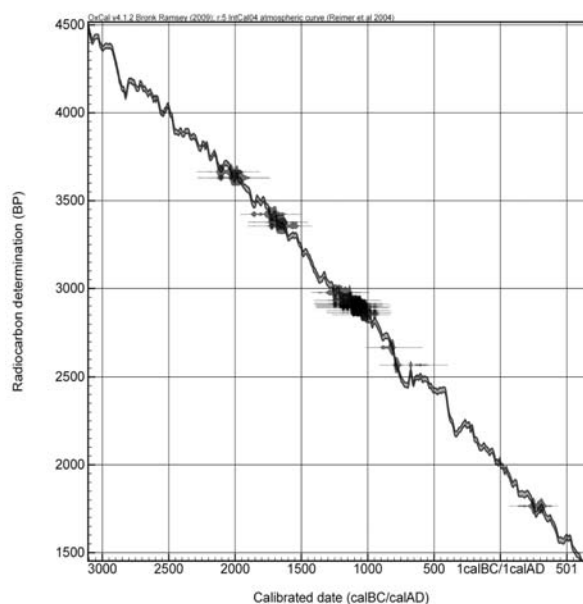
Pohvalno je, da so datumi navedeni ne le z vrednostjo radiokarbonske datacije (BP), ki je osnova za morebitno ponovno obdelavo analiz, temveč je ob izračunih kalendarjskih let naveden tudi program, po katerem je bilo to storjeno, kar pri veliki večini drugih publikacij praviloma manjka (Velušček, Čufar 2003). Edina morebitna pomanjkljivost je morda odsotnost laboratorijske referenčne številke, ki daje dodatno možnost za preverjanje

21 Izbiri je botrovalo število novejših analiz in povezanost različnih datacijskih in na splošno metodoloških pristopov, ob tem pa ne pozabljamo na analize, narejene v Ajdovski jami (Horvat, Ma. in Mi. 1984, Culiberg et al. 1992), ki so prav tako v novem zagonu (Bonsall et al. 2007), v Moverni vasi (Budja 1988, 1990, 1992, 1994), v Mali Triglavci (Mlekuž et al. 2008).

22 Slednje, ki sodi v leto 187 relativne hrastovo-jesenove kronologije, je po uporabi metode "wiggle matching" datirano v čas 2495-2460 cal BC (1 σ) oz. 2500-2425 cal BC (2 σ), zadnji gradbeni podvigi pa sodijo v čas 2438-2406 cal BC (1 σ – 68,2%) oz. 2444-2370 cal BC (2 σ – 93,8%).

rezultata datiranja.

Prav tako dosledno je bilo zastavljeno objavljanje radiokarbonskih datumov v novoosnovani seriji AAS (Arheologija na avtocestah Slovenije), kjer se v zadnjih letih objavljajo rezultati zaščitnih izkopavanj na trasah slovenskega avtocestnega križa, torej raziskav, ki prinašajo tudi največ tovrstnih analiz.²³ V publikacijah so datacije diskutirane v obdelavah posameznih kronoloških stopenj najdišč, medtem ko so v ločenem poglavju predstavljene tudi same datacije. Te so v nekaterih primerih predstavljene zgledno (Hüls 2009), spet drugič pa bi lahko bile s strani laboratorija nekoliko obširneje razložene (Obelić 2009).



Slika 6. Razprostranjenost radiokarbonskih datacij iz Rogoze pri Mariboru.

Figure 6. The range of radiocarbon dates from Rogoza near Maribor.

V sklopu teh raziskav je morda na mestu izpostaviti najdišča, ki so zaradi svojega nadregionalnega pomena bila deležna privilegija, da je bilo izbrano gradivo datirano z večjo serijo radiokarbonskih datumov, a so do sedaj dosegljivi le tisti z Rogoze.²⁴ Pri slednjem, kjer gre za obsežno večobdobno najdišče, so bili rezultati izjemno uporabni, saj so časovno zasidrali vse tri glavne faze naj-

23 Publikacije so dostopne na spletu: <http://www.zvkds.si/sl/kulturna-dediscina-slovenije/publikacije/kategorije/4/>

dišča. Nejasnosti, ki jih s seboj prinašajo datumi, ki jim ob našem sedanjem razumevanju manjkajo vzporednice v gradivu in smo jih že omenili, pa nas lahko le vzpodbudijo k iskanju njihovega izvora (slika 6).

Tudi takrat pa, ko razlaga same metodologije ni namenjen poseben del publikacije oz. gre za posamezen članek, je ob vseh osnovnih podatkih o analizi vzorca v opombah primerno posredovati vsakršne pomisleke oz. nenavadne ugotovitve, ki jih je naročnik prejel s strani laboratorija. Tudi ta miselnost pa se, kot kaže, že uveljavlja (npr. Gaspari 2008, 61-62).

Tudi takrat pa, ko razlaga same metodologije ni namenjen poseben del publikacije oz. gre za posamezen članek, je ob vseh osnovnih podatkih o analizi vzorca v opombah primerno posredovati vsakršne pomisleke oz. nenavadne ugotovitve, ki jih je naročnik prejel s strani laboratorija. Tudi ta miselnost pa se, kot kaže, že uveljavlja (npr. Gaspari 2008, 61-62). Če objavljene radiokarbonske datacije, ki jih prinaša priloga 1, pogledamo z vidika distribucije po posameznih obdobjih, brez težav prepoznamo, da je njihovo težišče močno ukoreninjeno v času bronaste dobe.²⁵

Razlogi za to so kot na dlani. Še pred desetletjem je bilo o zgodnji in srednji bronasti dobi podatkov zelo malo,²⁶ posledično pa so bile tudi kronološke sheme nezvezne in vzporedne ter datirane na podlagi podatkov iz sosednjih regij (Dular 1999). Nekoliko boljše je bilo stanje v zgodnjem in delno starejšem žarnogrobiščnem obdobju, precej pa je že od začetka širšega uveljavljanja arheologije na Slovenskem²⁷ odstopalo njeno mlajše obdobje oz. Ha B, na podatkih katerega že od leta 1959 temelji kronologija tega obdobja za jugovzhodnoalpski prostor (Müller-Karpe 1959).

Tako je bilo potrebno na primer novoodkrita najdišča, zaznamovana s pramenasto keramiko, ki so jo na našem področju dokazovale le posamezne najdbe, in keramiko, lastno kulturi Kisapostag, ki je bila z nekaj primeri znana le z Ljubljanskega barja, seveda najprej do dobra spoznati in pravilno opredeliti²⁸. Dodaten podatek, s katerim pa takšna najdba prej kot slej pridobi na pomembnosti, je

24 Še ti pa so dosegljivi le ožjemu krogu bralcev, saj jih je v trenutku pisanja tega članka moč črpati le v doktorski disertaciji avtorja (Črešnar 2009), a je v pripravi za objavo v AAS še kar nekaj podobnih najdišč.

25 V zadnjem času je bilo opravljenih še veliko radiokarbonskih analiz, ki še niso objavljene, kljub temu pa se stanje bistveno ne bo spremenilo.

absolutna datacija.

Številčna so tudi najdišča, ki se jih v Sloveniji vedno znova povezujemo z Olorisom pri Dolnjem Lakošu in Rabelčjo vasjo (*horizont Oloris-Rabelčja vas*). Njegova povezanost pri tem ni sporna, delno pa so deljena mnenja o njegovih začetkih v srednji bronasti dobi (Teržan 1995, 324-327; 1999, 133; Dular et al. 2002, 170-174).

V povezavi s tem je zanimiva precej zgodnja datacija gradiva iz Kamne Gorice pri Ljubljani (pril. 1, Turk, Svetličič 2006), ki absolutno kronološko sega na sam začetek srednje bronaste dobe. A tudi tukaj bo preteklo še kar nekaj vode, da bomo ob celostnih objavah precejšnjega števila najdišč oz. kontekstov, ki, sklepajoč po preliminarnih datacijah, sodijo v ta kronološki okvir, lahko naredili sintetično razpravo.

Tudi obdobje, ki sledi, starejša kultura žarnih grobišč, je v zadnjih letih širokogrudno delila najrazličnejše podatke, med katerimi pa v tem trenutku, verjetno tudi zaradi stanja raziskav in objav, v vrh sodita sicer večobdobni najdišči Dragomelj (Turk 2003) in Rogoza pri Mariboru (Črešnar 2009; 2010). Njune datacije se domala pokrivajo, njihov obseg pa skladno z gradivom zajema celotno obdobje Ha A in začetek Ha B1 oz. približno zadnji dve stoletji drugega tisočletja pr. Kr. (pril. 1).

Objavljenih najdišč, ki bi tudi z radiokarbonskimi datacijami celotno zajemala obdobje Ha B, še ni. Z nestrpnostjo pa lahko pričakujemo publikacije kar nekaj najdišč s preliminarno datacijo v času starejše in mlajše žarnogrobiščne kulture, ki bodo morda obogatila naše poznavanje tega obdobja, pri čemer mislimo predvsem na njegovo delitev, ki je že desetletja predmet mnogih razprav.²⁹

Datacij starejše železne dobe je do sedaj mnogo manj, a so tudi za takšno stanje razlogi razmeroma jasni. Številne bogate najdbe, ki so luč sveta uzrle tudi pred več kot stoletjem, so pogojevale zgodnje zanimanje za to epoho. V tej tradiciji pa so predvsem podrobne in poglobljene študije na obsežnem gradivu v zadnjih desetletjih rodile prepričljive kronološke sheme, pri katerih so morda nekoliko ohlapnejši le še nekateri prehodni deli. Prav

26 Izvzeti je potrebno le študije Ljubljanskega barja.

27 Izkopavanje prvega žarnega grobišča v Rušah je bilo v letih 1875 (Müllner) in 1876 (Wurmbrand).

28 Pa tukaj ne mislimo ponovno razglabljati o njuni delitvi, vsekakor pa bodo predvsem podatki iz Nove Table.

tukaj je slutiti pomembno vlogo radiokarbonskih datacij.³⁰ Kot drugi razlog, ki so ga in ga raziskovalci dobro poznajo, je t.i. halštatski plato (*Hallstatt plateau*, slika 7), ki se odraža v nezanesljivosti datacij iz precejšnjega dela starejše železne dobe, predvsem v obdobju od pribl. 800 do 400 pr. Kr., kar je moč razbrati tudi iz priloge 1.³¹

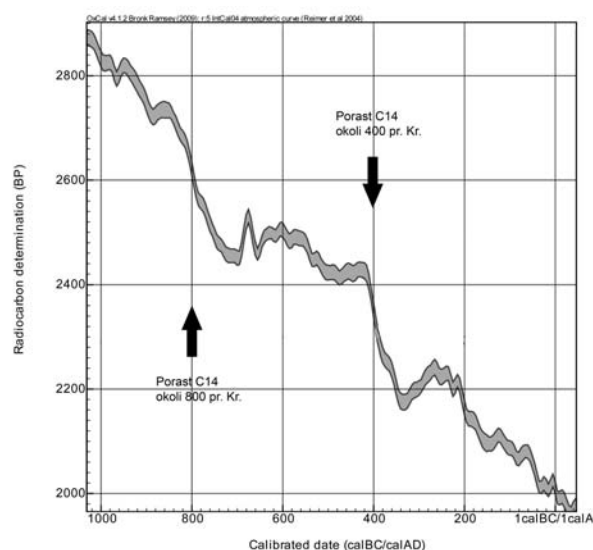
Vsaj takšen delež kot navedena dejstva pa ima pri razmerjih tudi število odkritih najdišč na trasah slovenskih avtocest,³² kjer je odstotek železnodobnih pičel.³³

V premislek

Seveda pa ob nekaj tukaj predstavljenih primerih ne moremo kar zaključiti z ugotovitvijo, da slovenski arheologi, ki svoje raziskave usmerjamo v pozno prazgodovino, kar vsi razumemo in pravilno uporabljamo ter interpretiramo radiokarbonske in druge absolutne datume.

Že pri odločanju za radiokarbonske analize naj bo vodilo razum, datacija pa orodje, s katerim bomo odgovorili na točno določeno vprašanje, nikakor pa ne smemo kopičiti rezultatov analiz samo zato, ker jih lahko, brez da bi z njimi nekaj želeli doseči. Tudi izbiri vsakega posameznega vzorca naj botruje premislek, narejena pa naj bo s poprejšnjim poznavanjem potreb laboratorija, izbranega po ključu zanesljivosti. Če gre za datacijo enega vzorca, ga je ob morebitnih pomislekih koristno poslati tudi kateremu izmed drugih laboratorijev visokega kakovostnega nivoja, predvsem pri večjih serijah pa se priporoča pošiljanje

enemu laboratoriju, saj je tako zagotovljena enaka obdelava in način analize, s tem pa tudi ob napakah enotno odstopanje.



Slika 7. Grafični prikaz t.i. halštatskega platoja.
Figure 7. Graphical representation of the Hallstatt plateau.

Tudi pri delu z datumi moramo biti preudarni. Današnja praksa, ki jo sledimo pri nekaterih raziskavah, je enkrat slepo zaupanje dataciji/-am, zopet drugič pa analize ali del njih ostanejo brez komentarja in brez povezave s širšim kontekstom najdišča. Mnogo je tudi objav, kjer so datumi objavljeni pomanjkljivo, kar je razvidno tudi iz priloge 1, ki prinaša datacije, kot jih navajajo posamezni avtorji.

Po vsem povedanem pa smo še zmeraj na napačni poti, če nam ni skupen cilj čim prejšnja vzpostavitev kakovostne zvezne relativne in absolutne kronologije za kar se da dolgo časovno obdobje, ki bo omogočala nov nivo raziskav tudi iz vidika medregionalnih povezav. Tako bi lahko potem le s primerjavami gradiva določali tudi natančno absolutno kronološko mesto velike večine najdišč in ne bi po nepotrebnem datirali bodisi najdišč s kronološko občutljivim gradivom bodisi neizpovednih naj-

32 Ta čas je posebej izpostavljen, saj je prišlo ravno s temi projekti do zagona na področju uporabe različnih naravoslovnih analiz v arheološke namene, saj tega prej, razen v nekaterih primerih, finančna sredstva niso dopuščala.

33 Naj izpostavim le najdišča Nova Tabla pri Murski Soboti (Guštin, Tiefengraber 2003), Kotare (Kerman 2003) Srednica pri Ptuj (Lubšina-Tušek 2008a), Rogoza (Črešnar 2009), Hotinjo vas pri Mariboru (doslej neobjavljeno).

29 Med naselbinami je takšno Pobrežje pri Mariboru, ki bo dovoljevalo edinstven vpogled v relacijo naselja in grobišča (Strmčnik Gulič 2003, Strmčnik-Gulič, Kajzer Cafnik 2007), velik pomen pa bodo imela tudi grobišča iz Miklavža pri Mariboru (Murko 2008), Zavrča (Lubšina-Tušek 2008b) in Obrežja (Mason 2003).

30 V tej zvezi je potrebno opomniti na grob iz gomile 2 na Rogozi, pri katerem gre po gradivu in dataciji, za enega izmed najzgodnejših halštatskih gomilnih grobov pri nas (pril. 1, Črešnar 2009b). Še posebej bo zanimiv njegov absolutnokronološki odnos z grobiščem v Miklavžu (Murko 2008), ki je zaradi železnega nakita in sorodnih keramičnih oblik verjetno sočasno z ormoško nekropolo, datirano na sam konec kulture žarnih grobišč (Tomanič-Jevremov 1988-89).

31 V letih pribl. 800 in 390 pr. Kr. je prišlo do občutnejšega porasta vsebnosti C^{14} v ozračju. Prekomerni C^{14} je nato v ozračju razpadal enako kot v že odmrlih organizmih, kar je razvidno v oblikovanem platoju. Organizmi, ki so rasli med leti 810 in 390 pr. Kr., tako redno izkazujejo radiokarbonsko starost med 2550 in 2400 BP, medtem pa tisti starejši od 850 pr. Kr. med 2900 in 2650 BP ter tisti mlajši od 410 pr. Kr. med 2250 in 2000 BP. Takšna situacija domala onemogoča natančnejše datiranje v omenjenem časovnem obdobju (Trachsel 2004, 145).

dišč brez najdb, kar se, pa naj se sliši še tako bizarno, prav tako dogaja. Pri tem se nadajamo, da bo že tekoči projekt na Oddelku za arheologijo skrajšal pot k temu cilju.

Najdišče / časovno obdobje oz. kulturna skupina	Vzorec	Objavljene radiokarbonske in/ali absolutne starosti	Objava datacij
Parte na Ljubljanskem barju / Somogyvár-Vinkovci	les	3971±47 BP (branike 136-146 v hrastovo-jesenovi kronologiji)	Velušček, Čufar 2002, 2003
	les	3996±42 BP (branike 167-186 v hrastovo-jesenovi kronologiji)	
Založnica pri Kamniku pod Krimom / Somogyvár-Vinkovci	les	3923±23 BP (branike 210-219 v hrastovo-jesenovi kronologiji)	Velušček, Čufar 2003
Za Raščico pri Krogu / Somogyvár-Vinkovci ³⁴	ogljje	3777±89 BP (2340 (54,0 %) 2110 cal. BC)	Šavel 2005
	ogljje	3710±75 BP (2210 (62,3 %) 2010 cal. BC)	
	ogljje	2140–1920 BC	
	ogljje	2210–1970 BC	
	ogljje	1960–1730 BC	
	ogljje	800–520 BC	
Krog pod Kotom - jug / Kisapostag	ogljje	4290±140 BP (3100 - 2830 BC (43.5%), 2820 - 2660 BC (22.9%), 1σ, Z-3174)	Sanković 2009, Obelić 2009.
	ogljje	3455±105 BP (1890 - 1620 cal. BC (67.2%), 1σ, Z-3175)	
	ogljje	3330±110 BP (1750 - 1490 cal. BC (66.0%), 1σ, Z-3173)	
	ogljje	3280±85 BP (1690 - 1490 cal. BC (59.9%), 1480 - 1450 BC (8.2%), 1σ, Z-3176)	
Mali Otavnik pri Bistri na Ljubljanskem barju / Kisapostag, pramenasta keramika, ?	živalska kost	3560±40 BP (2020-1860 cal. BC, 1850-1770 cal. BC, 2σ, Beta-241259)	Gaspari 2008 ³⁵
	les	2560±50 BP (810-720 cal. BC, 700-540 cal. BC, 2σ, Beta-235639)	
Rogoza / Kisapostag	ogljje	3630±30 BP (2044-1903 cal. BC (2σ - 86,8 %) oz. 2030-1950 cal. BC (1σ - 68,3 %), KIA37300)	Črešnar 2009
	ogljje	3664±25 BP (2065-1958 cal. BC (2σ - 57, 2 %), 2127-2089 cal. BC (1σ - 30,1 %), KIA37306)	
/ pozna zgodnja bronasta doba	ogljje	3423±31 BP (1779 - 1632 cal. BC (2σ - 84,9 %), 1760 - 1685 cal. BC (1σ - 66,3 %), KIA37289)	
	ogljje	3377±29 BP (1748 - 1608 (2σ - 94,4 %), 1692 - 1630 (1σ - 58,7 %), KIA37310)	
	ogljje	3356±34 BP (1698 - 1602 cal. BC (2σ - 68,7 %), 1691 - 1610 cal. BC (1σ - 64,9 %), KIA37299)	
/ kultura žarnih grobišč (Ha A, Ha B1)	ogljje	2977±24 BP (cal BC 1300 - 1125 cal. BC (2σ - 95,4 %), 1263 - 1192 cal. BC (1σ - 53,3 %), KIA37296)	
	ogljje	2952±22 BP (1263 - 1112 cal. BC (2σ - 91,6 %), 1212 - 1127 cal. BC (1σ - 64,9 %), KIA37293)	
	ogljje	2932±27 BP (1220 - 1041 cal. BC (2σ - 87,8 %), 1209 - 1111 cal. BC (1σ - 57,4 %), KIA37307)	
	ogljje	2916±29 BP (1213 - 1013 cal. BC (2σ - 93,5 %), 1132 - 1049 cal. BC (1σ - 52,6 %), KIA37294)	
	ogljje	2910±31 BP (1212 - 1008 cal. BC (2σ - 93,5 %), 1131 - 1041 cal. BC (1σ - 56,7 %), KIA37298)	
	ogljje	2896±31 BP (1211 - 994 cal. BC (2σ - 95,4 %), 1124 - 1022 cal. BC (1σ - 68,3 %), KIA37291)	
	ogljje	2906±24 BP (1134 - 1010 cal. BC (2σ - 78,4 %), 1032 - 1030 cal. BC (1σ - 66,9 %), KIA37295)	
	ogljje	2900±27 BP (1134 - 1004 cal. BC (2σ - 81,1 %), 1126 - 1038 cal. BC (1σ - 65,6 %), KIA37297)	
	ogljje	2890±25BP (1132 - 998 cal. BC (2σ - 88,7 %), 1116 - 1037 cal. BC (1σ - 63,5 %), KIA37288)	
	ogljje	2876±24 BP (1128 - 975 cal. BC (2σ - 94,4 %), 1058 - 1009 cal. BC (1σ - 44,4 %), KIA37305)	
	ogljje	2864±27 BP (1125 - 971 cal. BC (2σ - 88,7 %), 1059 - 997 cal. BC (1σ - 50,5 %), KIA37290)	
/ starejša železna doba	ogljje	2668±28 BP (850 - 797 cal. BC (2σ - 81,1 %), 835 - 802 cal. BC (1σ - 68,3 %), KIA37304)	
	ogljje	2568±29 BP (806 - 749 cal. BC (2σ - 70,6 %), 798 - 764 cal. BC (1σ - 62,2 %), KIA37309)	
?	ogljje	31320 ± 240 / -230 BP (KIA37292)	

34 Med vsemi datacijami sta natančneje komentirani le prvi dve, ki pripadata vodnjaku in enemu izmed objektov (Šavel 2005, 81).

35 Pri obeh datacijah gre na podlagi ugotovitev laboratorija lahko za kasnejšo kontaminacijo, tako da lahko gre tudi za bolj ali manj pomlajšane datacije.

Nova Tabla / Kisapostag, pramenasta keramika		2144-2025 cal. BC (2σ, KIA21385)	Guštin 2005	
		2033-1844 cal. BC (2σ, KIA21387)		
		1941-1766 cal. BC (2σ, KIA21388)		
		1951-1744 cal. BC (2σ, KIA21391)		
		1744-1687 cal. BC (1σ, KIA15548)		
Kamna Gorica pri Ljubljani / (zgodnja in) srednja bronasta doba	ogljje	3180±40 BP	18.-15. st. cal BC	Turk, Svetličič 2006
	ogljje	3400±40 BP		
Podsmreka / srednja bronasta doba in starejše KŽG		3080±40 BP (1420-1260 cal BC, 2σ, Beta-205133)		Murgelj 2009, 15-16, 72-73
		3040±40 BP (1400-1190 cal BC, 2σ, Beta-205129)		
		3020±40 BP (1390-1130 cal BC, 2σ, Beta-205138)		
		2990±40 BP (1380-1100 cal BC, 2σ, Beta-205130)		
/ starejša železna doba		2460±40 BP (780-410 cal BC, 2σ, Beta-205131)		
		2470±40 BP (780-410 cal BC, 2σ, Beta-205136)		
Gornje njive pri Dolgi vasi / srednja bronasta doba in starejše KŽG		3145±110 BP (1530-1250 BC (1σ - 67,2%), 1700-1050 BC (1σ - 95,4%), Z-2954)		Šavel 2008
Dragomelj / KŽG (Ha A, Ha B1)	ogljje	2990±40 BP (1378-1060 cal. BC, 2σ, GrA-10022)		Turk 2003, 111 ³⁶
	ogljje	2890±40 BP (1200-928 cal. BC, 2σ, GrA-10025)		
	ogljje	2840±40 BP (1116-904 cal. BC, 2σ, GrA-10028)		
	ogljje	2890±40 BP (1200-928 cal. BC, 2σ, GrA-10030)		
Hajndl pri Ormožu / KŽG, starejša železna doba	les	1190-1140 cal BC, 1130-920 cal BC		Magdič 2006, 12
	les	800-750 cal BC, 720-520 cal BC		
Cvinger pri Dolenjskih Toplicah / KŽG (1-2)/starejša železna doba (3)	ogljje	1000-820 cal. BC (2σ, Beta-192535)		Dular, Križ 2004 / 229, 232 op. 40, 46
	ogljje	920-800 cal. BC (2σ, Beta-192536)		
	ogljje	710-530 cal. BC (1σ, Beta-192534)		
Camberk nad Cerovim Logom / starejša železna doba	ogljje	2530±40 BP (800-520 cal. BC, 2σ, Beta-202704)		Dular 2008, op. 93
Ostri vrh pri Štanjelu / starejša železna doba	ogljje	2505±80 BP (790-520 cal. BC, 2σ, OxA-4083)		Teržan, Turk 2005, Fig. 13
	ogljje	2455±80 BP (790-490 cal. BC, 2σ, OxA-4082)		
	ogljje	2415±80 BP (770-380 cal. BC, 2σ, OxA-4081)		
	ogljje	2505±80 BP (770-380 cal. BC, 2σ, OxA-4090)		
Most na Soči – Repelc / železna doba	ogljje	2501±40 BP (785-522 cal BC, 2σ, KIA24524)		Gaspari, Mlinar 2005, op. 5
	?	4. in 3. stoletje		Mlinar 2008, 78, op. 97

Priloga 1. Pomembnejše objavljene radiokarbonske datacij iz najdišč bronaste in starejše železne dobe na Slovenskem.

Appendix 1. The more important published radiocarbon dates from the Bronze and Early Iron Age sites from Slovenia.

36 Isti datumi so objavljeni tudi v doktoratu P. Turka, kjer so opremljeni tudi z grafično podobo in kalibracijsko metodo.

Radiocarbon Dating of the Bronze and Early Iron Age – The Slovenian Perspective
(Summary)

Radiocarbon dating first developed in the years before the Second World War. It is the most frequently used method for dating organic material from the late prehistoric contexts. Its potential has resulted in it being constantly improved. This means that at the time of writing the story is far from over (Libby 1963, 567-569; Currie 2004; Cook, van den Plicht 2007;).

The biggest step in the last decades was the turn from the conventional (or radiometric) procedures to the AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*) method, which in many ways highly improved the efficiency of the analyses (Jull 2007a, 454; 2007b).

However, the result gained is due to the nature of radiocarbon decay still a coincidental process, that is why the measured results can be only presented as an estimation of the real age. If the result is then to be used in the study of Late Prehistory, it has to be calculated into historical i.e. absolute time. This is only possible if we know the changes of ^{14}C values within the reach of the dating method. The so-called calibration curve is used for this purpose. This unites the organic material with the known age (e.g. tree rings) and their radiocarbon value (Burr 2007, 2931; van den Plicht 2007). The most recent calibration curve is IntCal04 (Fig. 3) (Remier et al. 2004), which is also used by the most widespread computer calibration programs OxCal, BCal and Calib.

When results have been obtained their presentation and publication have to be appropriate, which means that we have to publish the both uncalibrated and calibrated dates, accompanied by the possible remarks from the laboratory in footnotes.

In addition to the uncertainties sometimes deriving from the laboratories, archaeologists have to be aware of the fact that it is mostly up to them to make the results and their interpretation relevant. The first thing to know before we acquire the sample from a closed context is the needs of the laboratory. However, we also have to know the limitations of the sampled material and what event we are dating with each sample. Last but not least the analysis has to be made for a reason, not just because we can do it with almost no limitations in sample size,

but because the find, the context or the site is of a broader importance.

The use of radiocarbon dating in Slovenia is in a phase of considerable increase. The first and main reason are the well organized excavations, which have accompanied the building of the Slovenian motorways.

However, it is not only excavations, but also publications that are more and more often including radiocarbon dates (App. 1), quite frequently presented entirely and interpreted in a scientific way (Velušček, Čufar 2003, Gaspari 2008; Budja, Mlekuž 2008a, 2008b; Hüls 2009). If we take a quick look at the list of the most important dated sites in Slovenia (App. 1), we can conclude that the majority of them come from Bronze Age sites. It is not only the *Hallstatt plateau* which the scientists avoid, but it is also the good knowledge of a detailed Early Iron Age chronology, which has only to be additionally consolidated in the transitional periods. The opposite is true of Bronze Age studies, which was "terra incognita" twenty years ago, especially with regard to the Early and Middle Bronze Age. However, times are changing and new prehistoric sites have started appearing in high numbers. The radiocarbon dating was and is still led by the typological-chronological analysis, a great help for the establishing of late prehistoric chronology, but, still very far from being clear.

Literatura

- AMBERS, J. 1994, Radiocarbon and calendar chronologies: some practical difficulties in the use of ^{14}C in archaeology. - V: Skeates, R., R. Whitehouse (ur.), *Radiocarbon dating and Italian Prehistory*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 8, 7-14.
- BARBINA, V., A. DEL FABBRO, F. CALLIGALIS 1994, An overview of the reliability of radiocarbon dating. - V: Skeates, R., R. Whitehouse (ur.), *Radiocarbon dating and Italian Prehistory*. Archaeological Monographs of the British School at Rome 8, 25-33.
- BIRD, M. I. 2007, Radiocarbon dating. Charcoal. - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 2950-2958.
- BONSALL, C., Mi. HORVAT, K. MCSWEENEY, M. MASSON, T. F. G. HIGHAM, C. PICKARD, G. T. COOK 2007, Chronological and Dietary Aspects of the Human Burials from Ajdovska Cave, Slovenia. - *Radiocarbon* 49/2, 727-740.
- BRONK RAMSEY, C. 1998, Probability and dating. - *Radiocarbon* 40, 461-474.
- BUDJA, M. 1988, Moverna vas : neolitsko in eneolitsko najdišče / neolithic and eneolithic site. - *Arheološki pregleđ* 29, 50-55.
- BUDJA, M. 1990, Moverna vas: Črnomelj. - *Arheološka najdišča Dolenjske*. Arheo. Posebna številka izdana ob 100-letnici arheoloških raziskav v Novem mestu, str. 13-16.
- BUDJA, M. 1994, Neolithic studies in Slovenia: an overview. - *Atti della Società per la preistoria e protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia* 8, 7-28.
- BUDJA, M., D. MLEKUŽ 2008a, Poplavna ravnica Ižice in prazgodovinska kolišča / The Ižica floodplain and 'pile-dwellings' in prehistory. - *Arh. vest.* 59, 359-370.
- BUDJA, M., D. MLEKUŽ 2008b, Settlements, landscape and paleoclimate dynamics on the Ižica floodplain of the Ljubljana Marshes. - *Documenta Prehistorica* 35, 45-54.
- BURR, G. S. 2007, Radiocarbon dating. Causes of Temporal variations. - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 2931-2941.
- COOK, G. T., J van den PLICHT 2007, Radiocarbon dating. Conventional method. - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 2889-2911.
- CULIBERG, M., Mi. HORVAT, A. ŠERCELJ 1992, Karpološke in antrakomske analize rastlinskih ostankov iz neolitske jamske nekropole Ajdovska jama. - *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 20, 111-126.
- CURRIE, L. A. 2004, *The Remarkable Metrological History of Radiocarbon Dating [II]*. - *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology* 109/2, 185-217.
- ČREŠNAR, M. 2009, *Rogoza pri Mariboru in njeno mesto v bronasti in starejši železni dobi Podravja*. - Doktorska disertacija na Oddelku za arheologijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, Ljubljana.
- ČREŠNAR, M. 2010, *Rogoza pri Mariboru*. - Arheologija na avtocestah Slovenije (v tisku).
- ČUFAR, K., T. KORENČIČ 2006, Raziskave lesa z Resnikovega prekopa in radiokarbonsko datiranje / *Investigations of Wood from Resnikov prekop and Radiocarbon Dating*. - V: Velušček, A. (ur.) *Resnikov prekop*. Najstarejša koliščarska naselbina na Ljubljanskem barju / *The oldest Pile-Dwelling Settlement in the Ljubljansko barje*. *Opera Instituti Archaeologici Sloveniae* 10, 123-128.
- ČUFAR, K., B. KROMER 2004, Radiokarbonsko datiranje kronologij širin branik s Hočevarice / *Radiocarbon Dating of Tree-Ring Chronologies from Hočevarica*. - V: Velušček, A. (ur.) *Hočevarica*. Eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju / *An Eneolithic Pile-Dwelling in the Ljubljansko barje*. *Opera Instituti Archaeologici Sloveniae* 8, 281-285.
- ČUFAR, K., T. LEVANIČ, A. VELUŠČEK 1997, Dendrokronološke raziskave na koliščih Založnica in Parte. - *Arh. vest.* 48, 15-26.

- ČUFAR, K., A. VELUŠČEK 2004, Dendrokronologija in dendrokronološke raziskave v Sloveniji. - V: Velušček, A. (ur.) Hočevarica. Eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju / *An Eneolithic Pile-Dwelling in the Ljubljansko barje*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 8, 263-273.
- DULAR, J. 1999, Starejša, srednja in mlajša bronasta doba v Sloveniji - stanje raziskav in problemi. - *Arh. vest.* 50, 81-96.
- DULAR, J. 2008, Mihovo in severni obronki Gorjancev v prvem tisočletju pr. Kr. - *Arh. vest.* 59, 111-148.
- DULAR, J., I. ŠAVEL, S. TECCO-HVALA 2002, *Bronastodobno naselje Oloris pri Dolnjem Lakošu*. - Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 5.
- DULAR, J., B. KRIŽ 2004, Železnodobno naselje Cvinger pri Dolenjskih Toplicah. - *Arh. vest.* 55, 207-250.
- GASPARI, A. 2008, Bronastodobno kolišče Mali Otavnik pri Bistri na Ljubljanskem barju. - *Arh. vest.* 59, 57-89.
- GASPARI, A., M. MLINAR, Grob z mahairo z Mosta na Soči. Zadnje izvedbe enoreznih mečev z odklonjenim ročajem. - *Arh. vest.* 56, 169-186.
- GAVIN, D. G. 2001, Estimation of inbuilt age of the soil charcoal from fire history studies. - *Radiocarbon* 43, 27-44.
- GUŠTIN, M. 2005, Starejša bronasta doba v Prekmurju. Horizont pramenaste (Litzen) lončenine. - *Zbornik soboškega muzeja* 8, 85-98. - Murska Sobota.
- GUŠTIN, M., G. TIEFENGRABER 2003, Grobišče starejše železne dobe. - V: Prešeren, D. (ur.), *Zemlja pod vašimi nogami. Arheologija na avtocestah Slovenije. Vodnik po najdiščih*, 54-59. - Ljubljana.
- HEDGES, R. E. M., CHEN TIEMEI, R. A. HOUSLEY, 1992, Results and methods in the radiocarbon dating of pottery. - *Radiocarbon* 34/3, 906-915.
- HAGENS, G. 2006, Testing the Limits: Radiocarbon Dating and the End of the Late Bronze Age. - *Radiocarbon* 48/1, 83-100.
- HATTÉ, C., A. J. T. JUL 2007, Radiocarbon dating. Plant Macrofossils. - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 2958-2965.
- HORVAT, Ma., Mi. HORVAT 1984, Kostni ostanki v Ajdovski jami pri Nemški vasi. - *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 12, 29-32.
- HÜLS, C. M., P. M. GROOTES, M.-J. NADEAU, F. BRUHN, P. HASSELBERG, H. ERLLENKEUSER 2004, AMS radiocarbon dating of iron artefacts. - *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 223-224, 709-715.
- HÜLS, C. M. 2009, Results of radiocarbon dating of samples KIA 21324 and KIA 21325. - V: Šavel, I. (ur.), *Pod Kotom - jug pri Krogu*. AAS 7, 137-138.
- JUL, A. J. T. 2007a, Dating techniques. - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 453-459.
- JUL, A. J. T. 2007b, Radiocarbon dating. AMS Method. - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 2911-2918.
- KERMAN, B. 2003, Kotare pri Murski Soboti. - V: Prešeren, D. (ur.), *Zemlja pod vašimi nogami. Arheologija na avtocestah Slovenije. Vodnik po najdiščih*, 211-212. - Ljubljana.
- KUZMIN, Y. V. et al. 2001, Radiocarbon and thermoluminescence dating of the pottery from the early Neolithic site of Gasya (Russian Far East): initial results. - *Quaternary Science Reviews* 20/5-9, 945-948.
- KUZMIN, Y. V., V. M. VETROV 2007, The earliest Neolithic complex in Siberia: the Ust-Karenga 12 site and its significance for the Neolithisation process in Eurasia. - *Documenta Praehistorica* 34, 9-20.
- LANTING et al. 2001, Dating of cremated bones. - *Radiocarbon* 43, 249-254.
- LIAN, O. B. 2007, Thermoluminescence. - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 1480-1491.
- LIBBY, W. F. 1963, Radiocarbon dating. - *Annals of Internal Medicine* 59/4, 566-578.

- LUBŠINA-TUŠEK, M. 2008a, Zgornja Hajdina - arheološko najdišča Srednica. - *Var. spom.* 44, 316-319.
- LUBŠINA-TUŠEK, M. 2008b, Zavrč - arheološko najdišče Prodica. - *Var. spom.* 44, 309-311.
- MAGDIČ, A. 2006, *Prazgodovinska naselbina Hajndl pri Ormožu. Izkopavanje 1999/2000 - območje 2.* - Diplomsko delo na Oddelku za arheologijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, Ljubljana.
- MARKOVIĆ, Z. 2003, O genezi i počecima licenskoke-ramičke kulture u sjevernoj Hrvatskoj. - *Opuscula archaeologica* 27, 117-150.
- MASON, P. 2003, Obrežje MMP. - V: Prešeren, D. (ur.), *Zemlja pod vašimi nogami. Arheologija na avtocestah Slovenije. Vodnik po najdiščih*, 202-203. - Ljubljana.
- MICHELS, J. W. 1972, Dating methods. - *Annual Review of Anthropology* XY, 113-126.
- MLEKUŽ, D., M. BUDJA, R. AYTON, C. BONSALE 2008, "Mind the gap": Caves, radiocarbon sequences and the Mesolithic-Neolithic transition in Europe - lessons from the Mala Triglavca rockshelter site. - *Geoarchaeology* 23/3, 398-416.
- MLINAR, M. 2008, *Most na Soči (Sv. Lucija) - izkopavanja na grobišču 2000-2002.* - Magistrsko delo na Oddelku za arheologijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, Ljubljana.
- MÜLLER-KARPE, H. 1959, *Beiträge zur Chronologie der Urnenfelderzeit nördlich und südlich der Alpen.* - Röm. Germ. Forsch. 22.
- MURGELJ, I. 2008, *Srednja bronasta doba na Dolenjskem - primer Podsmreka.* - Magistrsko delo na Oddelku za arheologijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, Ljubljana.
- MURKO, M. 2008, Miklavž na Dravskem polju - gomilno grobišče. - *Var. spom.* 44, 156-158.
- NAYSMITH, P. et al. 2007, *A cremated bone intercomparison study*, *Radiocarbon* 49/2, 403-408.
- OBELIČ, B. 2009, Rezultati ^{14}C analiz vzorcev oglja. - V: Šavel, I. (ur.), *Pod Kotom - jug pri Krogu*. AAS 7, 147.
- OLSEN, J. et al. 2008, Characterisation and blind testing of radiocarbon dating of cremated bone. - *Journal of Archaeological Science* 35, 791-800.
- REIMER, P. J. et al. 2004, INTCAL04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. - *Radiocarbon* 46, 1029-1058.
- REIMER, P. J., R. W. REIMER 2007, Radiocarbon dating. Calibration. - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 2941-2950.
- SANKOVIČ, S. 2009, Zgodnjebronastodobne najdbe. - V: Šavel, I. (ur.), *Pod Kotom - jug pri Krogu*. AAS 7, 139-146.
- SCHARF, A., W. KRETSCHMER, T. UHL, K. KRITZLER, K. HUNGER, E. PERNICKA, 2005, Radiocarbon dating of iron artefacts at the Erlangen AMS-facility. - *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 240, 478-482.
- SCOTT, E. M. 2003, The Third International Radiocarbon Intercomparison (TIRI) and the Fourth International Radiocarbon Intercomparison (FIRI), 1990-2002. Results, analyses and conclusions. - *Radiocarbon* 45, 135-408.
- SCOTT, E. M. 2007, Radiocarbon dating. Source of error. - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 2918-2923.
- STOTT, A. W. et al. 2001, Radiocarbon dating of single compounds isolated from pottery cooking vessel residues. - *Radiocarbon* 43/3, 191-197.
- STRMČNIK-GULIČ, M. 2003, Pobrežje pri Mariboru. - V: Prešeren, D. (ur.), *Zemlja pod vašimi nogami. Arheologija na avtocestah Slovenije. Vodnik po najdiščih*, 206-207. - Ljubljana.
- STRMČNIK-GULIČ, M., M. KAJZER CAFNIK 2007, Maribor - prazgodovinska naselbina na Pobrežju. - *Var. spom.* 43, 133-135.
- SUTER, M. 2004, 25 years of AMS - a review of recent developments. - *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 223-224, 139-148.

- SYNAL, H.-A., M. STOCKER, M. SUTER 2007, MICADAS: A new compact radiocarbon AMS system. - *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 259, 7-13.
- ŠAVEL, I. 2005, Najdišče za Raščico pri Krogu - naselbina kulture Somogyvár-Vinkovci. - *Zbornik soboškega muzeja* 8, 39-84. - Murska Sobota.
- ŠAVEL, I. 2008, Prazgodovinske najdbe. - V: Šavel, I., B. Kerman (ur.), *Gornje njive pri Dolgi vasi*, AAS 6, 18-23.
- TERŽAN, B. 1999, Oris obdobja kulture žarnih grobišč na Slovenskem. - *Arh. vest.* 50, 97-143.
- TERŽAN, B., P. TURK 2005, The Iron Age tower upon Ostri vrh. - V: Bandelli, G., E. Montagnari Kokelj (ur.), *Carlo Marchesetti e i castellieri 1903-2003*. Fonti e studia per la storia della Venezia Giulia IX., Trieste, 339-352.
- TOMANIČ-JEVREMOV, M. 1988-89, Žarno grobišče v Ormožu. - *Arh. vest.* 39-40, 277-322.
- TURK, I. 1989, Izotopske metode datiranja nekoč in danes. Temeljne aplikacije v paleolitski arheologiji in kronologiji mlajšega pleistocena. - *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 17, 53-59.
- TURK, P. 2003, Late Bronze Age Lowland Settlement in Central Slovenia. - V: *Diachronic Settlement Studies in the Metal Ages*, 109-119. - Arhus.
- TURK, P., V. SVETLIČIČ 2006, Kamna Gorica pri Ljubljani. - *Var. spom.* 42 - poročila, 56-59.
- van den PLICHT, J. 2007, Variations in Atmospheric ^{14}C . - V: Elias S. A. (ured.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. - Amsterdam, 2923-2931.
- VELUŠČEK, A., K. ČUFAR 2002, Dendrokronološke raziskave kolišč na Ljubljanskem barju. - *Arh. vest.* 53, 59-67.
- VELUŠČEK, A., K. ČUFAR 2003, Založnica pri Kamniku pod Krimom na Ljubljanskem barju - naselbina kulture Somogyvár-Vinkovci. - *Arh. vest.* 54, 123-158.
- VELUŠČEK, A. 2006, Resnikov prekop - sondiranje, arheološke najdbe, kulturna opredelitev in časovna uvrstitev / Resnikov prekop - Sample Trenching, Archaeological Finds, Cultural and Chronological Classification (Summary). - V: Velušček, A. (ur.) *Resnikov prekop. Najstarejša koliščarska naselbina na Ljubljanskem barju* / The oldest Pile-Dwelling Settlement in the Ljubljansko barje. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 10, 19-86.
- WANG, Y., R. AMUNDSON 1996, Radiocarbon Dating of Soil Organic Matter. - *Quaternary Research* 45, 282-288.
- ZAVATTARO, D., G. QUARTA, M. D'ELIA, L. CALCAGNILE 2007, Recent documents dating: An approach using radiocarbon techniques. - *Forensic Science International* 167, 160-162.