

# Okoljska arheologija in paleoekologija

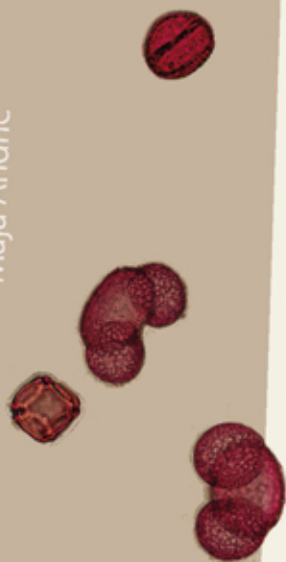
## ARHEOBOTANIKA

Tjaša Tolar



## PALINOLOGIJA

Maja Andrič



## ARHEOZOOLOGIJA

Borut Toškan



Maja Andrič, Tjaša Tolar in Borut Toškan

Okoljska arheologija in paleoekologija: palinologija, arheobotanika in arheozoologija

<i>Recenzenti</i>	Mateja Belak, Jana Horvat, Katarina Čufar, Irena Debeljak, Janez Dirjec, Andrej Gaspari, Špela Goričan, Andrej Martinčič, Nejc Jogan, Elena Leghissa, Tom Levanič, Primož Pavlin, Andrej Pleterski, Marjeta Šašel Kos, Urban Šilc
<i>Urednica</i>	Jana Horvat
<i>Jezikovni pregled</i>	Urška Kosec
<i>Tehnična ureditev in prelom</i>	Mateja Belak
<i>Risbe</i>	Tamara Korošec
<i>Fotografije</i>	Drago Valoh, Marko Zaplatil, Maja Andrič, Tjaša Tolar
<i>Oblikovanje platnic</i>	Tamara Korošec
<i>Izdajatelj</i>	Inštitut za arheologijo ZRC SAZU
<i>Založnik</i>	Založba ZRC, ZRC SAZU
<i>Zanju</i>	Anton Velušček, Oto Luthar
<i>Glavni urednik založbe</i>	Aleš Pogačnik
<i>Tisk</i>	Collegium Graphicum, d. o. o.
<i>Naklada</i>	210

Izid knjige sta podprla Znanstvenoraziskovalni center SAZU,  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS

Ljubljana 2016; prva izdaja, prvi natis

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

902:56  
56:574

ANDRIČ, Maja

Okoljska arheologija in paleoekologija : palinologija, arheobotanika in arheozoologija / Maja Andrič, Tjaša Tolar in Borut Toškan ; [risbe Tamara Korošec ; fotografije Drago Valoh ... et al.]. - 1. izd., 1. natis. - Ljubljana : Založba ZRC, ZRC SAZU, 2016

ISBN 978-961-254-872-8

1. Tolar, Tjaša, 1977- 2. Toškan, Borut, 1973-  
283335936

Digitalna verzija (pdf) je pod pogoji licence <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> prosto dostopna: <https://doi.org/10.3986/9789610503484>.

© 2016, ZRC SAZU, Inštitut za arheologijo, Založba ZRC

Vse pravice pridržane. Noben del te knjige ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v kateri koli obliki oz. na kateri koli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega pisnega dovoljenja lastnikov avtorskih pravic.

Knjiga je nastala v okviru raziskovalnega programa "Arheološke raziskave" (2009–2015, P6-0064), ki ga je financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

# KAZALO

SPREMNA BESEDA .....	5
<b>I. del: SPLOŠNO .....</b>	<b>7</b>
1 PALINOLOGIJA (Maja Andrič) .....	9
1.1 Zgodovina raziskav .....	9
1.2 Nastanek in zgradba pelodnih zrn .....	12
1.3 Tafonomija – v kakšnih razmerah se ohrani pelod in kako nastaja fosilni pelodni zapis? .....	15
1.4 Vzorčenje in shranjevanje vzorcev .....	18
1.5 Laboratorijska priprava vzorcev .....	24
1.6 Analiza vzorcev: identifikacija in kvantifikacija peloda, opis sedimenta, določanje koncentracije mikroskopskega oglja in starosti sedimenta .....	29
1.7 Interpretacija palinoloških rezultatov .....	35
2 ARHEOBOTANIKA (Tjaša Tolar) .....	43
2.1 Zgodovina raziskav .....	43
2.2 Tipi rastlinskih makroostankov z arheoloških najdišč .....	46
2.3 Tafonomija .....	56
2.4 Vzorčenje in shranjevanje vzorcev .....	59
2.5 Laboratorijska priprava vzorcev .....	66
2.6 Analiza rastlinskih makroostankov: razvrščanje, identifikacija, kvantifikacija .....	70
2.7 Interpretacija arheobotaničnih rezultatov .....	76
3 ARHEOZOLOGIJA (Borut Toškan) .....	81
3.1 Zgodovina raziskav .....	81
3.2 Tipi arheozooloških ostankov .....	83
3.3 Tafonomija .....	91
3.4 Vzorčenje in shranjevanje vzorcev .....	94
3.5 Laboratorijska priprava vzorcev .....	101
3.6 Analiza arheozooloških ostankov: opredelitev, opis in kvantifikacija .....	103
3.7 Interpretacija arheozooloških rezultatov .....	119
<b>II. del: PRIMERI PALEOOKOLJSKIH RAZISKAV .....</b>	<b>125</b>
UVOD .....	127
Taksonomija rastlin in živali .....	127
Časovne skale .....	129
1 PRIMERNA IZBIRA OSNOVNIH METOD DELA .....	133
1.1 Vpliv števila vzorcev na kakovost palinološke raziskave (Palinologija) .....	133
1.2 Odvzem vzorcev za arheobotanične raziskave (Arheobotanika) .....	142
1.3 Primerne metode dela za vzorce sedimenta, prepojene z vodo (Arheobotanika) .....	148
1.4 Pomen vzorčenja z mokrim sejanjem v arheozoologiji (Arheozoologija) .....	150

2	NEKATERE RASTLINE SO V FOSILNEM ZAPISU VIDNEJŠE KOT DRUGE .....	159
2.1	Ledenodobni srednjeevropski gozdovi (Palinologija) .....	159
2.2	Možnosti in omejitve palinoloških raziskav vlažnih kontekstov na arheoloških najdiščih (Palinologija) .....	161
2.3	Spekter arheobotaničnih ostankov iz zoglenelih in z vodo prepojenih sedimentov (Arheobotanika).....	166
2.4	Prevelika ali premajhna zastopanost nekaterih rastlinskih taksonov (Arheobotanika) .....	168
3	DIVJE ALI UDOMAČENO/KULTIVIRANO? .....	173
3.1	Kako zanesljiv pokazatelj začetka kulture žit je pelod? (Palinologija) .....	174
3.2	Ampelomorfologija (Arheobotanika) .....	176
3.3	Lan ( <i>Linum usitatissimum</i> ) kultiviran kot oljna ali tekstilna rastlina? (Arheobotanika) .....	180
3.4	Moderni pristopi k raziskovanju začetkov udomačevanja živali (Arheozoologija).....	181
4	NEKDANJE GOSPODARSTVO: VPLIV IN PRILAGODITEV ČLOVEKA NA OKOLJE ...	187
4.1	Nastanek neolitske in današnje kulturne krajine v Beli krajini (Palinologija).....	187
4.2	Zgodnje poljedelstvo med življenjem obalpskih kolišč (Arheobotanika).....	195
4.3	Po sledih začetka uvajanja zaprte reje prašičev v srednjeveški Evropi (Arheozoologija)...	204
5	PALEOOKOLJE .....	211
5.1	Poznoglacialna in holocenska vegetacija na Ljubljanskem barju ter vpliv koliščarjev na nekdanje okolje (Palinologija).....	211
5.2	Z vodo prepojeni arheobotanični makroostanki razkrivajo več (Arheobotanika) .....	217
5.3	Mali sesalci kot orodje za prepoznavanje paleookoljskih sprememb (Arheozoologija).....	220
6	PODNEBNE IN GOSPODARSKE SPREMEMBE V PROSTORU IN ČASU .....	227
6.1	Vpliv podnebja na vegetacijo (Palinologija) .....	227
6.2	Govedoreja v jugovzhodnih Alpah med vzponom in padcem Rimske države (Arheozoologija).....	239
7	IZPOVEDNA VREDNOST PO PRESOJI ODVZETIH VZORCEV .....	245
7.1	Fosilni iztrebki ali koproliti (Arheobotanika).....	245
7.2	Material iz nepopolno žganega predmeta, izdelanega iz gline (Arheobotanika).....	249
7.3	Ostanki tekstila, vrvi ali sukanca (Arheobotanika).....	251
8	ARHEOZOLOGIJA IN ZOOARHEOLOGIJA .....	255
8.1	O kultu jamskega medveda (Arheozoologija) .....	255
	LITERATURA .....	261
	SLOVARČKA .....	303
	Slovarček strokovnih izrazov .....	303
	Slovarček angleških strokovnih izrazov .....	316
	PRILOGE .....	318
	Priloga 1: Dokumentiranje spiranja sedimenta iz kulturne plasti za analizo rastlinskih makroostankov .....	318
	Priloga 2: Klasifikacija materiala v vzorcu/podvzorcu .....	319
	Priloga 3: Arheobotanična tabela .....	320

# Spremna beseda

Raziskovanje rastlinskih in živalskih ostankov z arheoloških najdišč ima na Slovenskem dolgo tradicijo, katere začetki segajo v drugo polovico 19. stoletja. Večina lokalnih arheologov je sicer tovrstne naravoslovne analize dolga desetletja razumevala kvečjemu kot zanimive okraske in jih pri interpretaciji preučevanih najdišč pravzaprav ni kaj prida upoštevala, v zadnjem času pa smo tudi na tem področju opazili očitni napredek. Med prve znanilce takšnih sprememb kaže prišteti dela Ivana Turka (npr. Turk in Dirjec 1988–89; 1990; 1991; Turk s sod. 1992; 1993), o celovitejšem vključevanju naravoslovja v arheologijo pa – ob vse številčnejših interdisciplinarnih člankih in monografijah – nazorno pričajo tudi, denimo, enakopravna objava paleobotaničnega in arheozoološkega poglavja v pregledno zasnovani 50. številki osrednje slovenske arheološke revije *Arheološki vestnik* (Bartosiewicz 1999a; Culiberg 1999) in organizacija delovnih srečanj, namenjenih predstavitvi naravoslovnih raziskav premične arheološke dediščine (npr. Istenič [ur.] 2010). V objavi prispevkov z ene izmed takšnih delavnic iz leta 2009 je bilo izpod peresa pristnega arheologa tako že mogoče prebrati tudi naslednjo misel: ‘V zadnjih letih so postale naravoslovne analize stalnica pri raziskovanju precejšnjega števila arheoloških najdišč, kar omogoča dvig njihove interpretacije na precej višjo raven’ (Črešnar 2010, 98). Žal pa je praksa pokazala, da sama želja po enakopravnejšem vključevanju naravoslovja v arheološke raziskave pogosto ni dovolj zaradi nezadostne seznanjenosti z osnovnimi problematikami, ki jih palinologija, arheobotanika in arheozologija lahko naslavlja, in s pastmi, ki prežijo predvsem na ravni vzorčenja arheobioloških najdb. Od tod povod za pripravo prvega priročnika o okoljski arheologiji in paleoekologiji pri nas, katerega poglobilni namen je ravno prispevati k zapolnitvi omenjene vrzeli.

Ob pripravi knjige smo njeni avtorji poskušali slediti trem ciljem. V prvi vrsti smo želeli obogatiti resnici na ljubo zelo pičlo ponudbo univerzitetnih učbenikov, ki obravnavajo palinološko, arheobotanično in arheozoološko problematiko, in s tem obenem prispevati tudi k razvoju slovenske strokovne terminologije. Knjiga se tako lahko uporablja kot univerzitetni učbenik pri dodiplomskem študiju arheologije, upamo pa, da ga bodo lahko koristno uporabili tudi študenti drugih ved (npr. biologije, geologije, geografije, gozdarstva, varstva narave itd.).

Delo pa nikakor ni namenjeno samo študentom! Upamo, da bo priročnik pomagal tudi že aktivnim raziskovalcem in da bo prispeval k postopni odpravi “komunikacijskih šumov”, ki pre pogosto obremenjujejo odnos med (terenskimi) arheologi in bioarheologi. Ob celoviti, a obenem ne preveč zapleteni predstavitvi teoretičnih osnov palinologije, arheobotanike in arheozologije, njihovih glavnih metodoloških prednosti in omejitev ter podajanju številnih konkretnih primerov arheobioloških raziskav pa želi biti knjiga

zanimivo branje tudi raziskovalcem drugih ved, bodisi kot motivacija za vključitev tovrstnih študij v njihovo raziskovalno delo bodisi preprosto kot pripomoček za razširitev njihovih obzorij.

Tretje ciljno bralstvo je nestrokovna zainteresirana javnost. Dejstvo je, da so zaradi majhnega števila aktivnih raziskovalcev na palinološkem, arheobotaničnem in arheozoološkem področju pri nas rezultati tovrstnih raziskav širši javnosti slabše znani. Večina objav je namreč namenjena drugim raziskovalcem in se pojavlja v obliki znanstvenih člankov in monografij. V tem času se je nabralo tudi nekaj poljudnoznanstvenih prispevkov (glej npr. Pavšič 1997; Toškan 2002; 2004; 2012; Govedič 2005; Andrič 2008; Andrič in Lane 2011; Tolar in Toškan 2012; Tolar 2013a), po katerih posega najširša javnost. V našem prostoru torej najbolj manjka predvsem arheobiološka literatura za nekoliko zahtevnejše laične bralce; odslej bi morala biti ta vrzel nekoliko manjša.

Knjiga je v organizacijskem smislu razdeljena na dva dela. Prvi, splošni del je posvečen teoretični predstavitvi vsake izmed treh ved. Orisu osnovnih vrst palinoloških, arheobotaničnih in arheozooloških najdb ter razmer, v kakršnih se takšne najdbe odlagajo in ohranjajo v sedimentu, sledi predstavitev poglobljenih raziskovalnih metod in najpomembnejših interpretativnih okvirjev. Pri tem so nekateri poudarki, ki so za razumevanje besedila še posebej pomembni, podani v nekoliko razširjeni obliki kot t. i. uokvirjena besedila (glej npr. str. 34). V drugem delu knjige, naslovljenem Primeri paleoekoloških raziskav, sta na kratko povzeta dobra dva ducata različnih študij tako s slovenskega ozemlja kot iz tujine. Te prikazujejo uporabnost okoljske arheologije pri obravnavi različnih arheološko pomembnih problematik (npr. nekdanje gospodarstvo, kultiviranje rastlin in udomačevanje živali, paleoekolje), obenem pa nazorno potrjujejo že v prvem delu izpostavljen pomen primerne izbire osnovnih metod dela. Opisani strukturi knjige sledi tudi uporabljen način sklicevanja na posamezna poglavja, npr. I. del/2.1 (tj. poglavje 2.1 v prvem, splošnem delu knjige) ali II. del/4.1 (tj. poglavje 4.1 v drugem delu). V nasprotju s tem je pri sklicevanju na uokvirjena besedila navedena kar ustrežna številka strani (npr. glej uokvirjeno besedilo na str. 65).

Pomemben del knjige je bogat seznam temeljne področne literature, ki ponuja poglobljen vpogled v posamezne od predstavljenih problematik. Na zadnjih straneh najdemo slovarček bralcu nemara manj znanih strokovnih izrazov (v besedilu so zapisane s krepkimi črkami) in seznam poslovenjenih izrazov iz angleščine, ki v našem prostoru še niso uveljavljeni, so pa specifični za vsako izmed treh predstavljenih ved.

Na koncu naj se kot avtorji zahvalimo vsem sodelavcem, ki so pomagali pri nastanku te knjige. Še posebej bi želeli izpostaviti oblikovalca grafičnega gradiva Tamaro Korošec in Dragutina Valoha, lektorico Urško Kosec, postavljavko besedila Matejo Belak ter urednico Jano Horvat. D. Valoh je, poleg Marka Zaplatila in piscev knjige, zaslužen za večino fotografij. V vseh drugih primerih so avtorji fotografij navedeni v podpisu posamezne slike. Zelo dragocena je bila seveda tudi pomoč številnih recenzentov (Mateja Belak, Jana Horvat, Katarina Čufar, Irena Debeljak, Janez Dirjec, Andrej Gaspari, Špela Goričan, Andrej Martinčič, Nejc Jogan, Elena Leghissa, Tom Levanič, Primož Pavlin, Andrej Pleterski, Marjeta Šašel Kos in Urban Šilc). Najlepša hvala vsem za dobro opravljeno delo. Dolžna zahvala pa gre vsekakor tudi Inštitutu za arheologijo ZRC SAZU, ki je prvi v slovenskem prostoru začutil nujno po rutinskem vključevanju okoljske arheologije in paleoekologije v temeljne arheološke raziskave.



**I. del:**  
**SPLOŠNO**







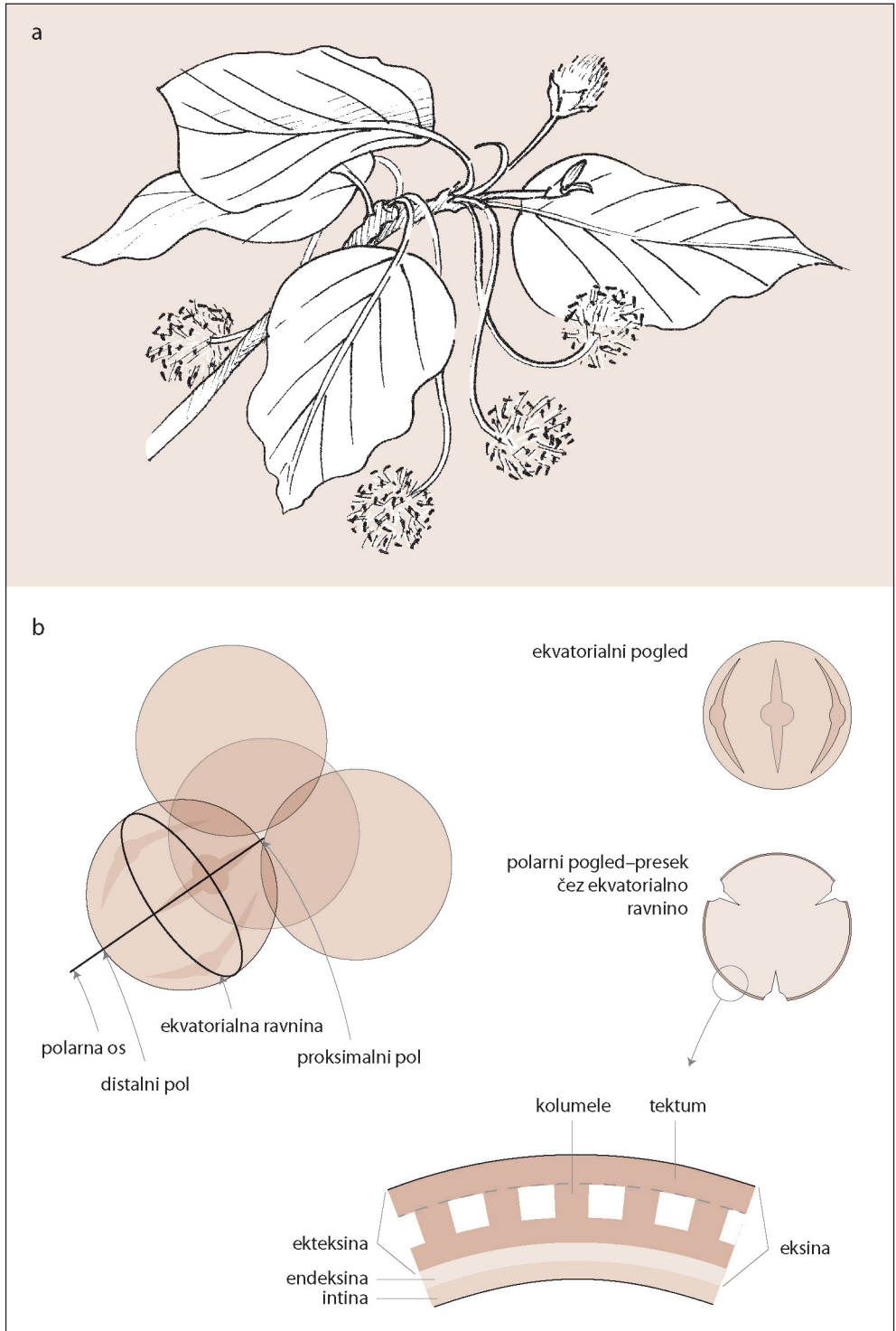
# 1 Palinologija

Palinologija je veda, ki se ukvarja z analizo cvetnega prahu (peloda) in spor nekdanjih in današnjih rastlin. Največ palinologov proučuje **fosilna** pelodna zrna (paleopalinologija), ki so se v preteklosti odlagala v jezerih in močvirjih, po čemer lahko sklepamo, kakšen je bil razvoj rastlinstva. V sodelovanju z drugimi vedami proučujemo tudi vpliv človeka, podnebnih nihanj in drugih okoljskih procesov na vegetacijo, da bi bolje razumeli, zakaj in kako se (je) spreminja(la) nekdanja in današnja pokrajina. Poleg proučevanja nekdanje vegetacije, predstavljenega v tej knjigi, se palinološka raziskovalna metoda lahko uporablja še na številnih drugih področjih, naj omenimo samo nekatera: **aeropalinologija**, **taksonomija**, **genetika**, agronomija, čebelarstvo (**melisopalinologija**), geologija (**paleontologija**, naftna stratigrafija), ekologija in kriminalistika.

## 1.1 Zgodovina raziskav

Palinologija je razmeroma mlada veda, njen razvoj pa povezan z razvojem mikroskopije. Prvo mikroskopsko opazovanje pelodnih zrn sega v 19. stoletje našega štetja, prve prave palinološke raziskave pa so se začele leta 1916, ko je L. von Post na predavanju v Oslu predstavil prvi pelodni diagram (Faegri in Iversen 1989). Palinologi so sprva proučevali cvetni prah s šotišč severne Evrope, da bi ugotovili nekdanjo vegetacijo in podnebje. Zaradi razširitve raziskav v druge dele Evrope, kjer so prevladovala jezera in močvirja z bolj mineralnimi **sedimenti**, je bilo treba palinološki laboratorijski postopek izboljšati. Palinologi so za odstranitev silikatov začeli uporabljati fluorovodikovo kislino (Assarson in Granlund 1924), za odstranjevanje celuloze pa acetolizo (Erdtman 1934). Nova metoda je omogočila analizo tudi bolj mineralnih sedimentov in štetje večjega števila pelodnih zrn na vzorec (Faegri in Iversen 1989).

Z razvojem vede so se spreminjala tudi raziskovalna vprašanja. Medtem ko je bil von Post po osnovni izobrazbi geolog in ga je zanimalo predvsem nekdanje rastlinstvo, **stratigrafija** in podnebje, se je v tridesetih letih 20. stoletja s palinologijo začelo ukvarjati vse več botanikov, ki so se posvečali novim raziskovalnim temam, kot so zgodovina razvoja gozda, odprtost pokrajine (razmerje med pelodom dreves in drugih rastlin, Firbas 1934) in spremembe vegetacije ob prehodu na kmetovanje v neolitiku (Iversen 1941). Z uvedbo **radiokarbonskega datiranja** (Arnold in Libby 1951) in razvojem geokemičnih metod (npr. analizo **stabilnih izotopov** kisika, Shackleton in Opdyke 1973) ter multidisciplinarnih raziskovalnih pristopov je stratigrafska palinologija začela izgubljati primat pri določanju starosti sedimenta in paleoklimatoloških študijah.



V zadnjih desetletjih je palinologija doživela razvoj na številnih področjih, npr. pri uporabi matematičnih metod za analizo palinoloških podatkov (Birks in Gordon 1985; Birks s sod. [ur.] 2012) in primerjavi peloda z okoliško vegetacijo (Bradshaw in Webb 1985), modeliranju širjenja peloda (npr. Sugita 1994), proučevanju biotske raznovrstnosti in varstvu narave (Willis in Birks 2006) ter genetiki in biogeografiji (Petit s sod. 2003; Cheddadi s sod. 2006; Magri s sod. 2006). Vse bolj pa se uveljavljajo tudi multidisciplinarni raziskovalni pristopi, v okviru katerih palinologi v sodelovanju z raziskovalci drugih ved proučujemo vzroke (podnebje, človekov vpliv ali drugi **ekološki** dejavniki) za spremembe vegetacije. Cilj palinologov zato že dolgo ni več samo rekonstrukcija nekdanje vegetacije, ampak želimo bolj razumeti okoljske procese in soodvisnost dejavnikov, ki oblikujejo nekdanjo, današnjo in prihodnjo pokrajino. Nekaj primerov takšnih raziskav je predstavljenih v drugem delu knjige.

Palinološke raziskave v Sloveniji niso mnogo zaostajale za skandinavskimi. Že leta 1923 je prve pelodne analize v Sloveniji opravil F. Firbas (Firbas 1923). Firbas je na Ljubljanskem barju v plasteh šote nad jezersko kreda (za katero je menil, da je ledenodobna) analiziral pelodni zapis, da bi proučil zgodovino razvoja **holocenske** gozdne vegetacije (Šercelj 1996). Po drugi svetovni vojni je pelodno analizo nadaljevala A. Budnar-Tregubov, ki je raziskala profil iz Nevelj pri Kamniku, barja na Pokljuki in Pohorju ter premogovniške plasti v Kanižarici in Kočevju (Budnar-Lipoglavšek 1944; Budnar-Tregubov 1958; 1961).

Leta 1954 je bil v okviru Sekcije za arheologijo pri Slovenski akademiji znanosti in umetnosti (SAZU) ustanovljen palinološki laboratorij, ki ga je vodil A. Šercelj. Šercelj se je veliko ukvarjal s postglacialnim razvojem vegetacije v Sloveniji in proučevanjem gozdnih faz južno od Alp. Palinološke raziskave in analiza makroskopskega oglja in lesa z arheoloških najdišč so potekale po vsej Sloveniji (Šercelj 1996; Culiberg in Zupančič 2002). Največ raziskav **pleistocenskih** in holocenskih sedimentov je bilo opravljenih na Ljubljanskem barju, kjer sta bili med letoma 1959 in 1962 zvrtni dve, 105 in 117 metrov globoki geološki vrtini, najstarejša domnevno sega v čas mindelskega stadiala (Šercelj 1965; 1966; Grimšičar in Ocepek 1967; Pohar s sod. 2002). V obeh vrtinah so se izmenjavale plasti prod, peska in gline (z različno količino karbonatov in organskih snovi), številne so vsebovale pelod. Na osnovi teh podatkov je Šercelj rekonstruiral nekdanje okolje (rastlinstvo in posredno podnebje) in tektonsko dogajanje na Ljubljanskem barju (Šercelj 1965).

Pomembne so bile tudi raziskave mnogo mlajših plasti z arheoloških najdišč, ki so se, v tesnem sodelovanju z arheologi, nadaljevale tudi še po letu 1979, ko se je palinološki laboratorij preselil na Inštitut za biologijo SAZU (današnji Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU). V sedemdesetih letih se je z raziskavami peloda, lesa in oglja z arheoloških najdišč začela ukvarjati tudi M. Culiberg, ki je v Sloveniji uvedla novo raziskovalno metodo – analizo semen in plodov z arheoloških najdišč (npr. Culiberg 1988; 1991; Culiberg in Šercelj 1980; 1991; glej I. del/2.1). Še prav posebej bogate z makroskopskimi ostanki rastlin so kulturne plasti koliščarskih naselbin na Ljubljanskem barju.



Sl. 1: V prašnikih cvetnic nastajajo tetrade – skupki štirih pelodnih zrn, ki se pozneje pri večini rastlin ločijo. Zreli prašniki se odprejo, pelod pa se prenese do brazde, kjer se zgodi oprashičev. Na sliki so socvetja (a) in pelodno zrno (b) bukve (*Fagus sylvatica*). Zgradba pelodne ovojnice po predlogi: Faegri in Iversen 1989, 222, sl. 11.4 in Moore s sod. 1991, 64, sl. 5.2.

Leta 2003 je bil na Inštitutu za arheologijo Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti (ZRC SAZU) ustanovljen palinološki laboratorij, kjer se ukvarjamo s proučevanjem **poznoglacialne** in holocenske vegetacije ter človekovega vpliva na okolje v različnih arheoloških obdobjih (spletna stran: <http://iza2.zrc-sazu.si/sl/oddelek/9279#v>).

Najmlajši palinološki vedi v Sloveniji sta melisopalinologija in aeropalinologija. Od leta 1996 naprej program spremljanja in napovedovanja obremenjenosti zraka z alergogenim cvetnim prahom ter raziskovanja na tem področju izvaja A. Kofol Seliger z Inštituta za varovanje zdravja RS, A. Kandolf s Čebelarske zveze Slovenije pa se ukvarja z analizo cvetnega prahu v medu.

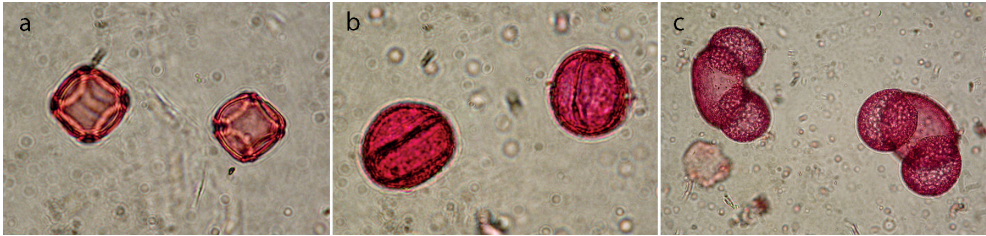
## 1.2 Nastanek in zgradba pelodnih zrn

Pelodna zrna nastajajo v prašnikih **cvetnic**, ki so moški spolni organi cveta. Tam z **mejotsko delitvijo** materinskih celic sporogenega tkiva nastanejo tetrade, ki jih sestavljajo štiri **haploidne** mikrospore (sl. 1). Tetrade se razvijejo v štiri pelodna zrna, ki vsebujejo dedni zapis rastline. Ko pelod dozori, se stene prašnikov razpočijo, pelod se sprosti v zrak in prenese do ženskega dela cveta (brazde cvetnega pestiča), kjer pride do opraitve, čemur sledi oploditev (pelodno jedro se združi z jajčecem). Pri nekaterih rastlinah prenaša pelod do pestiča veter (vetrocvetke), pri drugih cvetove oprašujejo žuželke (žužkocvetke). Pri prenosu z vetrom se številna pelodna zrna izgubijo in ne dosežejo brazde, zato morajo vetrocvetke tvoriti veliko peloda. V posameznem socvetju npr. bukve (sl. 1) lahko nastane okrog 175.000 pelodnih zrn, posamezna mačica breze pa lahko proizvede celo 6 milijonov pelodnih zrn (Moore s sod. 1991, 182). Tudi rdeči bor (sl. 2), ki je vetrocvetka, tvori veliko peloda, medtem ko v prašniku detelje, ki je žužkocvetka, nastane le pribl. 220 pelodnih zrn (Moore s sod. 1991, 182).

Pelodna zrna so obdana z ovojnico, ki **gametofit** ščiti pred poškodbami med potovanjem do brazde, preprečuje pa tudi izsušitev, kar je pomembno še zlasti pri **sporah** praprotnic in mahov. Pelodna ovojnica je zgrajena iz dveh plasti (sl. 1). Zunanja plast (eksina) vsebuje **sporopolenin** in manjše količine polisaharidov (Brooks in Shaw 1968). Notranjo plast (intino), ki je po zgradbi zelo podobna celični membrani, sestavlja celuloza. Intina je občutljivejša kot eksina in med fosilizacijo hitro propade, medtem ko je eksina zaradi



Sl. 2: V samo enem moškem cvetu rdečega bora (*Pinus sylvestris*) lahko nastane 160.000 pelodnih zrn (Moore s sod. 1991).

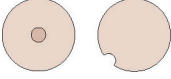
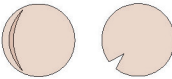
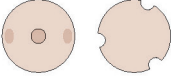
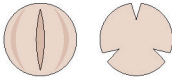

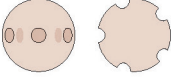
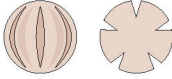

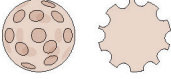
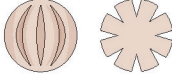
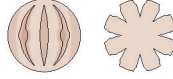



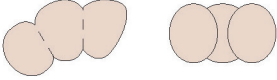
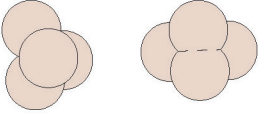
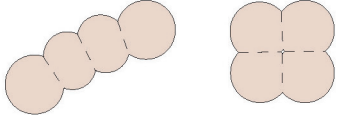
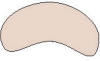
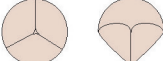
Sl. 3: Fotografija peloda: a) črne jelše (*Alnus glutinosa*), b) puhastega hrasta (*Quercus pubescens*) in c) črnega bora (*Pinus nigra*). Svetlobni mikroskop, 400-kratna povečava.

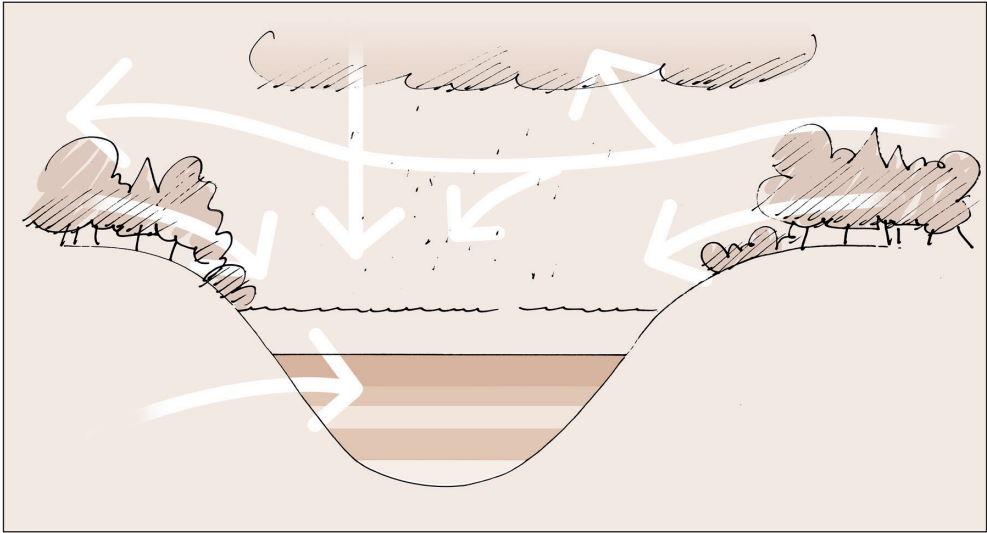
svoje inertne kemične sestave zelo obstojna (prenese kuhanje v kislinah – glej I. del/1.5, str. 26). V ugodnih razmerah (odsotnost oksidacije in aerobnih bakterij) eksina lahko preživi celo več milijonov let (Faegri in Iversen 1989; Moore s sod. 1991).

Eksino sestavljata dve plasti, endeksina in ekteksina (sl. 1). Spodnjo plast ekteksine pokrivajo paličasti izrastki (kolumele), ki so pri nekaterih pelodnih zrnih zraščeni v krovno plast, tektum. Pelodna zrna se med seboj razlikujejo tako po zgradbi ekteksine kot tudi po oblikovanosti zunanje površine tektuma. Ta je lahko gladka, prekrita z žlebiči, izrastki ali mrežasto strukturo. Velika večina pelodnih zrn ima tudi različno število brazd (kolpi) in/ali odprtin (pore), ki so pogosto razporejene simetrično okrog polarne osi in jih, poleg oblikovanosti površine, uporabljamo kot razlikovalne znake (sl. 1 in 4). Pelodno zrno leske npr. ima tri pore in zato sodi v skupino triporatnih pelodnih zrn, medtem ko so pelodna zrna hrasta trikolpatna (tri brazde, pelod ima značilno hrapavo površino, sl. 3b in 4). Pelodna zrna, za katera je značilna kombinacija brazd in por, se imenujejo kolporatna. Pelod bukve, ki sodi v skupino trikolporatnih pelodnih zrn, ima tri brazde, na sredini vsake brazde je pora (sl. 1 in 4). Funkcija pore je dvojna, po pristanku peloda na brazdi omogoča izmenjavo snovi med pelodom in okolico, po opraitvi pa skozi to odprtino pelodno zrno požene pelodno cev do jajčne celice (Faegri in Iversen 1989, 230).

Glede na obliko in zgradbo zunanje ovojnice (eksine) ter število por in brazd lahko določimo, kateremu rodu ali družini (mnogo redkeje vrsti) rastlin pelodno zrno pripada (sl. 4). Ker so si pelodna zrna različnih vrst iste družine pogosto zelo podobna (npr. vse trave imajo okrogla, monoporatna pelodna zrna), jih navadno ne moremo določiti do vrste natančno. Identifikacija peloda dreves je lažja kot identifikacija peloda **zeli**, ker družine in rodovi drevesnih vrst tvorijo precej raznolik pelod, ki ga je razmeroma lahko prepoznati. Pelodno zrno jelše, npr., ima štiri do šest por, pelodno zrno hrasta tri brazde, glavna značilnost peloda bora pa sta zračna mešička, s katerima pelodno zrno lažje potuje po zraku (sl. 3).

	<b>PORATNA PELODNA ZRNA</b>	<b>KOLPATNA PELODNA ZRNA</b>	<b>KOLPORATNA PELODNA ZRNA</b>
<b>MONO-</b>	 Poaceae (trave)	 <i>Nuphar</i> (blatnik)	
<b>TRI-</b>	 <i>Betula</i> (breza), <i>Corylus</i> (leska)	 <i>Quercus</i> (hrast)	 <i>Fagus</i> (bukve)
<b>PENTA-</b>	 <i>Alnus</i> (jelša), <i>Ulmus</i> (brest)	 <i>Rubiaceae</i> (broščeveke)	 <i>Viola</i> (vijolica)
<b>POLI-</b>	 Chenopodiaceae (metlikovke)	 Lamiaceae (ustnatice)	 <i>Symphytum</i> (gabez)

<b>INAPERTURATNA</b>	 <i>Larix</i> (macesen)	
<b>SAKATNA</b>	 <i>Pinus</i> (bor)	
<b>TETRADE</b>	 <i>Ericaceae</i> (vresovke)	 <i>Typha</i> (rogoz)
<b>SPORE PRAPROTI IN MAHOV</b>	 MONOLETNE <i>Polypodium</i> (sladka koreninica)	 TRILETNE <i>Sphagnum</i> (šotni mahovi)



Sl. 5: Odlaganje peloda v jezerih.

### 1.3 Tafonomija – v kakšnih razmerah se ohrani pelod in kako nastaja fosilni pelodni zapis?

Med cvetenjem se pelod širi po zraku in odlaga v jezerih in močvirjih. Rastlinstvo v okolici jezera se spreminja, z njim pa tudi sestava peloda, ki se odlaga v jezeru. Tako v jezerskem sedimentu, od najstarejših, najgloblje ležečih plasti, do mlajših plasti nad njimi, nastaja zapis razvoja vegetacije skozi čas (sl. 5). Ker je pelodna ovojnica (eksina) zelo odporna (glej I. del/1.2), se lahko v ustreznih razmerah, npr. ob pomanjkanju kisika v jezerih in močvirjih, ohrani najmanj stoletja ali tisočletja dolgo.

Fosilni zapis kopenskih rastlin sega v paleozoik. Najstarejše doslej odkrite spore praproti so stare okrog 450 milijonov let (ordovicij; Gray s sod. 1982), najstarejša pelodna zrna **golosemenk** so bila najdena v 360 milijonov let starih karbonskih plasteh (Traverse 1988), medtem ko se prvi pelod **kritosemenk** pojavi v kredi pred približno 140 milijoni let (Hughes 1976; Willis in McElwain 2002).

Čeprav se pelodna zrna lahko ohranijo milijone let, je pelod hkrati tudi zelo občutljiv na delovanje **aerobnih** mikroorganizmov, še zlasti bakterij in gliv, in ob stiku z zrakom lahko zelo hitro propade zaradi biološke ali kemične oksidacije (Birks H. J. B. in Birks H. H.



Sl. 4: Pelodna zrna se med seboj razlikujejo po obliki in številu ter razporeditvi por in/ali brazd. Na prvi sliki so predstavljeni osnovni pelodni tipi glede na število por in brazd, vsak v ekvatorialnem in polarnem pogledu. Na drugi sliki so pelodna zrna, ki nimajo por/brazd in tista, ki tudi po dozoritvi peloda ostanejo v tetradah. Po predlogi: Faegri in Iversen 1989, 241–288 in Moore s sod. 1991, 68–69, sl. 5.4.

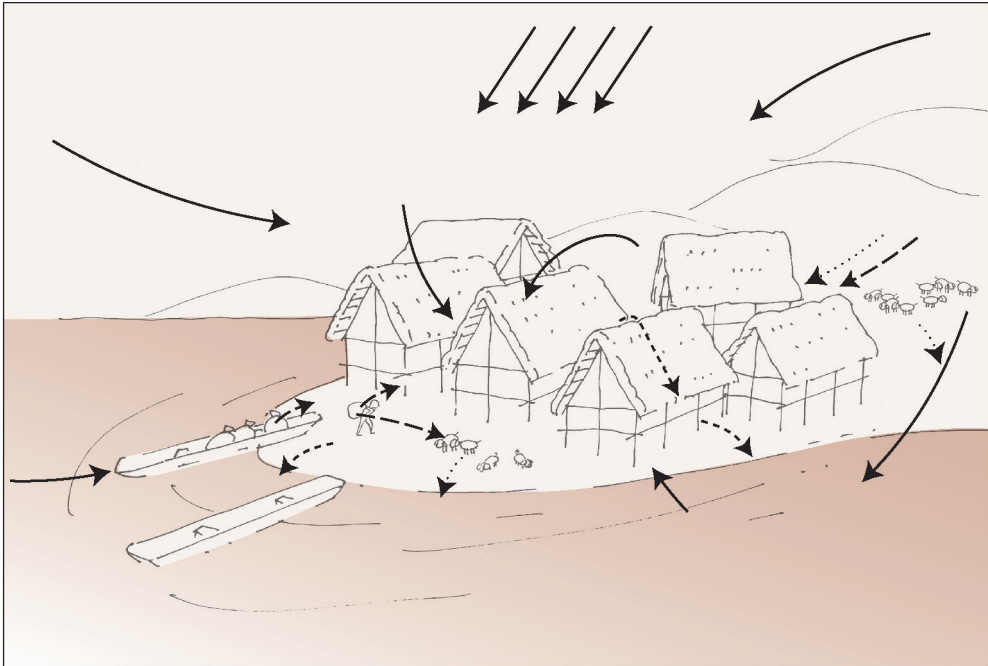
1980, 188). Ker se eksina najboljše ohrani ob stalnem prekritju z vodo, so za palinološke raziskave najprimernejši jezerski in močvirski sedimenti. Pelod se dobro ohrani v majhnih in globokih jezerih, kjer navadno ni izrazitih hidroloških sprememb, mešanja sedimenta in oksidacije, in v visokih barjih, kjer je pelod pred napadom bakterij dodatno zaščiten z nizkim pH. Izbira **paleoekološkega najdišča** je v veliki meri odvisna od cilja raziskave (glej I. del/1.7), zato palinološke raziskave ne potekajo samo na najdiščih z optimalno ohranjenostjo peloda. Pelod se lahko ohrani tudi (glej Bennett in Willis 2001 in tam navedena literatura) v snegu in ledu (npr. Vareschi 1934; Bourgeois 1986), morskih (npr. Sánchez Goñi s sod. 1999) in jamskih sedimentih (npr. Carrión s sod. 1999), puhlici (npr. Fink in Kukla 1977; Sun s sod. 1997), v **koprolitih** (npr. Moe 1983; Rasmussen 1993; Akeret s sod. 1999; Kelso in Solomon 2006) in gnezdih glodavcev (Andreson in van Devender 1991).

Pelod se izjemoma lahko ohrani tudi v ekstremno suhih razmerah (suhe jame in aridna območja), slanih tleh in v bližini kovinskih predmetov (kovinski ioni preprečujejo delovanje mikroorganizmov) ali pa na površini, na katero je bil nenadoma nasut material, ki je preprečil dostop zraka (npr. pod gomilami, nasipi ali vulkanskim pepelom; Dimbleby 1985). V vseh naštetih primerih je pri načrtovanju raziskave in interpretaciji pelodnega zapisa potrebna previdnost in upoštevanje **tafonomskih** procesov na najdišču.

Npr. v jamah veter pelod navadno odlaga le v bližini jamskega vhoda (do pribl. 10 m od vhoda v jamo, Leroi-Gourhan 1956), medtem ko lahko posamezna pelodna zrna s površja globlje v jamo prinese tudi podzemna reka ali pa voda, ki kaplja s stropa (McGarry in Caseldine 2004 in tam navedena literatura). Čeprav odlaganje sedimenta v jamskem okolju navadno ni enakomerno, pelod pa je slabo ohranjen, so možnosti za ohranitev manjše količine peloda in kapnikov razmeroma dobre. Kapniki so tudi dober vir paleoklimatskih podatkov (npr. Niggemann s sod. 2003), čeprav je časovna ločljivost fosilnega pelodnega zapisa zaradi njihove počasne rasti lahko nekoliko slabša (McGarry in Caseldine 2004). Pelod so v jamo lahko prinesle živali na sebi (najden je bil npr. na kožuhu jamskega medveda, arheološko najdišče Divje Babe; Turk in Kapun 2007; Culiberg 2007) ali pa je bil prinesen z živalskimi iztrebki, še zlasti če se je jama uporabljala kot zatočišče za drobnico ali pa so v njej prebivali žužkojedi netopirji (Dimbleby 1985). Hrano in rastline, ki so se uporabljale pri izdelavi ležišč, so v jame pogosto prinašali tudi ljudje (Dimbleby 1985, 125–129 in tam navedena literatura; Coles s sod. 1989).

Pelod se (v nasprotju z jezerskimi in močvirskimi sedimenti) zelo redko ohrani tudi v tleh, kjer potekajo **pedološki** procesi. Najdemo ga lahko le v kisljih tleh (pH < 5,5), kjer je zaradi manjše mikrobiološke aktivnosti dobro ohranjen, manj pa je tudi živali, ki bi ga lahko vertikalno premešale. Pelodni zapisi v talnih profilih z višjimi vrednostmi pH (pH > 5,5–6) so zaradi zapletenih pedoloških procesov (npr. navpičnega premikanja in/ali mešanja sedimenta zaradi prisotnosti deževnikov) pogosto nezanesljivi, ohranjenost peloda pa je zelo slaba (Bryant in Holloway 1983; Dimbleby 1985). Pogosto prihaja tudi do selektivne degradacije peloda. Pelodna zrna rastlin z debelejšo ovojnico, npr. pelod rastlin iz družine radičevk (Cichoriaceae) in pelodna zrna in spore, ki vsebujejo več sporopolenina (npr. kijasti lisičjak [*Lycopodium*], sladka koreninica [*Polypodium*] in lipa [*Tilia*]), se ohranijo, manjša, nežnejša pelodna zrna s tanjšo ovojnico (npr. javor [*Acer*] in brest [*Ulmus*]) pa propadejo (Havinga 1964; Birks H. J. B. in Birks H. H. 1980, 187–188; Dimbleby 1985, 8–9). V vzorcih z veliko mikrobiološko aktivnostjo je pelodna koncentracija zelo nizka, število pelodnih tipov pa manjše kot navadno. Upoštevaty pa je treba





- nalet peloda rastlin iz okolice
- pelod kulturnih in divjih rastlin, ki jih je na najdišče prinesel človek (hrana ...)
- - -> gradbeni material (strehe, tla, ležišča ...)
- ....> pelod rastlin, ki je na najdišče prišel z živalmi ali človekom (obleka, iztrebki domačih živali ...)

Sl. 6: Viri in transportne poti peloda na arheoloških najdiščih.

tudi vpliv živali: čebele in čmrlji, ki gnezdijo v tleh, v svojih gnezdih lahko kopičijo pelod radičevk in drugih rastlin.

Pelod se lahko ohrani tudi na nekaterih arheoloških najdiščih na mokrotnih tleh, npr. na koliščih na Ljubljanskem barju in drugje v Evropi, kjer je zaradi vlažnih razmer in visoke gladine talne vode pelod dobro ohranjen na celotnem najdišču. Na sušnejših arheoloških najdiščih se pelod lahko ohrani le izjemoma, v nekaterih vlažnejših kontekstih (jarki, vodne kotanje in vodnjaki), ki so bili navadno uporabljani le krajši čas. Plasti pod ravno talne vode, ki pogosto ležijo pod arheološkimi kulturnimi plastmi, so lahko dober vir podatkov o vegetaciji pred naselitvijo človeka. V nasprotju z drugimi paleoekološkimi najdišči je na tafonomsko kompleksnih arheoloških najdiščih poleg peloda okoliških rastlin pogosteje prisoten tudi pelod kulturnih in drugih rastlin, ki jih je v naselje prinašal človek (hrana, gradbeni material) ali pa so ga na najdišče prinesle domače živali (Dimbleby 1985, 138–149 in tam navedena literatura; Faegri in Iversen 1989, 175–199; Pearsall 2000, 270–279 in tam navedena literatura, sl. 6).

## 1.4 Vzorčenje in shranjevanje vzorcev

Izbira najdišča in način vzorčenja se prilagajata cilju raziskave in naravnim danostim terena. V nadaljevanju podajam opis najpogostejših tehnik odvzema palinoloških vzorcev. Vsakokratno vzorčenje naj poteka po predhodnem dogovoru med sodelujočimi pri raziskavi. Še zlasti na arheoloških najdiščih je pomembno, da se arheolog(inja) še pred začetkom izkopavanj z vsemi sodelujočimi pri raziskavi podrobno dogovori o načinih vzorčenja. Načrtovanje raziskave in vzorčenje na terenu sta izjemno pomembna: škoda, povzročena z malomarnim, nezadostnim ali nepravilnim jemanjem in shranjevanjem palinoloških vzorcev je pozneje (v laboratoriju, za mikroskopom ali pisalno mizo) nepopravljiva!

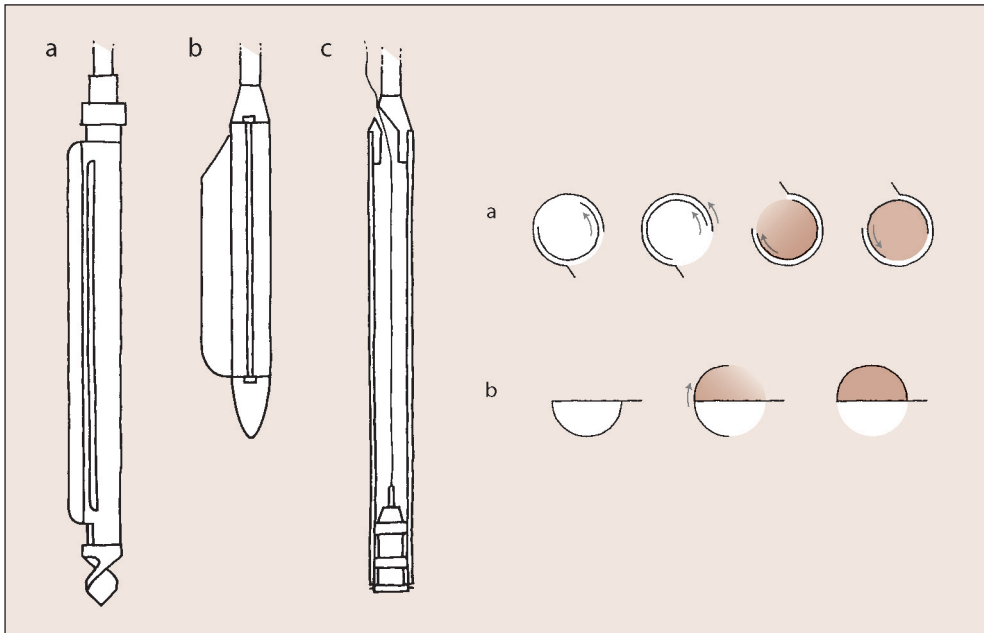
Pri jemanju vzorcev za palinološko raziskavo je pomembno čim daljše zaporedje nepremešanega in nekontaminiranega sedimenta. Pri tem lahko uporabljamo dva osnovna načina vzorčenja: palinološko vrtnanje in vzorčenje z odprte površine.

Vrtnanje s palinološko vrtalno opremo je najpogostejši način vzorčenja jezerskih in močvirskih sedimentov. Globina vrtine je omejena z globino kamninske podlage in tehničnimi zmožnostmi vrtalne opreme.

Pred izbiro mesta vrtnanja si lahko pomagamo s testnim vrtnanjem z vrtalnikom "Hiller" (Fries in Hafsten 1965; sl. 7a). Ta vrtalnik ima na koncu vrtalne komore sveder, kar omogoča lažje vrtnanje tudi nekoliko tršega ali bolj vlaknatega sedimenta (npr. šotišča). Vrtnanje poteka tako, da v zemljo potisnemo zaprto cev, notranjo komoro zavrtimo v nasprotni smeri urinega kazalca in zajamemo sediment. Vrtalno cev izvlečemo iz zemlje, z vrtenjem odpremo komoro in si ogledamo sediment, lahko pa vzamemo tudi testne vzorce za analizo. Ta vrtalna oprema je lahka in preprosta za uporabo, glavna težava pa je, da med vrtnanjem lahko pride do **kontaminacije** in premešanja sedimenta s svedrasto konico tudi še 20 cm pod ravno vzorčenja. Čiščenje ozke vrtalne komore, v kateri ni prostora za zadostno količino vzorca, je težavno. Celotnega jedra pa tudi ni mogoče nepoškodovano odstraniti iz vrtalne komore, jemljemo lahko le vzorce iz posameznih globin. Zato vrtalna oprema "Hiller" ni priporočljiva pri sistematični palinološki raziskavi, ampak se uporablja le za testiranje primernosti terena in kot pomoč pri izbiri mesta vrtnanja (Faegri in Iversen 1989, 60–62; Moore s sod. 1991, 31–32).

Za vzorčenje šotišč se pogosto uporablja "ruski" vrtalnik (Jowsey 1966; sl. 7b). Zaradi svoje ozke konice manj poškoduje sediment kot "Hiller", vzorce sedimenta pa, podobno kot pri "Hillerju", jemljemo z obračanjem polkrožne komore. Možnosti za kontaminacijo so pri "ruskem" vrtalniku mnogo manjše, jedro se z lahkoto odstrani iz komore, čiščenje opreme pa je preprostejše. Podobno kot vrtalna oprema "Hiller" ima tudi "ruski" vrtalnik majhno zmogljivost zajemanja vzorca, ni pa tudi najbolj primeren za vzorčenje zelo trdih ali pa zelo mehkih, z vodo prepojenih sedimentov (Moore s sod. 1991, 32–33).

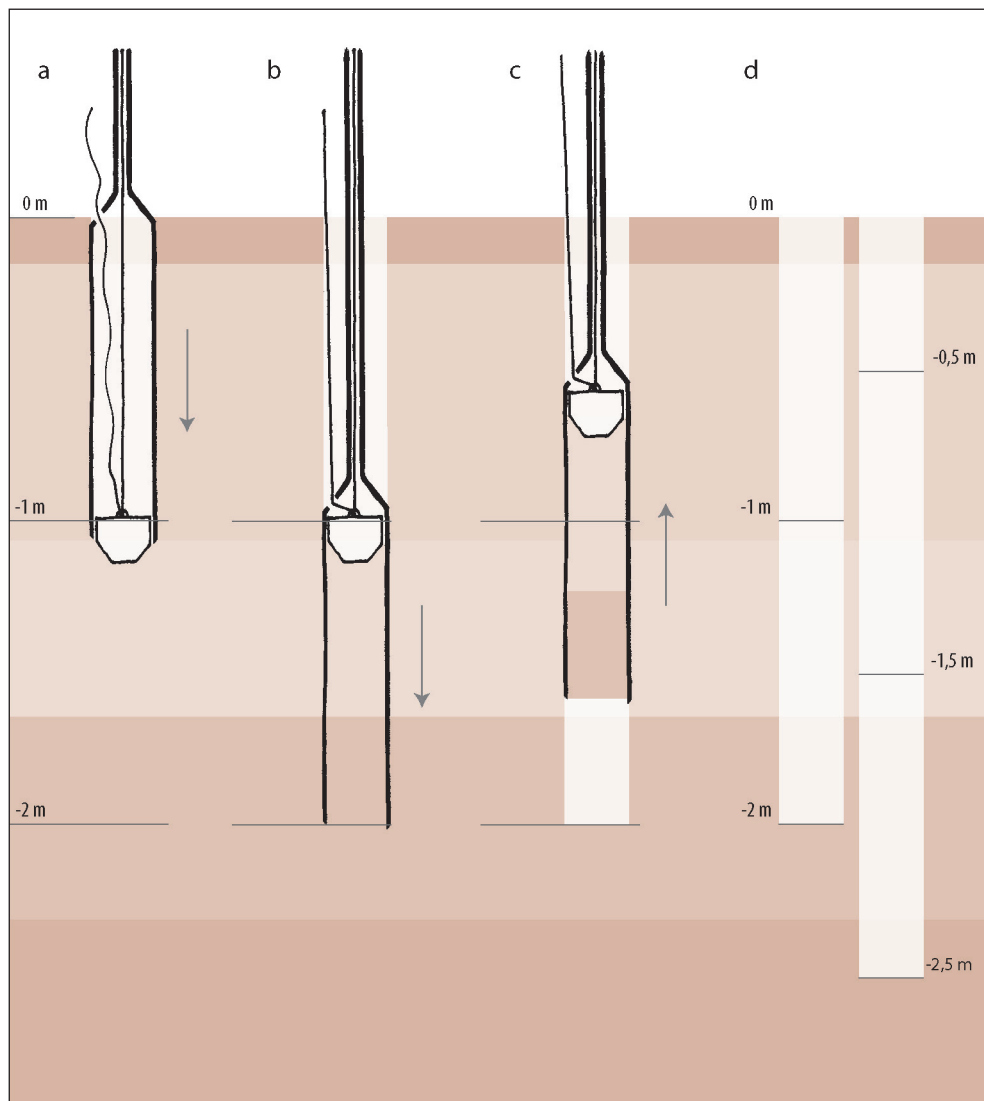
Najpogostejši tip palinološke vrtalne opreme je vrtalnik "Livingstone" z batom (sl. 7c, 9). Prvotno vrtalno opremo je načrtoval D. A. Livingstone (1955), danes pa se najpogosteje uporablja Wrightova inačica (Wright 1967) s kovinsko vrtalno cevjo (komoro), v kateri je premični bat na palici kvadratnega preseka. Premer z gumo obdanega bata se lahko spreminja, pri čemer se moč tesnjenja prilagaja trdoti vzorčenega sedimenta. Vrtnanje poteka tako, da v zemljo porinemo vrtalno komoro (sl. 8a). Na spodnjem koncu komore je bat, ki zapira cev in preprečuje, da bi med spuščanjem opreme s sten vrtine zajemali sediment. Ko dosežemo globino, na kateri želimo začeti vrtnanje (v našem primeru na sliki 8 je to 1 m), sprostimo mehanizem, ki zadržuje bat na spodnjem koncu cevi. To lahko naredimo



Sl. 7: Najpogostejši tipi palinološke vrtalne opreme. a) Vrtalnik tipa "Hiller", b) "ruski" vrtalnik, c) vrtalnik "Livingstone" na bat. Po predlogi: Faegri in Iversen 1989, sl. 4.5 in Moore s sod. 1991, sl. 3.2.

na dva načina: pri klasični Wrightovi različici vrtalnika "Livingstone" dvignemo in zasujemo palico, pri modifikaciji "Stitz", ki ima bat s krogličnim mehanizmom, pa s potegom jeklene vrvi kroglice povlečemo navznoter. Sledi vrtanje: 1 meter dolgo vrtalno cev ročno ali z električnim kladivom (sl. 8b, 9) potisnemo navzdol, cev se napolni s sedimentom, bat pa z napeto jekleno vrvjo ostane na mestu. Ko vrtalno opremo potegnemo iz zemlje, sediment ostane v cevi zaradi nastalega vakuuma med sedimentom in batom (sl. 8c). Celo, nepremešano jedro vrtine iz vrtalne cevi potisnemo v napol prerezano plastično cev (sl. 10) in ga skrbno zavijemo v prozorno folijo za shranjevanje živil, aluminijasto folijo in debel polivinil, da preprečimo kontaminacijo z današnjim pelodom in izsuševanje sedimenta. Na plastično cev in vsako plast ovoja napišemo ime najdišča (vrtine) ter označimo zgornji in spodnji konec ter globino. Nekateri raziskovalci namesto ekstrakcije vrtine na terenu v kovinsko cev vstavijo dodatno plastično cev, ki jo, polno sedimenta, odpirajo šele v laboratoriju. Vzorce je treba čimprej shraniti v hladilnici, v temi in na temperaturi +4 °C. Na sobni temperaturi bi se sediment izsušil, pelod pa bi zaradi napada bakterij in gliv hitro propadel.

Pri palinološkem vrtanju se najpogosteje uporablja vrtalna cev s premerom 6,5 ali 8,5 cm. Tanjša vrtalna komora je lažja, vendar pa je z debelejšo cevjo mogoče pridobiti več sedimenta in s tem izvajati večje število različnih raziskav na isti vrtini. Z vrtalno opremo "Livingstone" navadno vrtamo do 10 ali 15 metrov globoko, izjemoma in s prilagoditvijo vrtalne opreme pa celo nekaj deset metrov globoko. Navadno se vrta v eno- ali dvometrskih segmentih, ker pa



Sl. 8: Način delovanja vrtalnika "Livingstone": a) "Zaprto" vrtalno opremo potisnemo navzdol do globine, od koder želimo začeti ali nadaljevati vrtnje. Na sliki je prikazano zajemanje sedimenta z globine 1–2 m. Bat, pritrjen na koncu vrtalne cevi, preprečuje, da bi med spuščanjem vrtalne opreme s sten vrtine zajemali kontaminiran sediment. Pri različici "Stizt" vrtalnika "Livingstone" potegnemo za jekleno vrvi, kar sprosti bat. Pri klasični različici "Livingstone" brez bata s krogličnim mehanizmom kvadratno palico potegnemo navzgor in jo pritrdimo. b) Sledi vrtnje: vrtalno komoro porinemo navzdol, cev se napolni s sedimentom, bat ostane na mestu. c) Med dvigovanjem vrtine vzorec sedimenta ostane v cevi zaradi nastalega vakuuma med batom in sedimentom. d) Palinologi na vsakem najdišču zvrtaemo najmanj dve vrtini s prekrivajočimi se globinami (1–2 m, 2–3 m itd. in 0,5–1,5 m, 1,5–2,5 m itd.).



Sl. 9: Palinološko vrtanje na Covnikovem barju (Solčavsko). Na Inštitutu za arheologijo ZRC SAZU uporabljamo različico "Stitz" vrtalne opreme "Livingstone", ki je povezana z električnim kladivom "Makita" in prenosnim generatorjem.



Sl. 10: Ekstrakcija palinološke vrtine na terenu. Mokrišče Griblje, Bela krajina, ekipa Inštituta za arheologijo ZRC SAZU.

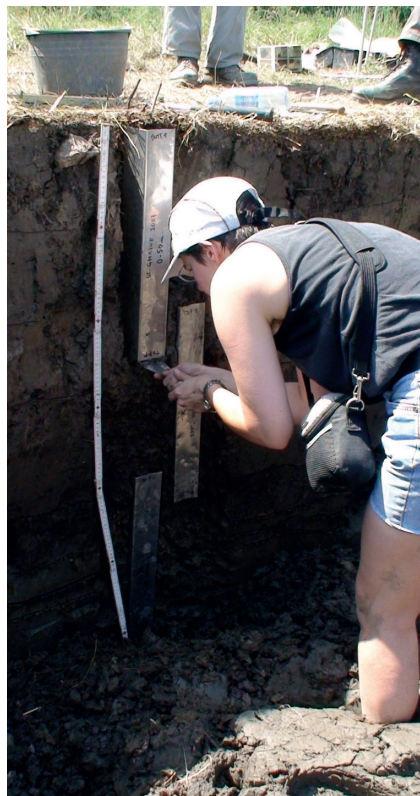
se lahko zgodi, da so posamezni deli vrtine, ki jih potegnemo iz zemlje, nekoliko krajši kot en oziroma dva metra, palinologi na vsakem najdišču zvrtaemo najmanj dve vzporedni vrtini. Prva vrtina pokriva segmente 0–1 m, 1–2 m itd., druga pa 0,5–1,5 m, 1,5–2,5 m itd. (sl. 8d).

Vrtanje na jezerih, ki je najzahtevnejše, navadno poteka z dobro zasidrane vrtalne ploščadi (sl. 11). Druga možnost je, da na jezeru vrtamo pozimi, ko je prekrito z ledom. Takšno vrtanje izvajajo še zlasti na severu Evrope (Skandinavija), manj pa drugje, na nižjih geografskih širinah, kjer bi bilo zaradi tamkajšnjih toplejših zim tako početje lahko nevarno.

Vzorke za palinološko raziskavo lahko jemljemo tudi z že odprtih (navpičnih) površin, npr. iz (profila) arheološke sonde, gradbenih jam ali erozijskih površin (Faegri in Iversen 1989, 58–60; Pearsall 2000, 279–280). Prednost takega vzorčenja so na profilu vidni deli, najprimernejši za jemanje vzorcev, glavna slabost pa, da nas omejuje globina izkopnega polja. Vzorčenje iz profila lahko izvajamo tudi na šotiščih, kadar nas zanima razvoj vegetacije v zadnjih nekaj stoletjih. Takšno vzorčenje je primerno še zlasti na najdiščih, kjer bi bilo zaradi goste prekoreninjenosti in številnih plasti lesa vrtanje z vrtalno opremo "Livingstone" v zgornjem delu vrtine lahko težavno, medtem ko bi bilo kopanje jame do globine pribl. 50–100 cm preprostejše in cenejše kot palinološko vrtanje.

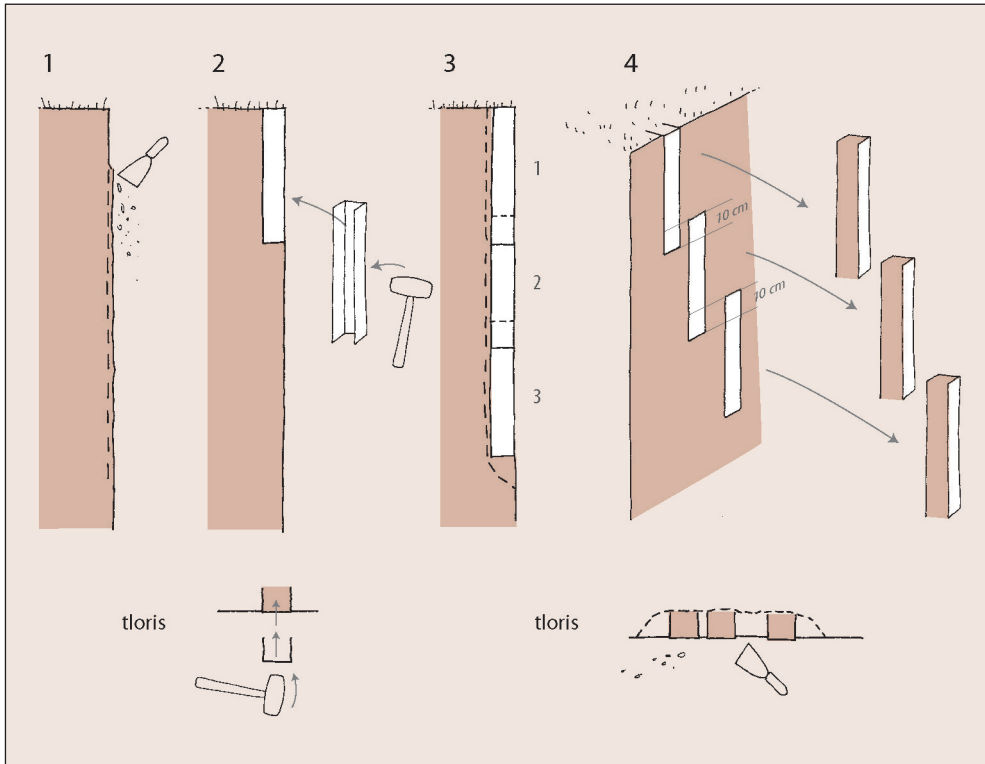


Sl. 11: Vrtanje sedimenta Blejskega jezera, ekipa Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE, Francija) in Inštituta za arheologijo ZRC SAZU.



Sl. 12: Palinološko vzorčenje iz profila arheološke sonde, Stare gmajne (Ljubljansko barje). Foto: D. Veranič.

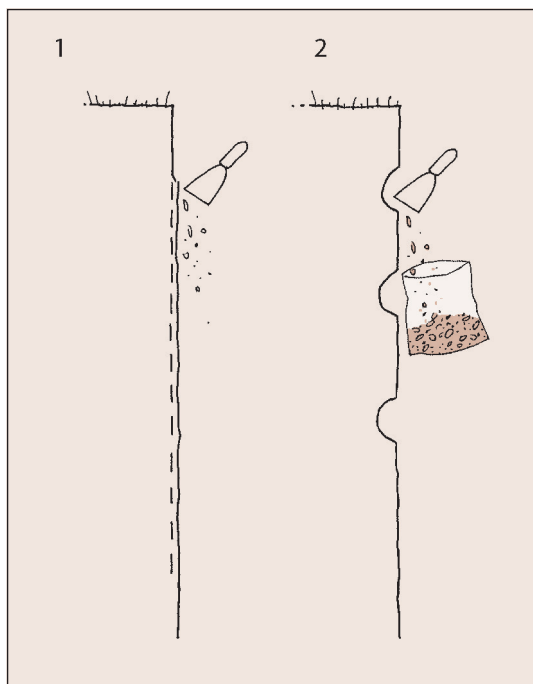
Na arheoloških najdiščih vzorce za pelodno analizo jemljemo s kovinskimi škatlami iz profila sonde (sl. 12 in 13). Prednost vzorčenja s škatlami je v tem, da vzamemo celoten profil nepremešanega sedimenta, ki se je odlagal neposredno pred, med obstojem arheološke naselbine in po njem. Takšen način vzorčenja dopušča možnost, da se za točno gostoto vzorčenja odločimo šele pozneje, po opravljeni predhodni pelodni analizi, vzorca pa je dovolj tudi za radiokarbonsko datiranje. Pred vzorčenjem (sl. 13) profil sproti očistimo, da odstranimo cvetni prah, ki je na površino padel iz zraka. Čistimo od zgoraj navzdol, s čistim orodjem, strgalom, strguljo (z vodoravnimi gibi, da ne mešamo starejšega in mlajšega sedimenta) ali nožem. Nato v profil zabijemo kovinske škatle. Priporočljivo je, da so iz nerjavečega jekla, debele pribl. 1–2 mm (če so pretanke, se zvijejo, če so predebele, jih je težko zabiti v profil), dolge 50 cm (lahko tudi krajše, če bomo vzorce začasno shranjevali v hladilniku), širine najmanj pribl. 7 x 7 cm (lahko tudi večje), U-preseka, z eno odprto stranico, ki je obrnjena proti profilu (glej sl. 13). Na vsaki škatli označimo zgornji in spodnji konec, globino in ime najdišča. Nato previdno odstranimo zemljo okrog škatle in jo, polno sedimenta, izluščimo iz profila. Priporočljivo je, da se globina škatel deloma prekriva (npr. 0–50 cm, 40–90 cm), ker pri vzorčenju meljastega ali peščenega sedimenta



Sl. 13: Palinološko vzorčenje iz profila. 1) Čiščenje profila: da se izognemo premešanju plasti in onesnaženju starejših plasti sedimenta z mlajšim pelodom, profil čistimo od zgoraj navzdol. 2) Zabijanje kovinskih škatel. 3) Odstranjevanje zemlje okrog škatel. 4) Na koncu škatlo polno sedimenta previdno izluščimo iz profila. Vzorce zavijemo in jih shranimo v hladilnico.

spodnji del vzorca rad pade iz škatle. Vzorke zavijemo v prozorno folijo za shranjevanje živil, aluminijasto folijo in debel polivinil in jih shranimo v hladilnici pri temperaturi +4 °C. Navodila za vzorčenje s kratkim posnetkom vzorčenja iz profila so na voljo tudi na spletnih straneh Inštituta za arheologijo ZRC SAZU (<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/kako-je-potrebno-vzeti-vzorke-za-pelodno-analizo#v>).

Poleg vzorčenja navpičnega stratigrafskega stolpca iz arheološkega profila lahko palinološke vzorke jemljemo tudi med samim arheološkim izkopavanjem, s sveže očiščene površine, po posameznih kvadrantih ali kontekstih. V kombinaciji z analizo rastlinskih makrofosilov (glej I. del/2.4), arheozoološkim (glej I. del/3.4) in arheološkimi raziskavami lahko takšno vzorčenje prispeva informacije o gospodarskih aktivnostih v naselbini (Pearsall 2000, 270–279; Maier in Harwath 2011). Vzorke, vsakič za pest sedimenta, shranjujemo v čiste, dobro zaprte vrečke. Tudi te vzorke je treba shraniti v hladilnici pri +4 °C. Na odročnih terenih, kjer takojšen prevoz vzorcev v hladilnico ni mogoč, jih začasno lahko shranimo tudi v hladilniku. Orodje za jemanje vzorcev po vsakem vzorčenju dobro očistimo, priporočljivo je čiščenje z destilirano vodo. Orodje naj se nikar ne čisti v bližnjem potoku ali luži, kjer je, še zlasti v pomladnih in poletnih mesecih, veliko peloda! Treba



Sl. 14: Palinološko vzorčenje iz profila. 1) Čiščenje profila. 2) Spravljanje vzorcev v vrečke.

je še opozoriti, da palinološkega vzorčenja zaradi nevarnosti kontaminacije s pelodom iz zraka ne smemo izvajati v dežju.

Nekatera arheološka najdišča so presuha in zato neprimerna za pelodno analizo. Vendar pa tudi znotraj takšnih najdišč lahko najdemo vlažnejša območja, npr. jarke, vodne kotanje ali vodnjake, kjer se je pelod morda ohranil. V teh primerih vzorce poberemo s kovinskimi škatlami ali pa, če gre za plitvejša stratigrafske enote, s sveže očiščene površine in jih shranimo v vrečke, kot je opisano zgoraj. Včasih palinološko vzorčenje s škatlami ovirajo peščene plasti in kamenje v profilu. V takih primerih lahko namesto kovinskih škatel uporabljamo vrečke (sl. 14).

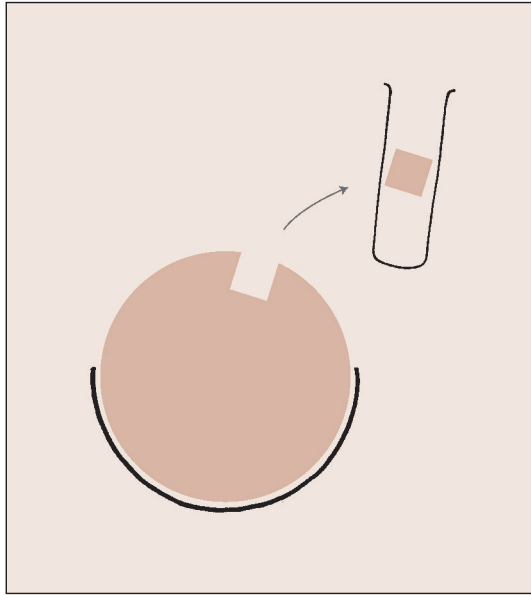
## 1.5 Laboratorijska priprava vzorcev

Vzorce pripravimo v palinološkem laboratoriju, kjer sediment kemično obdelamo, da odstranimo organske in anorganske snovi, ki bi ovirale opazovanje pelodnih zrn. Vsak palinološki laboratorij mora imeti **fumarij** z dobro ventilacijo, zrak, ki ga dovajamo v laboratorij, pa mora biti prečiščen. Tako se izognemo kontaminaciji s pelodom današnjih rastlin, ki ga je veliko v zraku še zlasti v pomladnih in poletnih mesecih.

Na začetku priprave palinoloških vzorcev vrtino iz hladilnice prinesemo v laboratorij in jo odvijemo. S površine z lopatico očistimo pribl. 2–3 mm sedimenta zgornje plasti, da odstranimo morebitno kontaminacijo, ki se je lahko zgodila med vrtnjem ali zavijanjem in odvijanjem vzorcev. Z izbranih globin na vrtini vzamemo manjše (1 cm<sup>3</sup>) vzorce sedimenta (sl. 15). Sediment stresemo v epruvete in dodamo tablete, ki vsebujejo znano število spor kijastega lisičjaka (*Lycopodium clavatum*) ali pa dodamo raztopino z znano koncentracijo pelodnih zrn evkaliptusa (*Eucalyptus*). Dodana zrna bomo pozneje, med pelodno analizo, šteli hkrati s fosilnim pelodom in izračunali pelodno koncentracijo (= število pelodnih zrn na kubični centimeter sedimenta). Za pelodno analizo navadno zadostuje 1 cm<sup>3</sup> sedimenta, ki lahko vsebuje več tisoč ali celo več deset tisoč pelodnih zrn. Če je pelodna koncentracija v vzorcu nizka, potrebujemo za analizo dva ali več kubičnih centimetrov sedimenta.



Priprava posamezne serije vzorcev (8 ali 16 vzorcev hkrati) traja od tri do šest dni, odvisno od vrste sedimenta. Vzorcem v epruveh dodajamo kemikalije, jih grejemo v vodni kopeli, da pospešimo reakcijo, in centrifugiramo. Med centrifugiranjem se pelod usede na dno epruvete, tekoče produkte reakcije pa vsakokrat odlijemo. Na koncu laboratorijskega postopka v epruveti ostane le še nekaj kapljic vzorca, ki poleg peloda lahko vsebuje še ostanke drugih (organskih) snovi in mikroskopsko oglje. Laboratorijski postopek je v veliki meri standardiziran, z manjšimi razlikami med laboratoriji. Ker se med postopkom uporablja kar nekaj zelo nevarnih kemikalij, se prve priprave palinoloških vzorcev nikar ne lotite sami! Usposabljanje za laboratorijsko delo naj poteka ob prisotnosti izkušenega palinologa.



Sl. 15: Priprava 1 cm<sup>3</sup> vzorcev sedimenta na začetku laboratorijskega postopka.

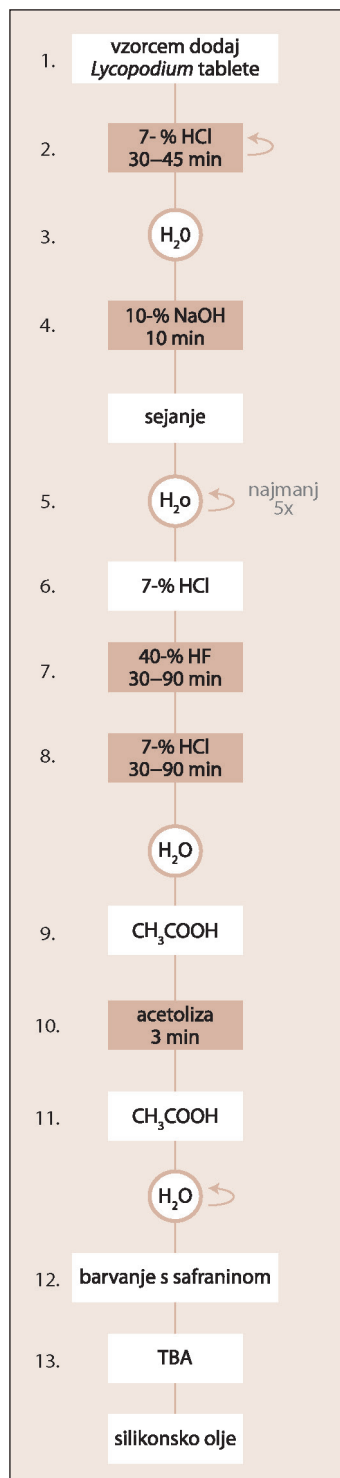
Najpogosteje se uporablja sledeč palinološki laboratorijski postopek (po Bennett in Willis 2001, glej sl. 16):

1. Vzorcem v 50-mililitrskih epruveh previdno in počasi (karbonatni vzorci lahko burno reagirajo) dodamo 7-% klorovodikovo kislino (HCl) in dve tableti spor *Lycopodium*. Ko reakcija poneha, epruvete 30–45 minut grejemo v vodni kopeli pri pribl. 90 °C. Vodna kopel naj stoji v fumariju. Reakcijo lahko pospešimo z občasnim mešanjem z mešalnimi palčkami. Ta del laboratorijskega postopka odstranjuje karbonate.

2. Vzorce vsakič centrifugiramo najmanj tri minute pri vsaj 3000 obratih na minuto, priporočam nastavitve: 3200 obratov in 5 minut. Po centrifugiranju pelod ostane na dnu epruvete, raztopino HCl s produkti reakcije pa odlijemo. Vzorcem, ki vsebujejo veliko karbonatov, moramo dodati svežo 7-% HCl in postopek ponavljati. Še zlasti zahtevni so vzorci zbite ilovice na dolomitni podlagi, ki vsebuje magnezijev karbonat. Pri kuhanju v HCl se živo rumeno obarvajo. Pri takšnih vzorcih je kuhanje v 7-% HCl in centrifugiranje treba večkrat ponoviti. V tem delu postopka je pomembno, da odstranimo vse karbonate, v nasprotnem primeru bi pozneje, v 7. fazi laboratorijskega postopka, kalcij reagiral s fluorovodikovo kislino (HF) in bi nastala bela oborina, kalcijev fluorid (CaF<sub>2</sub>).

3. Vzorcem dodamo destilirano vodo in metanol (zmanjšuje specifično gostoto tekočine, zato se pelod lepše usede na dno epruvete), premešamo z mešalno palčko, centrifugiramo (3200 obratov na minuto, 5 min) in odlijemo. V nadaljnjem opisu laboratorijskega postopka to fazo imenujem "spiranje z vodo".

4. Vzorcem dodamo pribl. 10 ml 10-% natrijeve baze (NaOH) in jih za 5–10 minut pustimo v vodni kopeli. Vzorcev v vodni kopeli ne puščajte daljši čas, ker to lahko uniči pelod! Še vroče vzorce prelijemo skozi kovinska sita (z 180-mikrometrsko mrežico), jih z



destilirano vodo speremo v drugo serijo epruvet, na koncu dodamo še metanol, takoj centrifugiramo in odljemo. Če so na sitih kakšni ostanki rastlinskih makrofosilov, jih shranimo. Kovinska sita je pred uporabo treba vedno očistiti z žganjem nad Bunsenovim gorilnikom.

5. Ponovimo korak 3: vzorceke večkrat (najmanj petkrat) speremo z vodo. Spiranje ponavljamo toliko časa, dokler odlita tekočina ni popolnoma čista. Po nekaj spiranjih postane vzorec manj zlepljen in lahko začnemo namesto mešalnih palčk uporabljati stresalnik za epruvete. S kuhanjem v NaOH in s spiranjem z vodo odstranimo huminske kisline in drobce gline.

6. Dodamo 7-% HCl, centrifugiramo in odljemo. S tem postopkom odstranimo karbonate, ki bi lahko še ostali v vzorcu in pozneje reagirali s HF.

7. Vzorcem dodamo 40-% HF in jih položimo v vodno kopel za pribl. 30 (šota) do 90 minut (meljasti sedimenti). Po kuhanju vzorcem dodamo metanol, epruvete zapremo, centrifugiramo in odljemo. Če so vzorci zelo peščeni, se lahko uporablja tudi 60-% HF ali pa postopek s 40-% HF še enkrat ponovimo. Med delom ves čas uporabljamo osebno zaščitno opremo (rokavice, predpasnik, ščitnik za obraz, dolge hlače in zaprte čevlje, sl. 17), ventilacijo je strogo prepovedano ugašati, v fumariju pa imamo vedno pripravljen tudi prašek in raztopino natrijevega karbonata (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) za nevtralizacijo HF. Na vrata laboratorija namestimo opozorilno tablo, priporočljivo pa je tudi, da se med daljšim kuhanjem v fluorovodikovi kislini umaknemo iz laboratorija. Ker fluorovodikova kislina topi steklo, mora biti vsa laboratorijska oprema, ki bo v stiku s HF (npr. mešalne palčke, epruvete, posoda za shranjevanje HF), iz plastike, odporne na vročo fluorovodikovo kislino. Če nimamo urejenih odtokov za delo s HF, odpadno kislino zbiramo v plastičnih posodah. HF iz vzorcev odstrani silikate, kar je še zlasti pomembno pri bolj mineralnih vzorcih.

8. Takoj po obdelavi s HF vzorcem dodamo 7-% HCl in jih kuhamo v vodni kopeli. Čas kuhanja mora biti najmanj enako dolg kot pri kuhanju v HF. Vzorce centrifugiramo, odljemo. S tem postopkom smo odstranili produkte, nastale pri kuhanju vzorcev v HF. Zdaj je v epruvetah ostalo le še zelo malo sedimenta, in ker obstaja nevarnost, da bi pri vsakokratnem odlivanju

Sl. 16: Shema palinološkega laboratorijskega postopka.

izgubljali pelod, vzorce preselimo v manjše, 15-mililitrske epruvete. Vzorce speremo z vodo in metanolom, centrifugiramo in odljemo. Pazimo, da po odlivanju v vzorcih ni ostalo preveč vode.

9. Dodamo koncentrirano oetno kislino ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), centrifugiramo, odljemo. S spiranjem z oetno kislino smo iz vzorca odstranili vodo.

10. Sledi acetoliza, pri kateri je priporočljiva uporaba osebne zaščitne opreme. Acetolizna mešanica je ob stiku z vodo namreč eksplozivna, reagira podobno, kot če bi vročemu olju dodajali kapljice vode. Pripravimo acetolizno mešanico: v merilnem valju devetim delom acetanhidrida ( $[\text{CH}_3\text{CO}]_2\text{O}$ ) zelo počasi, po kapljicah, dodamo en del koncentrirane žveplove kisline ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), npr. 54 ml acetanhidrida + 6 ml konc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (mešanice mora biti dovolj za vseh 16 vzorcev). Vzorcem zelo počasi in previdno dodamo pribl. 3–5 ml acetolizne mešanice in jih za 3 minute postavimo v vodno kopel. Cilj acetolize je odstranitev celuloze, pri čemer se pelodna ovojnica rahlo obarva. Ob predolgem postopku acetolize pelod zelo hitro propade, zato je kuhanje v acetolizni mešanici le izjemoma lahko daljše kot tri minute (do največ pribl. 10–15 minut, če je pelod zelo dobro ohranjen in vzorec npr. vsebuje veliko celuloze, ki se je želimo znebiti). Vzorec vzamemo iz vodne kopeli, dodamo oetno kislino, centrifugiramo, odljemo in še enkrat speremo s hladno oetno kislino.

11. Zdaj, ko smo odstranili vse produkte acetolize, vzorec trikrat speremo z destilirano vodo. Nevtralen pH je potreben za boljše obarvanje peloda.

12. Vzorcem dodamo dve kapljici 0,2-% safranina, zmešamo in speremo z vodo. Eksina se rdečkasto obarva, njena struktura postane lepše vidna, kar olajša identifikacijo pelodnih zrn.

13. Vzorcem dodamo terciarni butilalkohol (TBA = 2-methyl-2-propanol,  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ , pozimi, ko so temperature nekoliko nižje, je v trdnem agregatnem stanju in ga je treba pred uporabo segreti), centrifugiramo, odljemo, nato pa vzorce iz 15-mililitrskih epruvt preselimo v male steklene ali plastične epruvetke s pokrovčkom, še enkrat centrifugiramo in odljemo. TBA iz vzorcev odstrani vodo. Na koncu z zobotrebcom vzorcem dodamo še



Sl. 17: Osebna zaščitna oprema pri delu s fluorovodikovo kislino. Palinološki laboratorij Inštituta za arheologijo ZRC SAZU. Foto: T. Nagel.



Sl. 18: Na koncu laboratorijskega postopka v epruvetkah ostane le še nekaj kapljic vzorca, ki vsebuje pelod.

nekaj kapljic silikonskega olja z viskoznostjo 2000 cs. Pri nas sta v prosti prodaji silikonski olji DC 200 z viskoznostjo 30000 mPa.s in 1000 mPa.s, ki ju zmešamo v razmerju 1/5 : 4/5. Epruvetke v zaprti omari ali predalu (da se izognemo kontaminaciji s pelodom iz zraka) pustimo odprte na sobni temperaturi nekaj dni (vsakih nekaj ur vzorčke premešamo), da izhlapi ves TBA. Lahko pa jih posušimo tudi pri 50 °C. Zdaj so vzorci pripravljene za štetje peloda (sl. 18).

Po končani pripravi vzorcev je vse laboratorijsko posodje treba skrbno očistiti: epruvete, mešalne palčke, pokrovčke in drugo drobno opremo čez noč namočimo v vodi, ki smo ji dodali detergent za čiščenje laboratorijskega posodja. Naslednji dan jo skrbno operemo, speremo z vodo in splaknemo z destilirano vodo.

Laboratorijski postopek lahko ustavimo vsakič, ko vzorce spiramo z vodo. Če bomo laboratorijski postopek ustavili za dlje časa (npr. ob koncu tedna), je vzorce priporočljivo shraniti v hladilniku ali hladilnici. Laboratorijskega postopka ne smemo ustavljati med izvajanjem faz 4–5 (takoj po sejanju je vzorce treba vsaj še trikrat sprati z vodo), 7–8, 9–11 in 13.

Pri nekaterih raziskovalcih je laboratorijski postopek malo drugačen: namesto NaOH uporabljajo kalijevo bazo (KOH) ali pa glino odstranjujejo z natrijevim pirofosfatom ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ). Če vzorci vsebujejo veliko smeti, ki so nekoliko manjše kot pelodna zrna (kot je to npr. pri morskih sedimentih), lahko za sejanje vzorcev uporabljamo tudi fina sita z 10-mikrometrsko najlonsko mrežico (ki jo čistimo z ultrazvokom), v tem primeru pelodna zrna ostanejo na mrežici. Namesto fluorovodikove kisline pri večjih količinah zelo peščenega (npr. jamskega) sedimenta lahko uporabljamo flotacijo v težki tekočini (npr. v cinkovem kloridu  $\text{ZnCl}_2$  s specifično gostoto 1,96): pelod je lažji in priplava na površje, težji sediment pa potone. Pelodna zrna lahko obarvamo tudi z barvilom fuksin, namesto silikonskega olja se lahko uporablja tudi glicerol (v tem primeru pelodna zrna rahlo nabreknejo, kar je treba upoštevati pri identifikaciji pelodnih zrn).

#### **KAKŠNO OPREMO MORA IMETI PALINOLOŠKI LABORATORIJ?**

Za palinološki laboratorij je najpomembnejše, da v prostoru omejimo možnost kontaminacije z današnjim pelodom, ukrepi za varnost pri delu pa naj bodo optimalni. Prostor mora imeti fumarij z dobro ventilacijo in filtri, ki zadržujejo pelod. Rože v laboratoriju ali v sosednjem prostoru, kjer poteka štetje peloda, so prepovedane! V laboratoriju potrebujemo še destilirano vodo (ali deionizirano vodo s filtrom na cevi); voda iz vodovoda namreč lahko vsebuje pelod. Če nimamo posebej urejenih odtokov za odlivanje in nevtraliziranje fluorovodikove kisline (HF) in drugih kemikalij, je odpadne snovi treba zbirati in odvažati. Oprema palinološkega laboratorija se bistveno ne razlikuje od opreme povprečnega laboratorija. Poleg fumarija z dobro ventilacijo potrebujemo še centrifugo, ki sprejme najmanj šestnajst 50-mililitrskih (in šestnajst 15-mililitrskih) epruvet in zmore najmanj 3000 obratov na minuto, ter vodno kopel za te epruvete, ki jo postavimo v fumarij. Poleg drobne laboratorijske opreme (mešalne palčke, liji, 180–200-mikrometerska sita, stresalnik za epruvete itd.) potrebujemo še plinsko napeljavo (ki jo lahko nadomestimo z jeklenko plina propan-butan in Bunsenovim gorilnikom) in opremo za osebno zaščito pri delu s HF. Za štetje peloda potrebujemo svetlobni mikroskop, ki pa naj stoji v sosednjem prostoru, hlapi fluorovodikove kisline namreč razžirajo steklene dele mikroskopa (da o pljučih palinologa ne govorimo!).

## VARNOST PRI DELU

Pri pripravi palinoloških vzorcev veljajo podobni varnostni ukrepi kot pri delu v katerem koli drugem laboratoriju, vendar pa palinološki laboratorijski postopek vključuje nekaj specifičnih faz dela, kjer je potrebna še prav posebna pazljivost. Še zlasti sta nevarni dve fazi laboratorijskega postopka: acetoliza in delo s fluorovodikovo kislino (HF). Fluorovodikova kislina je brezbarvna tekočina brez izrazitega vonja in povzroča močne opekline kože in dihal, ko pride v krvni sistem, pa je tudi strupena, zato je pri delu potreben dober sistem prezračevanja in uporaba osebnih zaščitnih sredstev (rokavice, predpasnik in ščit za obraz) iz materiala, odpornega na HF. Za delo z vročo HF priporočam uporabo epruvet iz materiala polipropilen kopolimer (polypropylene copolymer, PPCO) proizvajalca Nalgene. Fluorovodikove kisline ne smemo shranjevati v steklenih posodah ali epruvetah (HF razjeda steklo!), med delom pa morata biti vseskozi na voljo prah in raztopina natrijevega karbonata ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), ki se uporablja za nevtralizacijo morebitnega manjšega razlitja kisline v fumariju. Delo s HF naj poteka samo med rednim delovnim časom, na vratih laboratorija pa mora viseti opozorilni znak. Ob nesreči – razlitju večje količine fluorovodikove kisline – je prostore treba izprazniti, reševalci, ki bi vstopali v laboratorij, da nevtralizirajo kislino, pa morajo nositi dihalne maske. Shranjevanje večjih količin fluorovodikove kisline v laboratoriju ni priporočljivo (v laboratoriju nikoli nimam več kot pribl. 3–4 litre HF naenkrat). Če laboratorij nima odtoka, kjer bi se odpadna HF varno nevtralizirala, jo je treba zbirati v plastičnih posodah, ki jih odvažajo za to usposobljena podjetja. Pri tem je treba opozoriti, da v Sloveniji podjetja pogosto niso dovolj dobro opremljena z osebnimi zaščitnimi sredstvi in zadostnim znanjem o posredovanju pri nesrečah. Prav tako je pomembno, da so v raziskovalni inštituciji, kjer stoji laboratorij, vsi sodelavci seznanjeni s postopki ravnanja ob nesreči pri delu, ker se zdravstvene institucije le redko srečajo s takimi primeri. Poškodovanec, ki se polije s fluorovodikovo kislino, mora dobiti injekcijo kalcijevega glukonata, v laboratoriju pa mora biti stalno na voljo tudi mazilo za poškodbe pri opeklinah s fluorovodikovo kislino. Na našem trgu takšnega mazila ni v prosti prodaji, lahko pa se naroči pri osebnem zdravniku po sledečem receptu: 200 g magnezijevega sulfata, 60 g magnezijevega oksida, 180 g glicerola, 12 g prokainskega klorida in destilirana voda (dr. Zoran Mazej, Inštitut Jožef Stefan in dr. Martin Možina, Klinični center Ljubljana, osebna informacija 2002). Morda takšni strogi varnostni ukrepi za razmeroma majhen palinološki laboratorij zvenijo pretirano, ampak vsi palinologi imamo še živo pred očmi nesrečo, v kateri je pred leti zaradi manjših opeklin s fluorovodikovo kislino umrl avstralski palinolog.

### 1.6 Analiza vzorcev: identifikacija in kvantifikacija peloda, opis sedimenta, določanje koncentracije mikroskopskega oglja in starosti sedimenta

Palinološke mikroskopske preparate pripravimo tako, da na objektno stekelce kanemo kapljico vzorca, ga prekrijemo s krovnim stekelcem, robove pa zalepimo s prozornim lakom za nohte. Preparat opazujemo pod svetlobnim mikroskopom (sl. 19) pri 400-kratni povečavi: prek stekelca se gibljemo navpično ali vodoravno tako, da nikoli dvakrat ne prečkamo istega vidnega polja, in pri tem štejemo vsa pelodna zrna, ki jih vidimo. 400-kratna povečava zadostuje za rutinsko identifikacijo pelodnih zrn, medtem ko v zahtevnejših primerih lahko uporabimo tudi 600-kratno ali 1000-kratno povečavo, imerzijsko olje in fazni kontrast. Pri identifikaciji pelodnih zrn upoštevamo obliko zrna, število por

in brazd ter zgradbo ovojnice (sl. 4), pri čemer si pomagamo z identifikacijskimi ključi in atlasi s fotografijami peloda (Faegri in Iversen 1989, 237–239; Moore s sod. 1991, 86–166; Reille 1992; Reille 1995; Beug 2004) ter palinološko referenčno zbirko. Rastline istega rodu ali družine tvorijo zelo podobna pelodna zrna, zato jih pogosto lahko določimo le do družine (npr. trave, rožnice) ali rodu (večina dreves) natančno, medtem ko je določitev do vrste zelo redka (npr. ozkolistni trpotec [*Plantago lanceolata*]).

Štetje peloda je najdalgotrajnejši del palinološke raziskave. Zaradi statističnih razlogov je v vsakem vzorcu treba prešteti najmanj 300 pelodnih zrn (Maher 1972). Na paleokoloških najdiščih, kjer je pelodna koncentracija dovolj visoka, pelod pa razmeroma dobro ohranjen, je priporočljivo prešteti nekoliko več (500 ali celo 1000) pelodnih zrn na vzorec, še zlasti če nas zanima prisotnost redkejših taksonov (npr. kulturnih rastlin in njivskih plevelov).

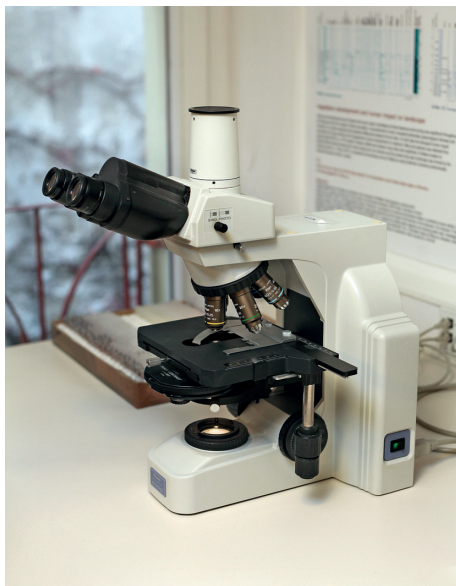
Štetju peloda sledi matematična analiza rezultatov. Odstotke posameznih taksonov v vzorcu izračunamo glede na vsoto peloda in spor kopenskih rastlin (Bennett in Willis 2001). Vodne in močvirske rastline, ki so verjetno uspevale lokalno, so iz pelodne vsote navadno izključene, ker lahko velika nihanja v količini peloda, ki ga proizvajajo, bistveno vplivajo na odstotne deleže drugih rastlin (Moore s sod. 1991, 170–171). Zaradi medsebojne povezanosti odstotnih deležev posameznih taksonov in vpliva lokalnih rastlin je priporočljivo, da se za vsak vzorec (in takson) izračunata še pelodna koncentracija in hitrost odlaganja peloda (Stockmarr 1972; Faegri in Iversen 1989, 83–84; Bennett in Willis 2001; glej I. del/1.5). Ti dve vrednosti sta za vsak takson “absolutni” in nista odvisni od količine peloda, ki ga proizvajajo drugi taksoni.

Pelodna koncentracija (= število pelodnih zrn v 1 cm<sup>3</sup> sedimenta) se izračuna po formuli:

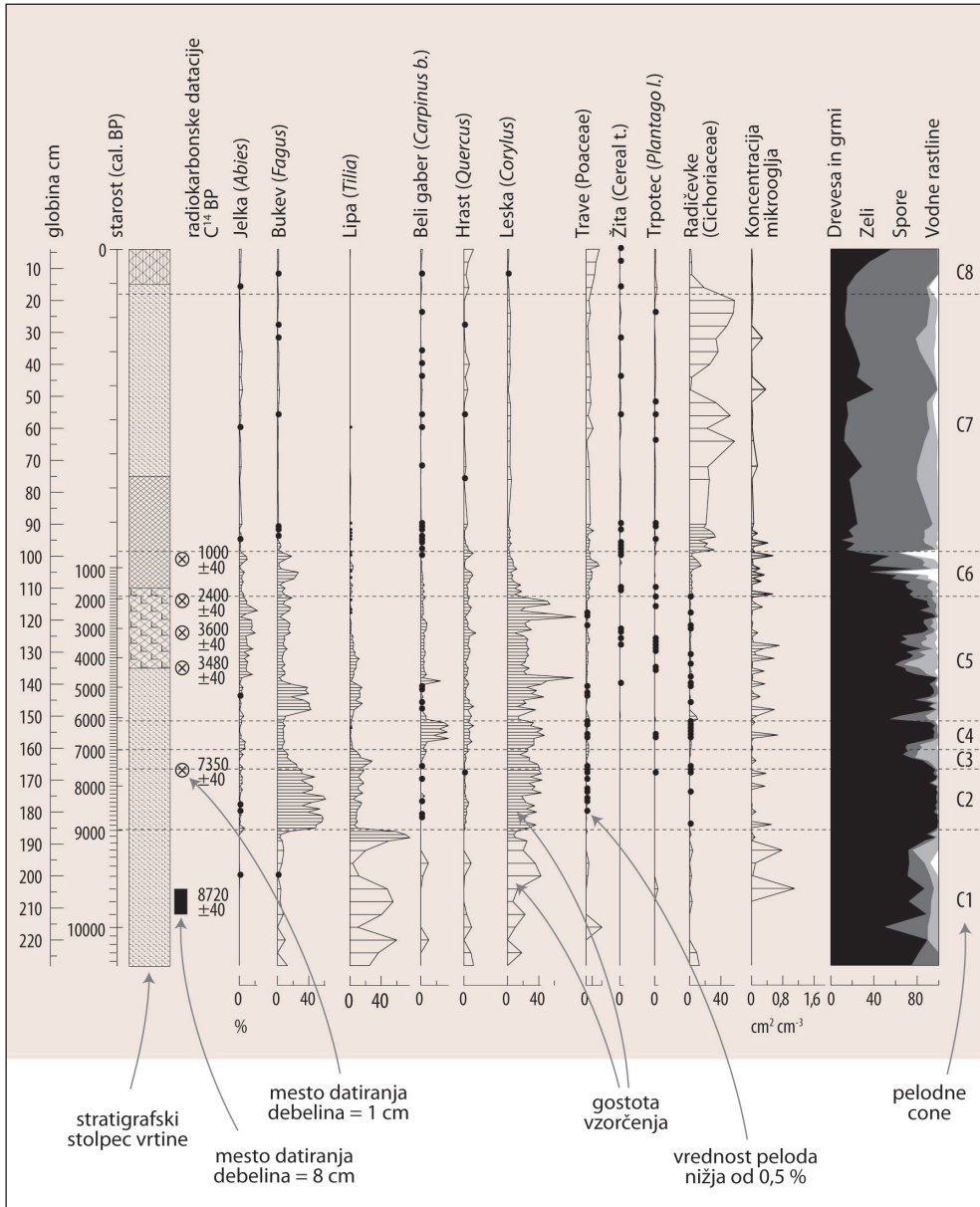
pelodna koncentracija = (število dodanih spor *Lycopodium* x število prešteti fosilnih pelodnih zrn) / (število prešteti spor *Lycopodium* x prostornina sedimenta [cm<sup>3</sup>])

Če poznamo hitrost sedimentacije (ki jo lahko določimo z radiokarbonskim ali katerim drugim datiranjem), lahko tudi matematično ocenimo hitrosti odlaganja peloda (angl. PAR = “pollen accumulation rates”):

PAR = pelodna koncentracija (število pelodnih zrn na 1 cm<sup>3</sup>) / hitrost sedimentacije (cm na leto)



Sl. 19: Za štetje peloda uporabljam svetlobni mikroskop Nikon Eclipse E400 pri 400-kratni povečavi.



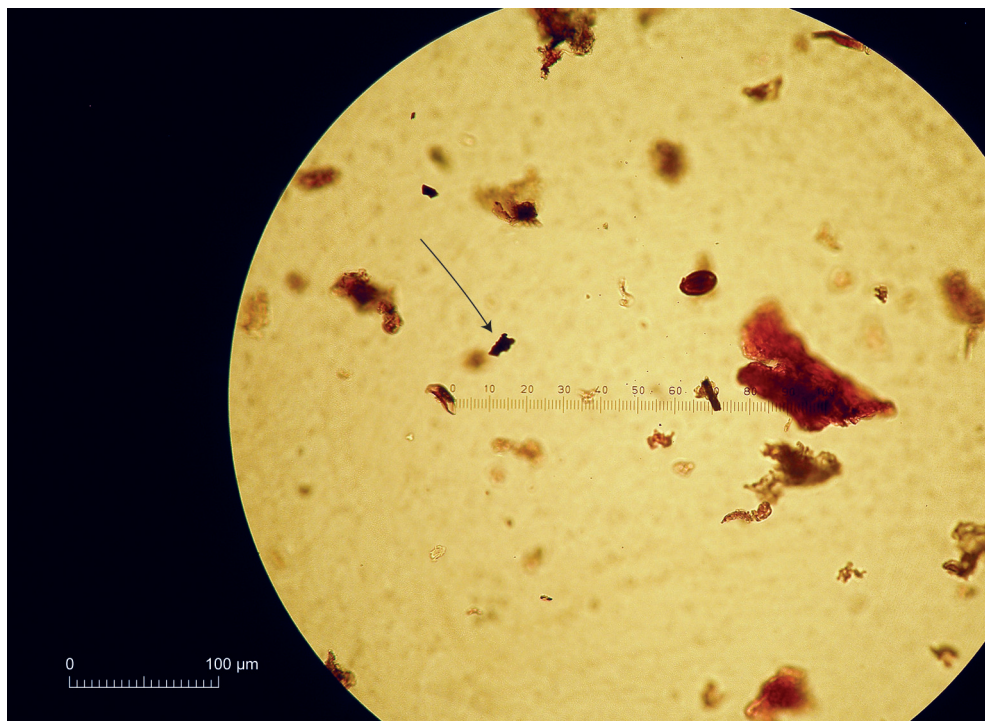
Sl. 20: Pelodni diagram z najdišča Mlaka, Bela krajina.

Rezultate palinoloških raziskav prikazemo na pelodnih diagramih, ki jih izrišemo z računalniškimi programi. Najpogosteje se uporabljata programa Tilia (Grimm 2003) in Psimpoll (Bennett 1998). Na sliki 20 je prikazan primer pelodnega diagrama, ki je bil zrisan s programom Psimpoll. Na levi strani diagrama sta prikazani globina vrtine v centimetrih

in ocena starosti sedimenta. Ocena starosti sedimenta v letih pred sedanostjo (cal. BP) temelji na radiokarbonskih datacijah, katerih položaj in izmerjene vrednosti so na pelodnem diagramu prikazani desno od stratigrafskega stolpca, kjer je s Troels-Smithovimi (1955a) simboli označena sestava sedimenta. Starost plasti med dvema **absolutno** (npr. radiokarbonsko) **datiranima** vzorcema lahko ocenimo z **linearno interpolacijo** (pri čemer predvidevamo, da je bila hitrost sedimentacije med vzorcema enakomerna) ali katerim drugim matematičnim modeliranjem, ki je navadno sestavni del programov za risanje pelodnih diagramov (npr. Psimpoll) ali kalibriranje radiokarbonskih datacij (npr. OxCal). Sledi prikaz odstotnih deležev za posamezne (izbrane) taksone. Navadno je najprej prikazan pelod dreves in grmov, nato pa zeli. Vsaka vodoravna črta prikazuje odstotni delež taksona v vzorcu. Npr. vzorec na globini 180 cm, katerega starost je ocenjena na približno 8600 let, vsebuje pribl. 40 % peloda bukve. V naši vrtini je bila v spodnjem in zgornjem delu vrtine gostota vzorčenja 4 cm, medtem ko je bil v srednjem delu vrtine analiziran vsak centimeter sedimenta. Predzadnja krivulja kaže koncentracijo mikroskopskega oglja, na koncu pa je prikazan še delež dreves in grmov (črno), zeli (temno sivo), spor (svetlo sivo) in vodnih rastlin (belo). Z deležem dreves, grmov in zeli je prikazana pogozdenost pokrajine. Pelodni diagram se konča s pelodnimi conami (C-1 do C-8), ki označujejo dele vrtine s podobno sestavo pelodnega zapisa in se uporabljajo za lažje opisovanje pelodnih diagramov. Pred desetletji, ko je bilo risanje diagramov še ročno, so palinologi meje med conami določali subjektivno, danes pa računalniški programi za risanje pelodnih diagramov podatke matematično analizirajo in določijo število statistično relevantnih con (Bennett 1996 in tam navedena literatura).

Na vzorčnem pelodnem diagramu (sl. 20) so poleg pelodnih podatkov prikazani še rezultati drugih analiz. Palinologi navadno napravijo preprost opis stratigrafije po Troels-Smithu (Troels-Smith 1955a; Aaby in Berglund 1986), s katerim zelo grobo ocenimo količino in vrsto organskih in anorganskih sestavin sedimenta, ki so na diagramu predstavljene z enotnimi, mednarodno dogovorjenimi simboli. Tako npr. simboli v obliki črke L (sl. 20, 110–230 cm in 13–75 cm) v stratigrafskem stolpcu označujejo mineralne drobce, manjše kot 0,002 mm (glinasta frakcija), poševna mreža (0–13 in 75–135 cm) pa preperle ostanke rastlin, manjše kot pribl. 0,1 mm. Z Munsellovimi barvnimi lestvicami lahko opišemo tudi barvo sedimenta. Poleg opisa po Troels-Smithu (1955a) palinologi količino organskih in anorganskih snovi v sedimentu pogosto določamo tudi z žarilno izgubo (angl. "loss-on-ignition analysis"; Bengtsson in Enell 1986). Suh sediment najprej stehtamo, nato pa ga žgemo pri 550 °C, da zgorijo organske snovi. Vzorec znova stehtamo in žgemo pri 950 °C (pri tej temperaturi razpadejo karbonati) in stehtamo. Na podlagi izgube mase med žganjem določimo odstotne deleže organskih snovi, karbonatov in preostalih anorganskih snovi v sedimentu. Spremembe značilnosti sedimenta, ki pogosto sovpadajo s spremembo hitrosti odlaganja materiala, so lahko posledica okoljskih sprememb, npr. prehoda jezera v močvirje ali pa erozije tal in povečanega vnosa mineralnih snovi zaradi izsekavanja gozda. Vendar pa je pri rekonstrukciji okolja na osnovi sedimentoloških podatkov potrebna previdnost. Priporočljivo je, da se, za boljše razumevanje nekdanjih okoljskih razmer, poleg opisa sedimenta po Troels-Smithu in določanja žarilne izgube opravijo še dodatne sedimentološke (npr. granulometrične, geokemične) raziskave in/ali analiza nekaterih drugih rastlinskih in živalskih mikrofosilov (npr. diatomej, **ostrakodov**).





Sl. 21: Pelodni preparat z ostanki mikroskopskega oglja.

Poleg peloda se v palinoloških vzorcih ohranijo tudi ostanki drugih mikroorganizmov, nekatere alge (npr. *Pediastrum*) ali spore gliv (npr. indikatorji iztrebkov rastlinojedcev) in mikroskopski delci oglja (sl. 21). Analiza mikroogljja je standardni, rutinski del palinološke raziskave. Za štetje oglja lahko uporabljamo več različnih metod (Whitlock in Larsen 2001). Hkrati s pelodom štejemo tudi vse drobce oglja (< 40  $\mu\text{m}$  in > 40  $\mu\text{m}$ ) ali pa si za štetje oglja naključno izberemo le nekaj vidnih polj (Clark 1982). Ostanki mikroskopskega oglja nam pomagajo rekonstruirati nekdanje požarne režime v pokrajini, ki so bili odvisni od podnebja, človekove aktivnosti (krčenje gozda za potrebe poljedelstva) in vrstne sestave vegetacije (npr. Tinner s sod. 1999; 2000; Andrič 2007; Daniau s sod. 2012).

Palinologi za določanje starosti **paleoekološkega** zapisa navadno uporabljamo radiokarbonsko datiranje. V vrtni poiščemo fosilne makroskopske rastlinske ostanke, ki jih pošljemo v radiokarbonski laboratorij, kjer na osnovi razmerja med radioaktivnim in stabilnim ogljikom ( $^{14}\text{C} : ^{12}\text{C}$ ) določijo njihovo starost. S to metodo lahko določamo starost organskih, npr. rastlinskih ostankov, ki niso starejši od pribl. 50.000 let. Vodne rastline niso primerne za radiokarbonsko datiranje. Pri fotosintezi namreč iz vode sprejemajo ogljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ) z ogljikom, ki lahko izvira iz kamnin v podlagi, zato so njihove radiokarbonske datacije "prestare" (t. i. angl. "hard water effect" = vpliv trde vode, Björck in Wohlfarth 2001). Če sediment ne vsebuje makroskopskih rastlinskih ostankov, lahko pošljemo vzorec sedimenta radiokarbonskemu laboratoriju, kjer iz njega izločijo organski

ogljik in ga datirajo. Te datacije so navadno nekoliko starejše kot radiokarbonske datacije rastlinskih makrofosilov (Barnekow s sod. 1998; Björck in Wohlfarth 2001), verjetno zaradi vpliva "trde vode", erozije tal ali pa preprosto tega, da je od smrti rastline do njene razgradnje in odložitve v jezero lahko minilo več desetletij. Poleg rastlinskih makrofosilov se za radiokarbonsko datiranje lahko uporabljajo še živalski ostanki (npr. žuželk), pelod in **fitoliti**, vendar pa je takšno datiranje redko. Omenjeni fosilni ostanki se na vseh najdiščih namreč ne pojavljajo v dovolj velikih količinah, fitoliti pogosto ne vsebujejo organskega ogljika, pelodne vzorce pa je pred radiokarbonskim datiranjem tudi težko očistiti neželeznega organskega materiala.

Poleg radiokarbonskega datiranja lahko našo kronologijo izboljšajo tudi **tefrokronološke** raziskave. Tefrokronologiji v zaporedju sedimentov poiščejo plasti vulkanskega prahu in po obliki in kemični sestavi drobcev sklepajo o izvoru pepela in času vulkanskega izbruha (Turney in Lowe 2001). Metoda temelji na dejstvu, da se vulkanski pepel po zraku prenaša na velike razdalje, tako da se ob vsakem izbruhu pepel enake sestave odloži na zelo prostranem območju. V globokih jezerih z laminiranimi sedimenti za določanje starosti sedimenta lahko štejemo tudi varve (= letne plasti, lamine), podobno kot pri dendrokronologiji (Lamoreux 2001; glej I. del/2.6.1). Za določanje starosti plasti, mlajših od leta 1950 n. št., lahko uporabljamo tudi svinčev izotop  $^{210}\text{Pb}$  (Appleby 2001).

#### RADIOKARBONSKO ( $\text{C}_{14}$ -)DATIRANJE

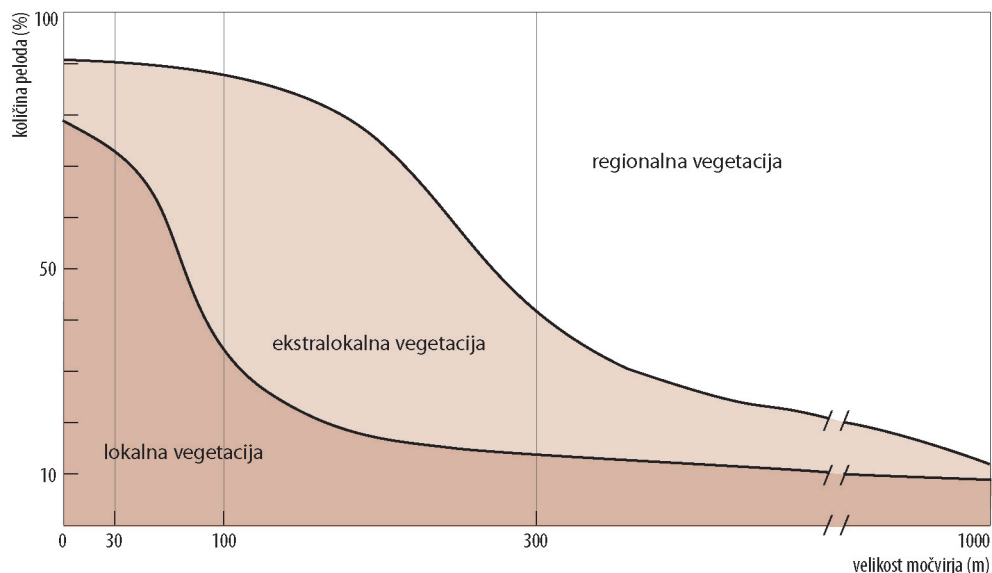
Zemeljsko ozračje poleg stabilnega ogljika ( $^{12}\text{C}$ ) vsebuje tudi radioaktivni ogljikov izotop ( $^{14}\text{C}$ ), ki nastaja v zgornjem delu atmosfere ob delovanju kozmičnih žarkov na atome dušika. Količina posameznih ogljikovih izotopov v atmosferskem  $\text{CO}_2$  se s časom rahlo spreminja in je odvisna od sončevega sevanja, zemeljskega magnetnega polja, kroženja ogljika in vulkanizma. Oba izotopa se ob dihanju vgrajujeta v žive organizme, ko pa ti umrejo, začne nestabilni radioaktivni ogljik ( $^{14}\text{C}$ ) razpadati v dušik ( $^{14}\text{N}$ ). V 5568 letih (= razpolovna doba) ga razpade polovica in glede na preostalo količino  $^{14}\text{C}$  v vzorcu lahko določimo njegovo starost (Libby s sod. 1949; Libby 1955). Radiokarbonski laboratoriji izmerjeno starost prikažejo v letih pred sedanostjo (BP = angl. "before present"), tj. pred letom 1950, ko razmerje med izotopoma še ni bilo tako zelo porušeno zaradi jedrskih poskusov. Ker pa se je razmerje med količino posameznih izotopov v atmosferi skozi čas spreminjalo, teh radiokarbonskih datacij ne moremo enačiti s koledarskimi leti. Za pretvorbo v koledarska leta se uporablja kalibracijska krivulja "INTCAL 09", ki temelji na absolutno datiranih branikah dreves (irske in nemške dendrokronološke hrastove in borove krivulje) v kombinaciji z laminiranimi morskimi sedimenti in  $^{14}\text{C}/\text{U}$ -Th-datiranimi koralami (Stuvier s sod. 1998; Reimer s sod. 2009). Kalibracijska krivulja je bila pred kratkim dopolnjena še z analizo laminiranega sedimenta jezera Suigecu z Japonskega, kar je močno izboljšalo kalibracijsko krivuljo za obdobje med pribl. 12.500 in 50.000 cal. BP (Ramsey s sod. 2012). Računalniški programi za kalibriranje radiokarbonskih datacij so prosto dostopni na spletu (OxCal 4.1: <http://c14.arch.ox.ac.uk/embed.php?File=oxcal.html> in CALIB 5.0: <http://calib.qub.ac.uk/calib/>). Seveda pa zaradi statistične negotovosti meritve in radiacije v ozadju starosti vzorca ne moremo določiti do (koledarskega) leta natančno. Navadno se navaja časovni razpon ( $2\sigma$ ) s 95%-o verjetnostjo, da gre za "pravo" starost analiziranega vzorca.

## 1.7 Interpretacija palinoloških rezultatov

V tem poglavju bomo na kratko predstavili glavne interpretativne možnosti in omejitve palinološke raziskovalne metode: taksonomsko natančnost, prostorsko in časovno reprezentativnost, rekonstrukcijo nekdanjega okolja in človekovega vpliva na vegetacijo ter povezovanje palinologije z drugimi vedami pri iskanju vzrokov za spremembe okolja in vegetacije.

Glavna prednost palinološke raziskave je velika količina peloda, ki ga proizvajajo vse **cvetnice** in ga navadno lahko identificiramo do družine ali rodu (redkeje vrste) rastlin natančno. Ker večina dreves, ki rastejo v naših gozdovih, pripada različnim rodovom, lahko s palinološko raziskavo zelo dobro rekonstruiramo sestavo nekdanjega gozda. Pelod zeli navadno določamo z manjšo taksonomsko natančnostjo. Rastline iste družine (npr. trave, rožnice), ki uspevajo v ekološko zelo različnih razmerah, lahko tvorijo zelo podoben pelod, vendar pa je kljub temu mogoče identificirati večino tako imenovanih "antropogenih indikatorjev" (Behre 1981), tj. rastlin, povezanih s človekovim vplivom na okolje. Zaradi omejene taksonomske pa tudi kvantitativne in prostorske natančnosti, o katerih bomo govorili v nadaljevanju, s palinološko raziskavo ne moremo (do podrobnosti) rekonstruirati nekdanjih rastlinskih združb.

Pri interpretaciji pelodnega zapisa so pomembne razlike pri nastajanju in širjenju peloda. Vetrocvetke proizvajajo več peloda kot žužkocvetke. V posameznem prašniku navadne kislice (*Rumex acetosa*), ki je vetrocvetka, nastane kar 30.000 pelodnih zrn, medtem ko jih črna detelja (*Trifolium pratense*), ki je žužkocvetka, proizvede "le" 220 (Erdtman 1969). Podobne razlike so pri drevesih, navadna smreka (*Picea abies*) proizvede 600.000 pelodnih zrn na cvet, žužkocvetni ostrolistni javor (*Acer platanoides*) pa "le" 8000 (Moore s sod. 1991, 182). Prvo kvantitativno analizo odnosa med odstotkom peloda in številom rastlin v pokrajini je opravila M. B. Davis (1963), v Evropi pa danski palinolog Andersen (1970), ki je pelod, ki se je nabral na gozdnem mahu, primerjal s številom posameznih drevesnih vrst v okolici. Tako je ocenil, katere drevesne vrste/rodovi so v pelodnem zapisu, glede na okoliško vegetacijo, "preveč" (npr. bor in breza) ali "premalo" (npr. lipa in javor) zastopane. Andersenova številčna razmerja med posameznimi taksoni se niso širše uveljavila, ker so primerna le za tip vegetacije in geografsko območje, kjer je raziskoval, pa čeprav je podobna razmerja med posameznimi taksoni, vendar z lokalnimi razlikami, za jugovzhodno Veliko Britanijo ugotovil tudi Bradshaw (1981). Na pelodno produkcijo in širjenje namreč vplivajo tudi rastišče in podnebje, tip vegetacije (npr. odprtost pokrajine) in velikost paleoekološkega najdišča ter velikost pelodnih zrn. Rastline v podrasti proizvajajo manj peloda kot tiste, ki rastejo v boljših svetlobnih razmerah, pomembne pa so tudi podnebne razmere – v hladnem podnebju nastaja v prašnikih manj peloda (Hicks 1985), nekatere rastline pa lahko celo preidejo na **vegetativno razmnoževanje** (Brubaker 1986). Nekatera pelodna zrna so zelo majhna in imajo tanko ovojnico, ki hitro propade, zato so v pelodnem zapisu slabše zastopana. Topol (*Populus*) in tisa (*Taxus*), npr., proizvajata precej peloda, ki pa ga le redko najdemo tudi na pelodnih diagramih. Skratka, na podlagi pelodnega zapisa ne moremo zelo natančno oceniti števila rastlin, ki so uspevale na nekem območju. 15 % peloda bora na pelodnem diagramu, npr., ne pomeni, da je v pokrajini raslo 15 % borovih dreves. Prav tako ne moremo vedeti, kje je omenjeno drevje raslo.



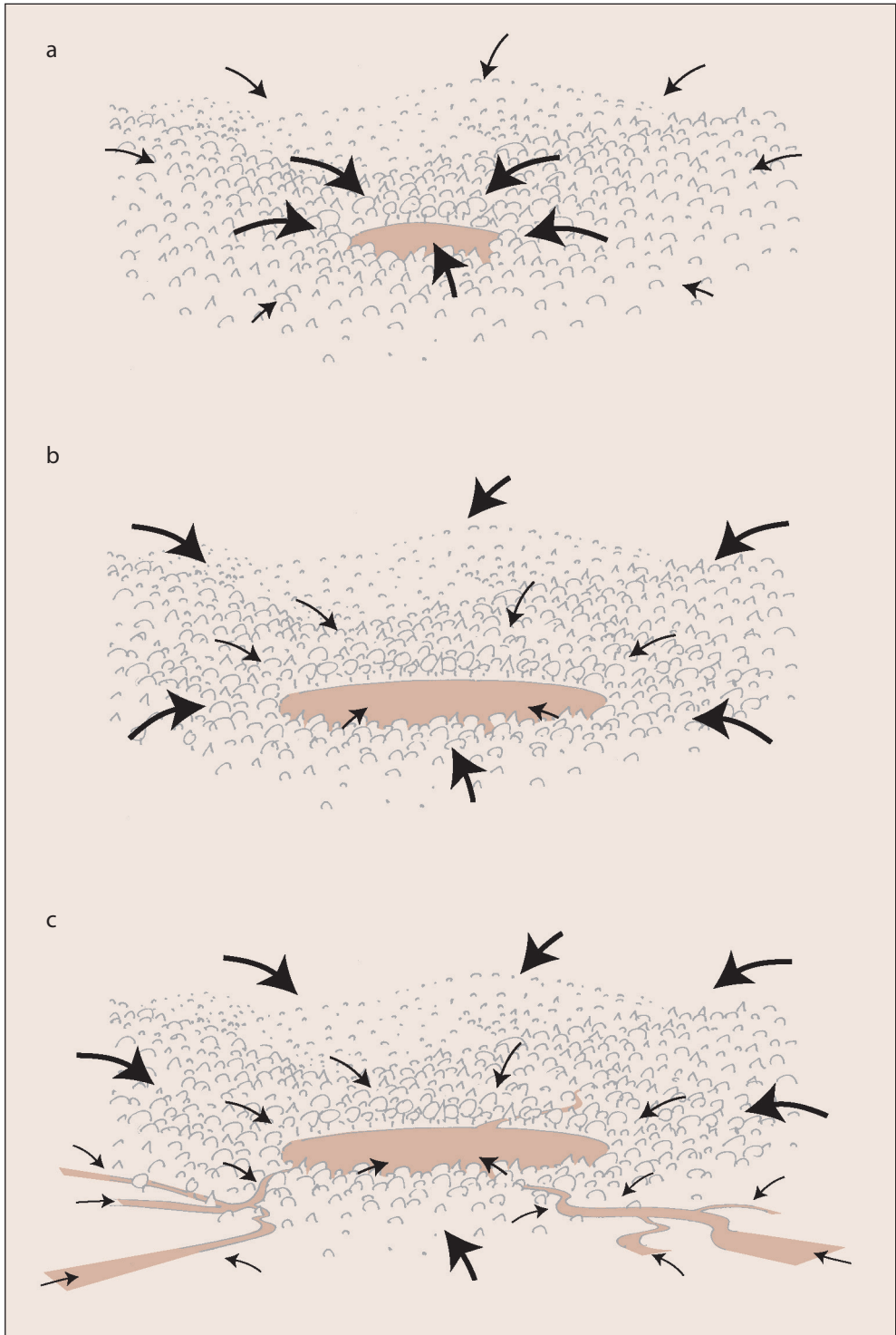
Sl. 22: V majhnih jezerih prevladuje pelod lokalne, v velikih pa pelod regionalne vegetacije. Po predlogi: Jacobson in Bradshaw 1981.

V zadnjih letih so nekateri palinologi analizirali in modelirali širjenje peloda v današnji pokrajini, da bi bolje razumeli povezavo med pelodnim zapisom in vegetacijo, ki ga je ustvarila, rezultate pa uporabili pri rekonstrukciji nekdanje vegetacije. Jacobson in Bradshaw (1981) sta ugotovila, da velikost močvirja ali jezera, v katerem poteka palinološka raziskava, bistveno vpliva na prostorsko reprezentativnost pelodnega zapisa v sedimentu (sl. 22). V majhnih jezerih s premerom do 30 m prevladuje pelod lokalne vegetacije (73 %), bistveno manj je peloda, ki prihaja v jezero z razdalje, večje kot nekaj deset metrov. V srednje velikih jezerih (30–300 m) se delež peloda lokalne vegetacije zmanjša, poveča pa se delež peloda rastlin, ki so bile bolj oddaljene od jezera. V velikih jezerih s premerom 300 m in več prevladuje pelod regionalne (= več kilometrov od roba bazena) vegetacije. Večja jezera (> 300 m) so zato primerna za proučevanje sprememb v celotni regiji, medtem ko je pelodni zapis v manjših jezerih in močvirjih (< 30 m) občutljiv na spremembe rastlinstva v njihovi neposredni bližini (kot je npr. lokalno izsekavanje manjših površin gozda v neolitiku, glej II. del/4.1, sl. 23).

Pelod različnih tipov lahko potuje različno daleč (Bradshaw in Webb 1985). V zadnjih desetletjih so se palinologi ukvarjali tudi z vprašanjem, kakšno je izvorno območje pe-



Sl. 23: Majhna jezera so primerna za proučevanje sprememb vegetacije v neposredni bližini jezera (a), medtem ko so velika jezera dober pokazatelj večjih sprememb vegetacije v širši regiji (b). Pelod širše regije v jezero prinašajo tudi reke (c).



loda (angl. "pollen source area") na različno velikih najdiščih, v homogeni ali mozaični, pogozdeni ali bolj odprti pokrajini. Prentice (1985) je z modeliranjem s Suttonovo (1947; 1953) enačbo za širjenje zračnih delcev ugotovil, da izvorno območje peloda narašča z velikostjo bazena (jezera, močvirja). Lažja pelodna zrna, ki prepotujejo večje razdalje, so v velikih bazenih bolje zastopana.

Pelodni zapis vsakega bazena odseva sestavo vegetacije v njegovi okolici. Čim širši krog vegetacije okrog bazena upoštevamo, tem boljše je ujemanje (korelacija) med pelodnim zapisom v jezeru in okoliško vegetacijo. Razdalja okrog bazena, na kateri se korelacija med količino peloda in količino rastlin več bistveno ne izboljša, se imenuje relevantno izvorno območje peloda (angl. "relevant source area for pollen"). Sugita (1994) je z modeliranjem širjenja peloda v nehomogeni vegetaciji pokazal, da je relevantno izvorno območje peloda nekoliko manjše, kot so mislili do zdaj: za manjše bazene s polmerom 2 m znaša 50–100 m (s polmerom 50 m: 300–400 m), srednje velike bazene s polmerom 250 m pa 600–800 m. Čeprav s teh razdalj pride v bazen le pribl. 35–40 % celotnega peloda, to ob nespremenjenem spremljajočem zalednem pelodu (angl. "background pollen") omogoča rekonstrukcijo lokalne vegetacije. V velikih bazenih (radij = 750 m), obdanimi s krpami homogene vegetacije, manjšimi kot bazen, je rekonstrukcija regionalne vegetacije težja, ker ne moremo ločiti med homogeno in nehomogeno vegetacijo. Še zlasti težavna je rekonstrukcija vegetacije v napol (npr. 60 %) odprti pokrajini z nehomogeno vegetacijo (Sugita s sod. 1999), kakršna je značilna za večino obdobj, ki jih proučujejo arheologi.

Vzroki za spremembo rastlinstva so zelo različni, med najpomembnejše sodijo podnebje, človekov vpliv na okolje in interna vegetacijska dinamika (npr. konkurenčni odnosi med rastlinami in **sukcesija**). Ker ti trije dejavniki delujejo hkrati, pogosto le s težavo izvemo, kateri vpliv je bil odločilen za razvoj vegetacije. V nadaljevanju si bomo zato ogledali, kako ti dejavniki vplivajo na spremembe rastlinstva in pokrajine, kako ločimo med "naravno" in antropogeno preoblikovano vegetacijo in kateri so najpomembnejši okoljski procesi.

Podnebje (temperatura, količina padavin in dolžina rastne sezone) vpliva na **fiziološke** procese v rastlinah in geografsko razširjenost rastlinskih vrst (Ellenberg 1988; Larcher 1995). Rastline se na podnebne spremembe domnevno odzivajo individualno in ne kot celotne rastlinske združbe (Davis 1981; Walker 1982; Huntley in Birks 1983; Webb 1986; Bennett 1988; Huntley 1988). V zmerno toplem pasu dolgotrajne zelo nizke temperature (–25 °C do –35 °C za listopadna drevesa) povzročajo nastanek ledu v celicah in poškodbe celic ter ustavitve fotosinteze pri temperaturi pod –5 °C, ovirajo pa tudi razmnoževanje dreves s semeni (Pennington 1986; Larcher 1995). Rast dreves ovira tudi pomanjkanje vode.

Kljub številnim raziskavam rastlinske fiziologije in ekologije način in intenzivnost odziva rastlin na podnebna nihanja v preteklosti še vedno nista v celoti raziskana (Birks 1981; Davis in Botkin 1985). Glavna težava je zapletena in posredna povezava med pelodnim zapisom, ki odseva sestavo nekdanje vegetacije, in nekdanjim podnebjem. Vegetacija ni vedno nujno v ravnovesju z regionalnim podnebjem, predstavniki iste vrste pa se lahko zaradi genske raznolikosti in **fenotipske** plastičnosti ob enakih podnebnih spremembah odzivajo različno. Pri odzivu rastlin na podnebna nihanja so pomembni še različna življenjska doba in življenjski cikli rastlin, tip tal, motnje v pokrajini, invazija drugih vrst ter vpliv škodljivcev, rastlinojedih živali in človeka. Konkurenčni odnosi med vrstami so bili v nekdanjih rastlinskih združbah, za katere pogosto nimamo modernih analogij, lahko drugačni kot današnji (Birks 1981; Davis in Botkin 1985; Prentice 1986; Brubaker 1986; Ritchie 1986; Bennett in Willis 1995). Proučevanje današnje vegetacije in podnebnih

sprememb je seveda pomembno za rekonstrukcijo odziva rastlin v preteklosti, zavedati pa se je treba, da je stanje današnje vegetacije posledica tisočletij človekovega vpliva na okolje in ne le trenutnih podnebnih razmer, zato le težko sodimo, kakšna bi bila "potencialna naravna vegetacija" (tj. vegetacija, ki bi uspevala ob odsotnosti človekovega vpliva) v pokrajini (npr. Andrič in Willis 2003).

Ob upoštevanju zgoraj naštetih metodoloških omejitev lahko o vplivu podnebja na razvoj vegetacije v zadnjih 15.000 letih v Sloveniji (Evropi) rečemo sledeče: Ob koncu zadnje ledene dobe (v poznem glacialu pred pribl. 15.000–11.700 leti) je na razvoj vegetacije v Evropi močno vplivalo hladno in domnevno tudi nekoliko bolj suho podnebje (COHMAP Members 1988; Webb in Kutzbach 1998). Pokrajina v Sloveniji je bila razmeroma odprta (visok delež peloda zeli, npr. pelina in metlikovk), poleg bora in breze pa so se v manjših količinah, še zlasti v nekoliko toplejših obdobjih, pojavljali tudi bolj toploljubni listavci: leska, hrast, brest, lipa, jesen in bukev (Culiberg 1991; Šercelj 1996; Andrič s sod. 2009). Ti listavci so se ob viških poledenitev verjetno ohranili na toplejših in vlažnejših območjih srednje in južne Evrope (mikrorefugiji), od koder so se ob podnebnih otoplitvah širili po Evropi (Huntley in Birks 1983; Bennett s sod. 1991; Willis 1994; Willis s sod. 2000; Willis in van Andel 2004; Magri s sod. 2006; Willner s sod. 2009). Na prehodu poznega glaciala v holocen pred približno 11.700 leti je podnebje postalo toplejše in vlažnejše (npr. Dansgaard s sod. 1993), kar je omogočilo razširitev mešanega hrastovega gozda in leske, pozneje pa so se uveljavili še beli gaber, bukev in jelka. Bukov in jelk sta se v različnih delih Evrope uveljavili različno hitro, v Sloveniji pred pribl. 9000 leti (Šercelj 1996 in tam navedena literatura; Andrič in Willis 2003), severno od Alp pa nekaj stoletij/tisočletij pozneje, med 8200 in 6500 leti pred sedanostjo (Tinner in Lotter 2006). Malo poznejšo razširitev teh dveh taksonov so lahko povzročile podnebne spremembe (povečanje količine padavin) ali pa sukcesija, razvoj tal, hitrost migracije in človekov vpliv (Willis 1994; Šercelj 1996; Gardner in Willis 1999; Andrič in Willis 2003; Tinner in Lotter 2006). Najverjetnejša je razlaga, da so k hitri širitvi bukve in jelke (vsaj zadnjih 8200 let, ko v srednji Evropi migracijski zaostanek ni bil več pomemben), odločilno prispevala obdobja hladnejšega in vlažnejšega podnebja (Huntley 1988; Tinner in Lotter 2006). Motnje, ki jih je v okolju povzročal človek, so verjetno ovirale širjenje bukve, čeprav še zlasti za severno Evropo obstajajo tudi indici o nasprotnem (Bradshaw in Lindbladh 2005; Tinner in Lotter 2006; Bradley s sod. 2013), medtem ko je jelka občutljivejša na požiganje gozda in gozdno pašo (Tinner s sod. 1999; 2000; Nagel s sod. 2015).

Podnebna nihanja v holocenu so bila šibkejša kot ob prehodih med **glaciali** in **interglaciali** (čeprav niso bila zanemarljiva!; Dansgaard s sod. 1993; Meese s sod. 1994; O'Brien s sod. 1995), zato v srednjem in poznem holocenu le težko rekonstruiramo vpliv podnebja na vegetacijo, še zlasti ker je človekov vpliv hkrati postajal vse močnejši. Nekaj primerov okoljskih sprememb, pri katerih so bila pomembna tako podnebna nihanja kot človek, in problemov, ki jih takšen razvoj okolja odpira, bo predstavljenih v drugem delu knjige (II. del/4.1 in 5.1).

Najočitnejši znak človekovega vpliva na okolje je večja odprtost pokrajine, nastala zaradi izsekavanja in požiganja gozda ter pojava travnikov in njiv. V zmerno toplem podnebnem pasu, kamor sodi tudi Slovenija, gozd ne uspeva le tam, kjer je količina padavin premajhna (< pribl. 500 mm na leto), rastna sezona prekratka (npr. nad gozdno mejo), edafske razmere neustrezne (jezera, močvirja, prodišča) ali vpliv človeka premočan (Ellenberg 1988, 392–397; Larcher 1995). Brez človekovega vpliva na okolje bi večji del Slovenije

preraščal gozd. Zato ni presenetljivo, da so prvi palinologi, ki so proučevali človekov vpliv na okolje v neolitiku, veliko pozornost posvečali prav spremembam rastlinstva ob izsekavanju in požiganju gozda.

Iversen (1941) je prvi opisal spremembe vegetacije na Danskem ob sekanju in požiganju gozda v neolitiku (t. i. "landnam", beseda označuje tradicionalno izrabo pokrajine v Skandinaviji). V prvi fazi, ko so kmetje izsekali gozd, je delež peloda dreves na pelodnih diagramih upadel, zeli pa narasel. Pojavili so se t. i. "antropogeni indikatorji", rastline, značilne za polja, ledine, ruderalne in z dušikom bogate površine, poti in pašnike. Sledilo je sukcesijsko zaraščanje gozda. Najprej je narasla količina peloda vrbe (*Salix*), topola (*Populus*), breze (*Betula*) in bora (*Pinus*), pozneje pa še leske (*Corylus*), hrasta (*Quercus*) in lipe (*Tilia*). Podobne spremembe vegetacije (= upad peloda dreves, pojav antropogenih indikatorjev in sukcesijsko zaraščanje gozda) so se zgodile tudi drugod po Evropi.

Sukcesija je časovno zaporedje različnih življenjskih (rastlinskih) združb na enem prostoru, npr. razvoj rastlinstva na novi površini oziroma nadomestitev nekdanje vegetacije, uničene zaradi motnje (npr. požara, vetroloma, poseke). Na novo površino se najprej začnejo naseljevati hitro rastoče rastline (enoletnice) in rastline s hitrim širjenjem semen. Nato vzkaliyo drevesa, t. i. "pionirji", ki potrebujejo veliko svetlobe (breza in bor), pod njihovo krošnjo pa mladice bolj sencovzdržnih in konkurenčno močnejših drevesnih vrst, kot sta hrast (*Quercus*) in beli gaber (*Carpinus betulus*), proti koncu sukcesije pa še buke (*Fagus*) in jelka (*Abies*). Bukev in jelka tvorita sestoje z gosto krošnjo, v senci katere kalitev vrst, ki potrebujejo veliko svetlobe, ni več mogoča (Glenn-Lewin s sod. [ur.] 1992; Remmert 1991). Takšen šolski primer sukcesijskega razvoja rastlinstva na pelodnih diagramih vidimo le redko, velikokrat je jezero tako veliko, da njegov pelodni zapis prikazuje dogajanje na več ploskvah hkrati, saj je krajina mozaik in sukcesijskih stadijev pa tudi časovna ločljivost ni dovolj dobra, da bi lahko opazovali le enkratno zaraščanje ene ploskve (verjetno je bilo tudi v Iversenovem primeru tako). Pogosteje se človekov vpliv na okolje kaže kot sprememba v sestavi gozda, npr. upad količine peloda bukve in jelke in porast zgodnejših sukcesijskih vrst zaradi sekanja gozda ali gozdne paše (Behre 1988; Pott 1988; Šercelj 1988; Willis 1992; 1994; Gardner 1999a; 1999b; Tinner s sod. 1999; 2000; 2005), na človekov vpliv pa kaže tudi povečana koncentracija mikrooglja in erozija tal. V današnjih gozdovih Pokljuke in Jelovice, npr., raste bistveno več smreke (*Picea*) in manj bukve, kot je je v 15. stoletju našega štetja. Bukev so v preteklosti namreč množično sekali in uporabljali za izdelavo oglja za potrebe metalurgije, gozdarska politika pa je pospeševala sajenje smreke in jelke (Šercelj 1971; Andrič s sod. 2010).

Omenili smo že, da je za proučevanje pojava in razvoja ter tipa poljedelstva in živinoreje pomemben tudi pelod "antropogenih indikatorjev" (Behre 1981), tj. rastlin, ko so se pojavile ali razširile zaradi delovanja človeka. Sem sodijo kulturne rastline, njivski pleveli in **ruderalne** rastline ter pašni indikatorji. Palinologi navadno identificiramo pelod naslednjih poljščin: rž (*Secale*), koruza (*Zea*), lan (*Linum*), ajda (*Fagopyrum*), žita (*Cerealia*), konoplja (*Cannabis*) in stročnice (Fabaceae). V skupino "žita" sodijo pšenica (*Triticum*), ječmen (*Hordeum*) in oves (*Avena*), katerih peloda pri standardni, rutinski palinološki raziskavi navadno ne moremo razlikovati, prav tako pa je težavna tudi podrobnejša identifikacija stročnic. Nekatere kulturne rastline, npr. lan in ajda, tvorijo le malo peloda. Rž proizvaja veliko peloda, ki se dobro širi, medtem ko pelod pšenice, ječmena in ovsa večinoma ostane v luščini in se sprošča v zrak šele med žetjem in mlatenjem slame (Vuorela 1973). Pelod žit je v močvirjih in jezerih zato redek (npr. 0–1 % v vrtnah na Ljubljanskem barju,



Andrič s sod. 2008), na arheoloških najdiščih pa pogostejši (0,5–11 % v kulturni plasti kolišča Stare gmajne na Ljubljanskem barju; Andrič [v pripravi]). Na pelodnih diagramih odsotnost peloda žit torej še ne pomeni nujno tudi odsotnosti poljedelstva v pokrajini.

Poleg peloda kulturnih rastlin se na pelodnih diagramih pojavlja tudi pelod plevelov, zraslih med pridelkom ali na opuščeni njivi. Sestava nekdanjih plevelnih združb je bila drugačna kot današnja (glej Behre 1981, 230–231, sl. 2; Ellenberg 1988, 29–31; Paušič s sod. 2012), v Sloveniji najpogosteje najdemo pelod metlikovk (*Chenopodiaceae*), pelina (*Artemisia*), koprive (*Urtica*) in glavinca (*Centaurea*), za pašnike in travnike pa so značilne trave (*Poaceae*), ozkolistni trpotec (*Plantago lanceolata*), kislica (*Rumex*) in zlatica (*Ranunculus*). Rastline iz teh skupin imajo širok ekološki razpon in lahko uspevajo tudi na naravnih ruderalnih tleh, bogatih z mineralnimi snovmi in dušikom, npr. na bregovih rek ali v stepah. Nekatere izmed teh rastlin so bile v naravi prisotne že pred začetkom poljedelstva in so se zaradi vpliva človeka samo še bolj razširile, druge, arheofiti, pa so se pojavile šele s prvimi poljedelci (Behre 1988).

Človek pa seveda ni vplival samo na pojav oz. razširitev "antropogenih indikatorjev", njegov vpliv je bil bistveno širši. Omenili smo že izsekavanje in požiganje gozda, spremembe v sestavi gozda ter procese sukcesije, prispeval pa je tudi k nastanku mozaične kulturne krajine in vplival na lokalno in regionalno hidrologijo, tla (rodovitnost, erozija) in (mikro)klimo. Zgodnji vpliv človeka na okolje se zato kaže v variabilnosti celotnega pelodnega zapisa (npr. Hicks in Birks 1996; Birks s sod. 1990; Fuller s sod. 1998; Odgaard in Rasmussen 2000) in povečani biotski raznovrstnosti (palinološki pestrosti) zaradi nastanka mozaične krajine (Birks s sod. 1990; Andrič 2007; Šilc in Andrič 2012). Primer takšnega vpliva prvih poljedelcev in živinorejcev na pokrajino bo predstavljen v drugem delu knjige (glej II. del/4.1).

Raziskave okoljskih procesov, temelječe na interdisciplinarnem sodelovanju med raziskovalnimi področji, imajo širše implikacije, ki segajo zunaj ozkih okvirov vsake posamezne vede. Palinologi, npr., sodelujemo tudi pri raziskavah **kvartarnih** migracij drevesnih vrst, njihove genetike in evolucije. Če vemo, kje so posamezne rastlinske vrste preživele ekstremne podnebne dogodke, kam in kako so se širile ter kaj (je) vpliva(lo) na njihovo gensko raznolikost, potem tudi lahko predvidevamo, kako se bodo odzivale ob prihodnjih podnebnih spremembah (Bennett 1988). Brez proučevanja današnjih okoljskih procesov ne moremo razumeti dogodkov v preteklosti, drži pa tudi obratno: paleoekološke in arheološke raziskave dajejo ekologiji dragocene informacije o dolgotrajnih procesih in tisočletnem človekovem vplivu na vegetacijo ter o delovanju **ekosistemov** v okoliščinah, ki so bile bistveno drugačne kot današnje. Vse to znanje pa je pomembno za tipična ekološka področja, kot so proučevanje in zaščita biotske raznovrstnosti, varstvo narave in ekološka renaturacija (Willis in Birks 2006; Froyd in Willis 2008; Jackson in Hobbs 2009).

Dogajanje na področju palinologije in paleoekologije je zelo pestro, v drugi polovici knjige bo predstavljenih nekaj primerov raziskav in izzivov, s katerimi se srečujemo.



## 2 Arheobotanika

Arheobotanika je veda, ki raziskuje rastlinske ostanke, ki so se ohranili v kulturnih plasteh arheološkega najdišča. Za razliko od paleoekoloških raziskav (glej I. del/1 Palinologija) so rastlinski makroostanki z arheoloških najdišč t. i. **ekofakti** in so kot takšni največkrat rezultat človekove aktivnosti. Z drugimi besedami so to biološki ostanki, ki so "postali" arheološki (Wilkinson in Stevens 2003). Zatorej moramo pri interpretaciji arheoloških rastlinskih (tj. arheobotaničnih) makroostankov upoštevati tako biološka kot tudi arheološka dejstva. O daljši zgodovini razvoja rastlinstva na širšem geografskem območju je zato, za razliko od palinologije, v arheobotaniki težje sklepati. Osredotočamo se na rastlinske makroostanke, tj. večje od 0,355 mm (glej I. del/2.5, str. 66), kot so plodovi, semena, les, oglje in drugi vegetativni rastlinski deli, ki so bili v določenem obdobju na naraven in/ali še pogosteje **antropogen** način prineseni na raziskovano arheološko naselbino in ki so se po več stoletjih ali tisočletjih do danes tudi ohranili (glej I. del/2.3, str. 56). Glavni namen arheobotaničnih raziskav je ugotavljanje prehranskih ostankov (**tafonomiji**) lahko v redkih primerih sklepamo tudi na vegetacijo in možne rastlinske združbe v bližnji okolici naselbine (npr. Jacomet s sod. [ur.] 2004; Tolar s sod. 2011; Tolar in Andrič [v pripravi]; glej tudi II. del/2.3 in 5.2). Arheobotanični ostanki so nemalokrat tudi neposreden vir informacij o absolutni dataciji najdišča, tu je treba omeniti dve najpogosteje uporabljeni metodi: radiokarbonsko datiranje organskih ostankov (glej II. del/Uvod) in **dendrokronologijo** (I. del/2.6.1).

Dendrokronologija je veda, ki temelji na analizi branik v lesu. V osnovi je to metoda za ugotavljanje starosti lesa, zato se je v arheologiji dobro uveljavila (Baillie 1995; Čufar in Levanič 1999; Billamboz 2004). Poleg potenciala za datiranje vsebuje arheološki les še številne druge informacije, uporabne za boljše razumevanje preteklih dogodkov. V prvi vrsti je tu pomembna identifikacija lesa ali oglja, ki temelji na makroskopskih in mikroskopskih tehnikah. Določena lesna vrsta ali rod nam lahko pove tudi nekaj o okolju in podnebnju tedanjega časa (npr. Levanič 2012). V zadnjih letih tako vse bolj govorimo o dendroarheologiji, ki vključuje celovite raziskave arheološkega lesa, hkrati z določevanjem starosti, rekonstrukcijo poselitev in gradbenih aktivnosti, pridobitvami spoznanj o rabi okolja in gozda ter rabi in obdelavi lesa (npr. Billamboz in Tegel 2001; Čufar s sod. 2002; 2010; Velušček in Čufar 2002; Tolar in Zupančič 2009).

### 2.1 Zgodovina raziskav

Prva poročila o arheobotaničnih raziskavah v Evropi so bila objavljena v sredini 19. stoletja (npr. leta 1849 z obalnih barij Severnega morja, leta 1851 iz prazgodovinskih rudnikov soli in leta 1865 po obsežnih raziskavah kolišč iz vzhodne Švice; Schoch s sod.



Sl. 24: Prva ilustracija rastlinskih makroostankov s koliščarskih najdišč (Heer 1865). Povzeto po: Jacomet in Kreuz 1999, 14, sl. 1.4.

1988). Pomemben mejnik je bilo odkritje kolišč v Švici leta 1854, pri čemer je O. Heer kmalu ugotovil, kako velik je lahko **raziskovalni potencial** rastlinskih makroostankov z arheoloških najdišč, še posebno kadar gre za ohranitev v mokrih tleh (Heer 1865; sl. 24).

Po skoraj 100 letih so postali koncepti arheobotaničnih raziskav širše sprejeti tudi drugod po Evropi. Moderne arheobotanične, imenovane tudi paleoetnobotanične, raziskave so se začele šele po 2. svetovni vojni. Znotraj njih so se, poleg osnovnega seznama identificiranih rastlinskih **taksonov** in ostankov, začeli odpirati tudi drugi vidiki arheobotaničnih raziskav in različna raziskovalna vprašanja, kot na primer:

- razporejanje rastlinskih ostankov in identificiranih rastlinskih taksonov glede na njihovo uporabnost, npr. na divje rastoče oz. nabirane in gojene oz. kulturne rastline, ali glede na njihovo **ekologijo**, npr. na gozdne, obgozdne (vključujoč rastline s posek in z gozdnih jas), traviščne, vodne, močvirne/obrežne, rastline z obdelanih in **ruderalnih** (antropogenih) površin idr.,

- ugotavljanje uporabnosti identificiranih rastlin (za prehrano, krmo, steljo, v medicinske, opojne, obredne namene ali kot naravni material za izdelovanje tekstila, vrvi, barv, tudi za postavitev in izolacijo bivališč idr.),

- ugotavljanje pomembnosti nabiranih v primerjavi z gojenimi rastlinami za prehrano ljudi oz. ugotavljanje nekdanjega gospodarstva (npr. Jacomet s sod. 1989),

- sklepanje o podnebnih razmerah, človekovem vplivu na okolje in značilnostih tal, kamenin, sedimenta, reliefa, vodnega režima idr.,

- ugotavljanje živalske prehrane (tudi krme) in stelje ob raziskavah živalskega govna ali **koproilitov** (fosilnih iztrebkov) in s tem sklepanje o naravni (pašni) vegetaciji in oskrbovanju domačih živali (npr. Örne s sod. 1999; Kühn s sod. 2013; Kühn s sod. v tisku),

- ugotavljanje poti udomačevanja posameznih kulturnih rastlin oz. njihov izvor ter pomen v različnih obdobjih na različnih območjih (npr. Jacomet s sod. 1989; Jacomet 2006a; 2007a; Kohler-Schneider in Canappele 2009).

V zadnjem času se vse bolj uveljavljajo sekundarni raziskovalni vidiki v paleoetno- in/ali arheobotaniki, pri čemer se raziskuje in ugotavlja predvsem zgodovina prehranskih navad, izvor in razširjanje kulturnih rastlin, razvoj plevelov, zgodovina poljedelstva in vrtnarstva, zgodovina uporabe rastlin v zdravilne namene, uporabe in poznavanja lesnih vrst, izdelovanja tekstila, trgovanja z rastlinami. Za ta preučevanja so potrebni številni reprezentativni arheobotanični rezultati s širšega geografskega območja oz. njihove kompilacije (npr. Jacomet 2006a; 2007a; 2009; Tolar s sod. 2011; Stika in Heiss 2013).

V Sloveniji segajo zametki arheobotaničnih raziskav kar daleč v zgodovino, eno najpomembnejših najdišč pri nas je Ljubljansko barje. Že ob odkritju kolišč na Ljubljanskem barju, leta 1875, je K. Deschman opravil prve arheobotanične analize lesa (kolov), ki so jih izkopali v bližini današnjega Iga (npr. Deschman 1875a; 1878). Njegovo delo je nadaljeval W. Schmid (npr. Schmid 1910). Med obema vojnama so se nova izkopavanja na Ljubljanskem barju in z njimi raziskave za nekaj časa prenehali. Po letu 1953, ko se je začelo novo obdobje koliščarskih raziskav, je J. Korošec k sodelovanju pritegnil raziskovalce naravoslovnih ved in tako naredil prvi korak k interdisciplinarnim raziskavam v slovenski arheologiji (npr. Korošec 1953; 1954). Vodilno vlogo v slovenski arheobotaniki je imel A. Šercelj, ki je, poleg pelodnih analiz (glej I. del/1.1), vse od leta 1954 (npr. Šercelj 1955a; 1955b) pa do svojih zadnjih arheobotaničnih objav v devetdesetih letih prejšnjega stoletja (npr. Šercelj 1991; Culiberg in Šercelj 1995) analiziral tudi rastlinske makroostanke s slovenskih arheoloških najdišč, v večini s kolišč z Ljubljanskega barja, nekoliko manj tudi s paleolitskih jamskih najdišč (npr. Šercelj in Culiberg 1985; 1991; Culiberg in Šercelj 1998), kjer je bilo ohranjeno le oglje. Prve botanične najdbe so bile zgolj naključne in nesistematično (po presoji) vzorčene

(pobirane), a so vendarle prispevale kar nekaj zanimivih podatkov za arheologe, ki so se dotlej ukvarjali samo s keramičnimi in drugimi (npr. kovinskimi, koščenimi in lesenimi) antropološko izdelanimi predmeti (**artefakti**) (npr. Šerclj 1955a; 1955b; 1975; 1981/82). Šercljevo delo je nadaljevala M. Culiberg (npr. Šerclj in Culiberg 1980; 1984; Culiberg in Šerclj 1986; 1991; Culiberg 1984; 1999; 2004; 2006). Sodelovala je tudi, ko so sodelavci z Inštituta za arheologijo ZRC SAZU uvedli novo metodo vzorčenja in pridobivanja tako rastlinskih makroostankov kot tudi vseh drugih arheoloških najdb v Sloveniji, predvsem tistih, večjih od 1 mm. V letih 1989–99 na paleolitskem najdišču Divje babe (Turk 2003; 2007), od leta 1998 naprej pa tudi na koliščih z Ljubljanskega barja (Velušček 2004), je uporaba nove metode (tj. spiranja sedimenta na sitih treh velikosti oz. t. i. **makro sejanje**; Turk 2003; 2007) omogočila Culibergovi razširitev seznama identificiranih rastlinskih vrst tako kvantitativno (številčno) kot tudi kvalitativno (pestrost odkritih rastlinskih taksonov).

V letih 2006–2009 je bil po švicarskem zgledu na Inštitutu za arheologijo ZRC SAZU ustanovljen arheobotanični laboratorij. Ta se osredotoča na nezoglenele rastlinske makroostanke z mokrotnih arheoloških najdišč, večje od 0,355 mm, pridobljene z metodo dela v laboratoriju, ki je opisana v nadaljevanju (glej I. del/2.5). Laboratorij je opremljen s spiralno opremo za spiranje manjših količin sedimenta (pribl. 3 kg), stereomikroskopom z do 50-kratno povečavo, referenčno zbirko arheoloških in recentnih semen/plodov, lesa in oglja ter ustrezno literaturo (glej I. del/2.6, str. 71). Sodobne metode dela (od vzorčenja na terenu do spiranja, shranjevanja in pregledovanja vzorcev) poleg obsežnejšega in reprezentativnejšega seznama vrst omogočajo tudi povečanje interpretativnih možnosti v arheobotaniki (Tolar s sod. 2010; 2011; Tolar in Andrič [v pripravi]; glej primere v II. delu knjige).

Dendrokronologija (glej I. del/2.6.1) se je kot metoda za določanje absolutne starosti lesa v svetovni arheologiji uveljavila od šestdesetih let prejšnjega stoletja naprej (npr. Billamboz 2004). V Sloveniji potekajo dendrokronološke raziskave v povezavi z arheologijo od leta 1995, ko je Inštitut za arheologijo ZRC SAZU pričel sodelovati z Oddelkom za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Med sodelovanjem so se hitro pokazali dobri rezultati, ki so omogočili vse boljše datiranje lesa iz obdobja kolišč na Ljubljanskem barju, kjer je ohranjenega daleč največ arheološkega lesa, primerneza dendrokronologijo.

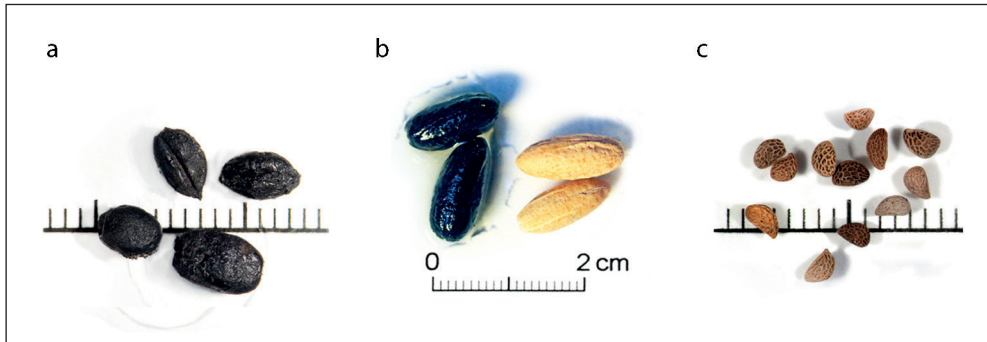
## 2.2 Tipi rastlinskih makroostankov z arheoloških najdišč

Predmet arheobotaničnih raziskav so vsi rastlinski makroostanki, ki nam jih uspe pridobiti iz arheološkega sedimenta. Poleg ostankov lesa in oglja so najpogosteje obravnavani nezoglenela in zoglenela semena in plodovi ter ostanki zrelih žitnih socvetij (glej sl. 25–32). Vsi so prisotni v večjih koncentracijah in se jih da razmeroma dobro identificirati. Poleg tega so ti ostanki neposreden dokaz človekove rastlinske prehrane in uporabe rastlin, s čimer je zadoščeno tudi osnovnemu namenu arheobotaničnih raziskav.

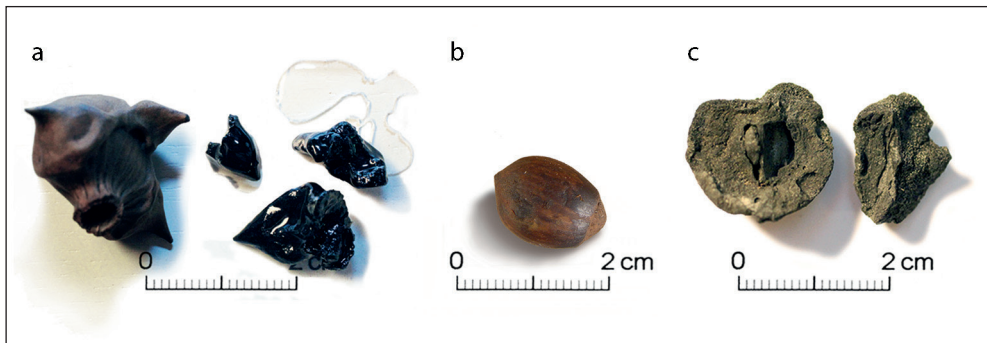
Najpogostejši rastlinski ostanki, ki se ohranijo na sitih s standardnim premerom por 2 mm in 0,355 mm (glej I. del/2.5.1), so:

- semena in plodovi (sl. 25, 26),
- ostanki zrelih žitnih socvetij (klasov in klaskov; sl. 27, glej tudi sl. 32),
- raznovrstni ostanki rastlinskih stebelc, vlaken, listov in iglic ter drugih vegetativnih ostankov, tudi **kriptogamov** (praprotnic, mahov) in gliv (največkrat nezogleneli; sl. 28),

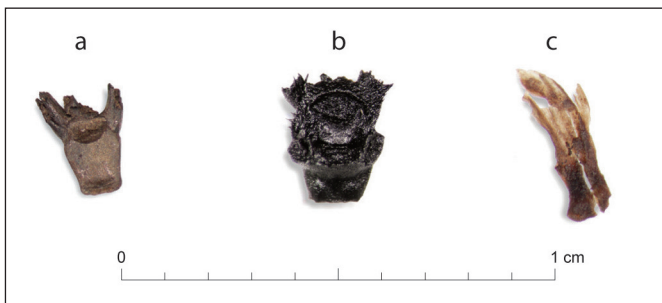
- les in oglje (sl. 29),
- ostanki izdelkov oz. produktov iz različnih rastlinskih materialov, npr. ostanki tekstila ali vrvi, ostanki hrane ali pijače v posodah ter pripravljenega testa, ostanki zaloga hrane (žitne zaloge, posušeno sadje), ostanki krme ali stelje ter kopoliti domačih živali (sl. 30).



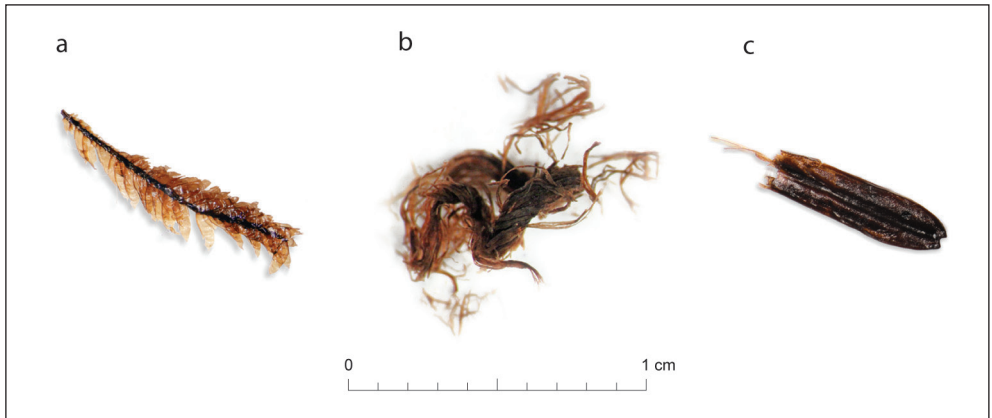
Sl. 25: Arheološka zoglenela zrna ječmena (*Hordeum vulgare*) (a), arheološka z vodo prepojena (na sliki temna) in referenčna recentna (na sliki svetla) semena/plodovi rumenega dreva (*Cornus mas*) (b), arheološka nezoglenela, sekundarno posušena semena/plodovi robide (*Rubus fruticosus* agg.) (c).



Sl. 26: Referenčni recentni plod in arheološki z vodo prepojeni nezogleneli ostanki plodov vodnega oreška (*Trapa natans*) (a), arheološki z vodo prepojen lešnik (*Corylus avellana*) (b), zoglenel krhelj divjega jabolka – lesnike (*Malus sylvestris*) z arheološkega najdišča (c).



Sl. 27: Napol zoglenel odlomek osi klasa (rahisa) z ostankom ogrinjalnih plev enozrne pšenice (*Triticum monococcum*) (a), zoglenel odlomek rahisa ječmena (b), nezoglenel ostanek dna ogrinjalne pleve eno- ali dvoznre pšenice (*T. monococcum/dicoccum*) (c).

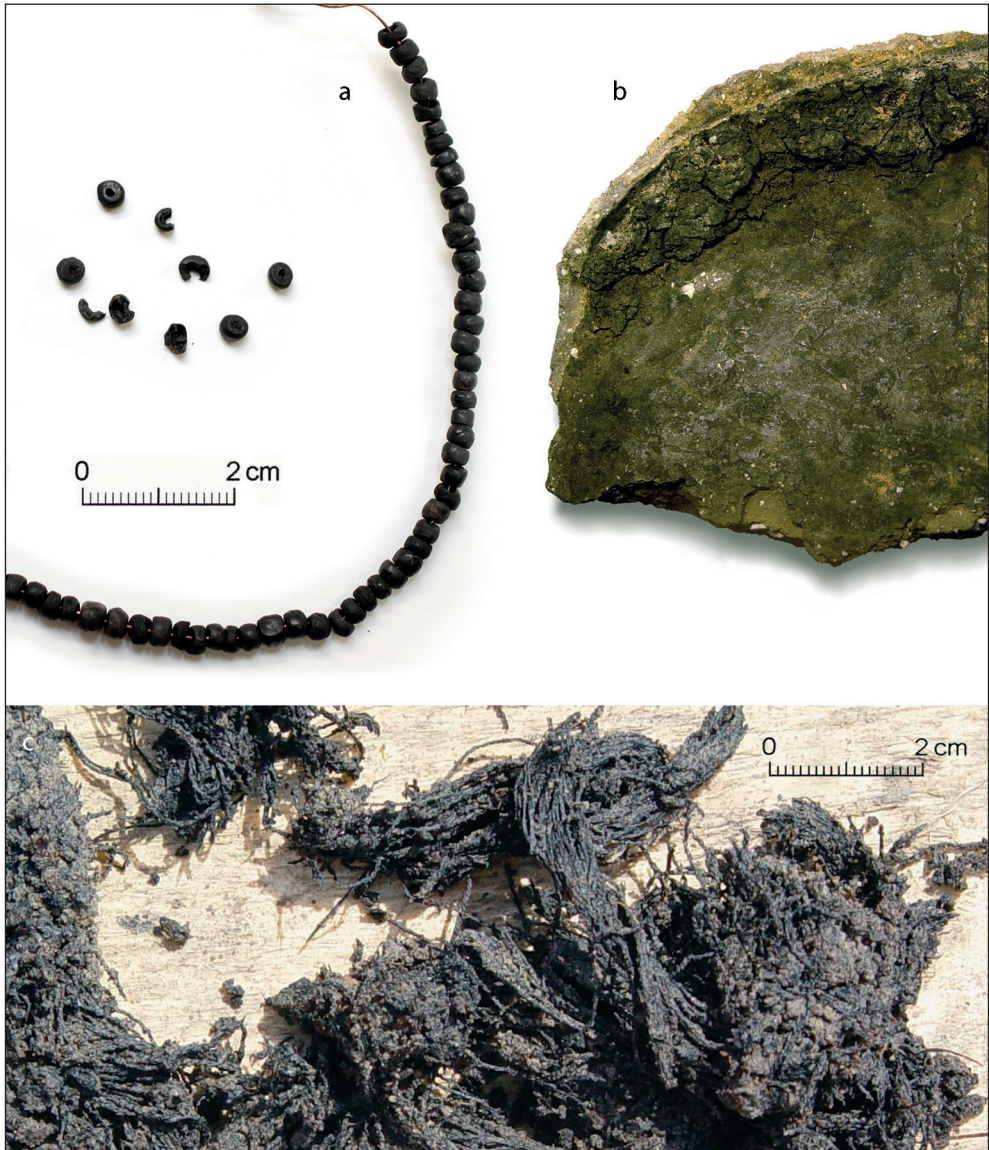


Sl. 28: Nezogleneli, z vodo prepojeni ostanki: a) mahu, b) rastlinskih vlaken, c) iglice jelke (*Abies alba*).



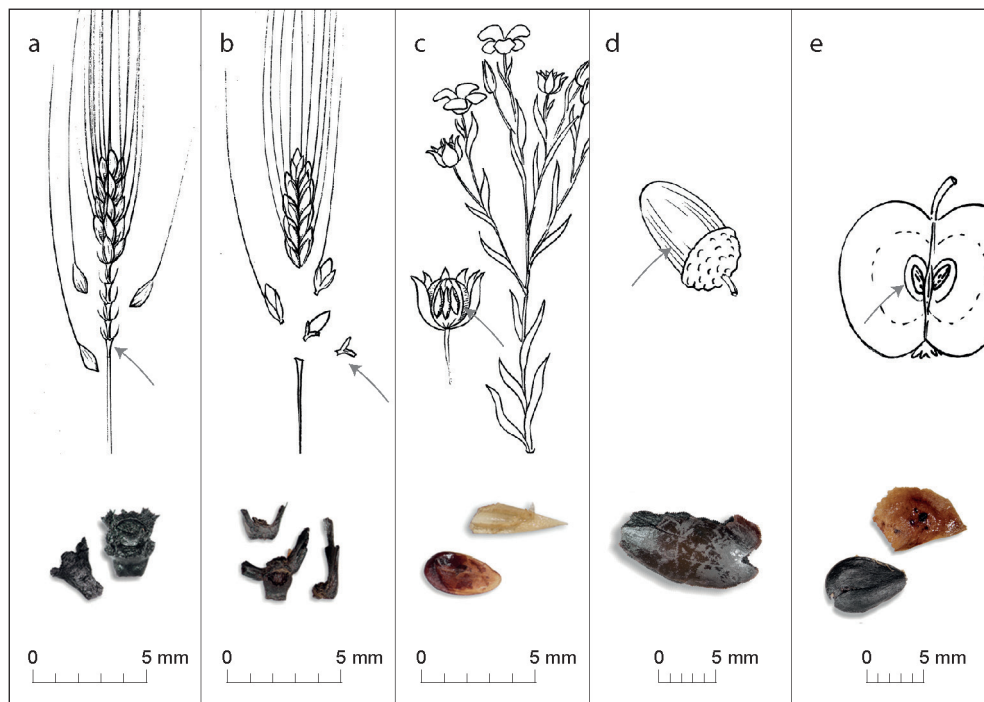
Sl. 29: Z vodo prepojen ostanek jesenovega kola (*Fraxinus* sp.) (a), z vodo prepojen jesenov držaj rožene sekire (b), oglje s kurišča (c), drenov (*Cornus* sp.) ročaj neznanega lesenega orodja (d), z vodo prepojena, nezoglenela obročka ogrlice, izdelana iz drevesne skorje (e); vse najdbe s kolišč z Ljubljanskega barja.





Sl. 30: Ogrlični obročki iz še neznanega semena/plodu (a), ostanki hrane na dnu posode (b), zoglenela preja ob odkritju (foto: M. Turk) (c). Vse najdbe s kolišč z Ljubljanskega barja.

Med rastlinskimi makroostanki je treba posebej izpostaviti ostanke zrelih žitnih socvetij (klasov in klaskov), ostanke **plodnih glavic** (npr. lanu) in ostanke **perikarpov** (npr. želoda, žira ali jabolka), ki med arheologi niso tako zelo poznani, pa vendar so pri arheobotaničnih raziskavah ključnega pomena (sl. 31; glej tudi sl. 32, 34).



Sl. 31: Manj poznani rastlinski makroostanki: a, b) žitnih klasov oz. klaskov (ječmena [a] ter eno- in/ ali dvozrne pšenice [b]), c) **apikalen** del zobca plodne glavice lanu (*Linum usitatissimum*) in njegovo seme, d) ostanek perikarpa želoda (*Quercus* sp.), e) ostanek perikarpa jabolka/hruške (*Maloideae*) in jabolčna pečka. Risbe niso v merilu.

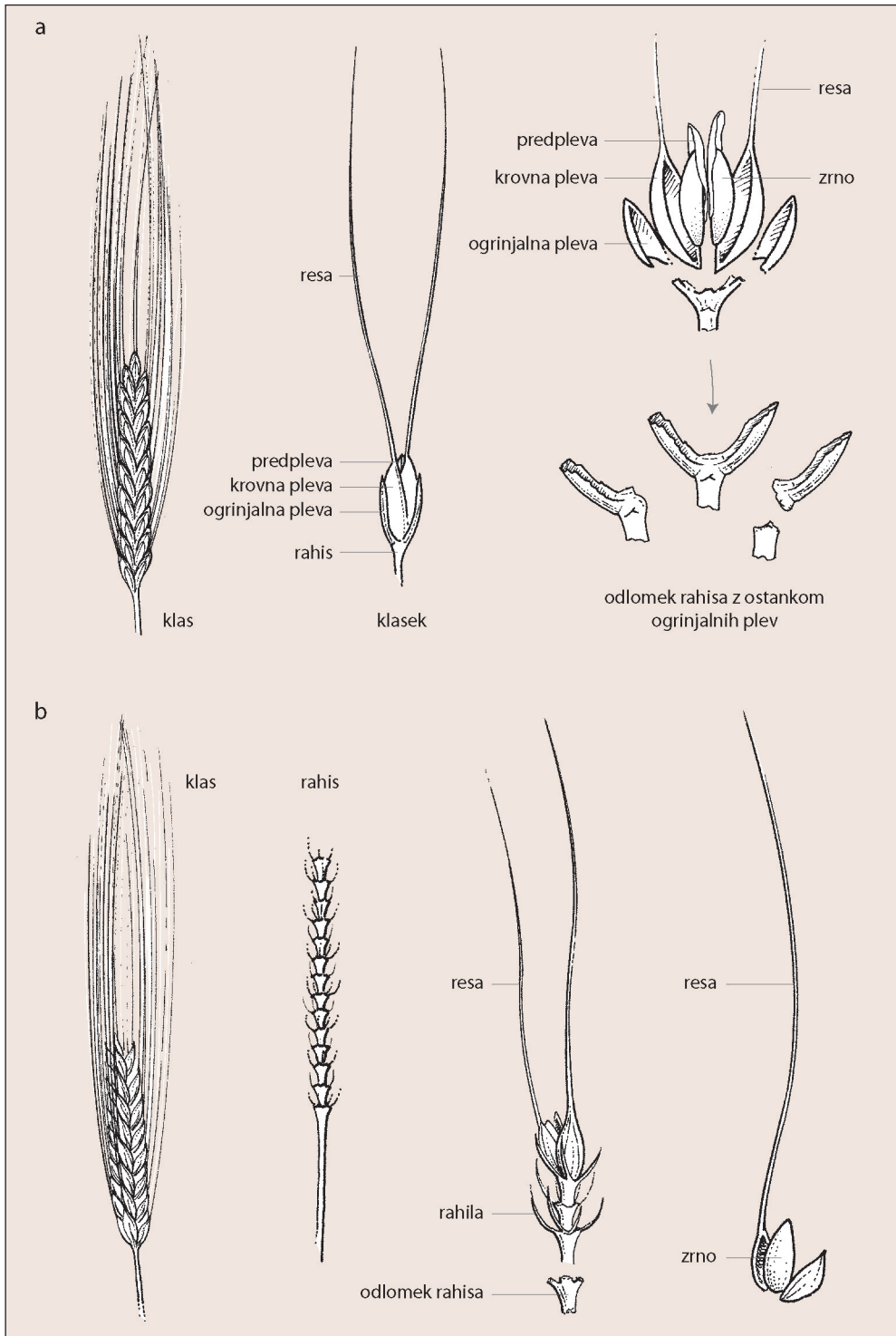
Za boljšo predstavo, predvsem žitnih makroostankov (sl. 31a in b), si pogledjmo še risbo – shematični prikaz zrelega žitnega socvetja (klasa; sl. 32; povzeto po Jacomet 2006b).

Posamezno zrelo žitno socvetje je sestavljeno iz številnih klaskov, ki skupaj oblikujejo klas (sl. 32), ko so nameščeni neposredno na vretenu klasa (ali rahisu). Če so peclji posameznih klaskov dolgi, oblikujejo lat, npr. pri ovsu (*Avena sativa*). V posameznem klasku je en sam ali več cvetov, ki jih obdajajo posebej oblikovani podporni listi, t. i. **pleve**. Iz plodnice posameznega oplojenega cveta se razvije zrno, ki jih je v zrelem klasku toliko, kolikor je bilo plodnih in oplojenih cvetov. Tako imajo npr. enozrna pšenica, proso (*Panicum miliaceum*) in ječmen po eno, dvozrna pšenica pa po dve zrna v posameznem klasku.

Pleve so treh tipov (sl. 32a), čisto na dnu klaska sta ogrinjalni plevi, nad njima pa ima vsak cvet še krovno plevo in predplevo. Slednji dve skupaj imenujemo tudi cvetni plevi, ker navadno čvrsto obdajata zrelo zrno in ob zrelosti odpadeta skupaj z zrnom (taki razširjevalni enoti pravimo **plevenec**; sl. 32a). Redkeje zrelo zrno izpade iz plev (takšnim

→

Sl. 32: Shematični prikaz zrelega žitnega klaska: a) dvozrna pšenica – kot primer žita s priraslimi plevami; b) navadni ječmen – kot primer žita z nepriraslimi plevami. Povzeto po: Jacomet 2006b.



zrnom pravimo **golec**; sl. 32b). Krovna pleva lahko nosi šestinast podaljšek, ki mu pravimo resa, ta je pomembna pri razširjanju plevencev.

Način razpada klaskov ob zrelosti je različen. Pri gojenih žitih v glavnem zrelo socvetje sploh ne razpade in se zrnje naknadno mehansko loči od plev (mlatenje; glej v nadaljevanju sl. 34). Pri divjih sorodnikih lahko zrel klas razpade na različne načine. Razpade lahko celotno socvetje pod vsakim klaskom ali pa se odlomi klaskova os (im. tudi koželj) nad ogrinjalnima plevama in ostali del socvetja odpade, ogrinjalne pleve pa ostanejo obstojne na peclju. Pri večcvetnih klaskih lahko razpade tudi os klaska pod vsakim cvetom. Od tega je odvisno, katere delčke (ostanke) plev ali socvetja lahko najdemo v arheoloških plasteh skupaj z zrnjem.

Od zraslosti zrna s cvetnima plevama je odvisno, kako zahtevno bo mehansko ločevanje zrnja od plev (luščenje žit). Pri nekaterih vrstah žit cvetni plevi nista zrasli z zrnem in je luščenje preprosto. Takim žitom pravimo **neplevasta** ali žita z nepriraslimi plevami (angl. "naked cereals"). Drugim, kjer sta plevi površinsko prirasli na zrno in je zato luščenje zahtevnejše, pravimo **plevasta** ali žita s priraslimi plevami (angl. "glume/hulled cereals"). **Golice** (kot tudi rečemo neplevastim žitom) so npr. različne pšenice (trda/mehka/navadna pšenica [*Triticum durum/turgidum/aestivum*]) in nav. ječmen z nepriraslimi plevami (npr. sl. 32b), **résnice** (plevasta žita) pa so npr. posamezne sorte eno- ali dvozrne pšenice (npr. sl. 32a), pšenica sevka oz. pira (*Triticum spelta*) ter navadni ječmen s priraslimi plevami.

Zgoraj opisana zgradba socvetja trav nam pomaga razumeti, kaj lahko pričakujemo med arheobotaničnimi ostanki kulturnih rastlin (predvsem žit) in kako lahko tovrstne najdbe pripomorejo h končni arheobotanični interpretaciji.

Ker so zrna pri neplevastih žitih le rahlo vpeta med cvetne pleve in so pleve nežnejše, zaradi česar zrelo zrno tudi zlahka izpade iz klaska, so zrna tudi manj zaščitená pred vremenskimi vplivi in boleznimi ali škodljivci (plesni, žuželke ipd.). Zato so se kljub težavnejšim in zamudnejšim postopkom čiščenja (luščenja) teh žit (glej v nadaljevanju sl. 33 in 34) plevaste vrste/sorte skozi dolga tisočletja procesa kulture vseeno ohranile vse do danes (npr. vse bolj cenjena pira).

Pomembna **morfološka** lastnost številnih klasnatih neplevastih žit je tudi izredno čvrst in močan rahis, ki med mlatenjem (tj. I. stopnja trebljenja žit; glej v nadaljevanju: sl. 34) pogosto ne razpade na posamezne segmente, ampak ostanejo segmenti rahisa združeni po več skupaj. Med arheobotaničnimi najdbami so zato, poleg zoglenelih žitnih zrn, pogosto ohranjeni tudi zogleneli ali nezogleneli daljši segmenti rahisa brez plev (sl. 31a in 33).

Drugače je pri plevastih žitih, kjer čvrste in masivnejše pleve tesno obdajajo in ščitijo zrna, zato je luščenje težje (tudi čiščenje oz. trebljenje). Stopnje tehnik čiščenja (glej v nadaljevanju sl. 34) so pri plevastih žitih veliko zamudnejše in zahtevnejše. Zrna s priraslimi plevami (plevenci) morajo biti zaradi tega dodatno obdelana, npr. pražena in tolčena (na sl. 34f in g). Za razliko od neplevastih žit je pri plevastih koželj (klaskova os) navadno lomljiv in krhek, zato med mlatenjem klasek pogosto razpade in se razlomi na več krajših odlomkov (ali fragmentov). Med arheobotaničnimi najdbami so tako pri plevastih žitih poleg zoglenelih zrn pogosto ohranjeni tudi zogleneli ali nezogleneli krajši odlomki rahisa skupaj z ogrinjalnima plevama (angl. "spikelet fork") ali pa samo dna ogrinjalnih plev brez rahisa (angl. "glume base"; glej sl. 31b, 32a in 33).

Vsi ostanki zrelih žitnih klasov in klaskov (torej ne samo zrna, temveč tudi pleve in odlomki rahisa ter koželja) so nosilci pomembnih identifikacijskih znakov v arheobotaniki, ki lahko podajo informacijo o pojavu posamezne, tudi "nove" vrste ali sorte žit v določenem

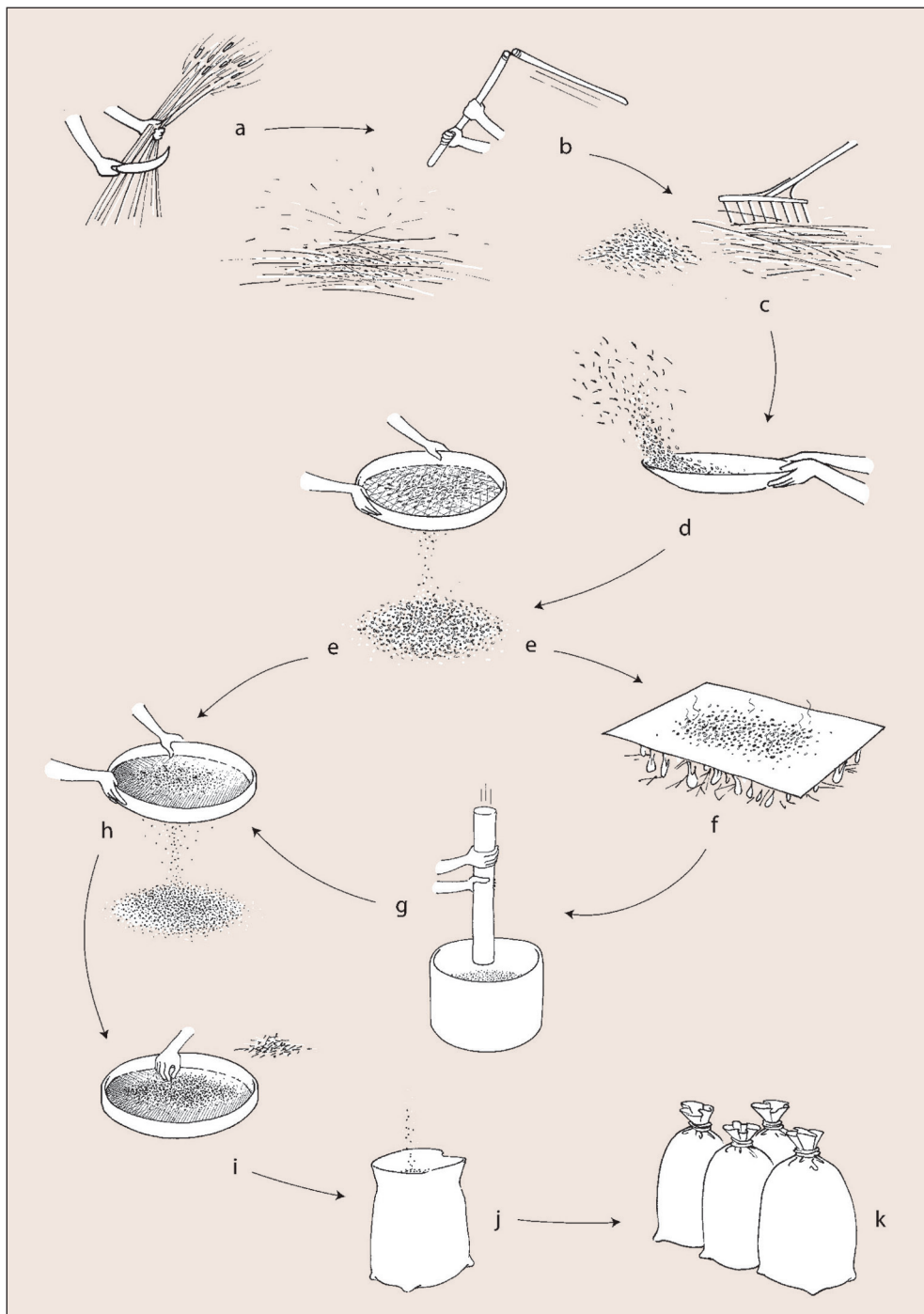
	PLEVASTA ŽITA	NEPLEVASTA ŽITA
Žita	- enozrna, dvoznrna pšenica in pira ( <i>Triticum monococcum/dicoccum/spelta</i> ) - ječmen s priraslimi plevami ( <i>Hordeum vulgare</i> hulled)	- trda, mehka in navadna pšenica ( <i>Triticum durum/turgidum/aestivum</i> ) - ječmen z nepriraslimi plevami ( <i>Hordeum vulgare</i> naked)
Značilnosti	Cvetni plevi močno prirasli k zrnu. Rahis lomljiv in krhek.	Cvetni plevi nista prirasli na zrno. Rahis čvrst in trden.
Obdelava	Med mlatenjem pšenični žitni klas razpade na: odlomke rahisa z ostankom ogrinjalnih plev in dna ogrinjalnih plev (sl. 32a).  Pri ječmenu s priraslimi plevami rahis razpade, pleve pa ostanejo pritrjene na zrno. Za pridobitev čistega zrna je potrebna dodatna obdelava, npr. praženje in tolčenje (sl. 34f, g).	Med mlatenjem pleve zlahka popustijo in zrno izpade (sl. 32b). Zaradi izjemne čvrstosti ostanejo segmenti rahisa združeni po več skupaj.  Žita te vrste so pogosteje skladiščena v snopih ali klasih.
Arheo–botanični ostanki	- zrna (pri ječmenu z vidnimi ostanki plev)–plevenci, - posamezni odlomki rahisa (pri pšenici z ostankom ogrinjalnih plev), - pri pšenici tudi dna ogrinjalnih plev (sl. 32a)	- zrna – golci, - segmenti rahisa brez ogrinjalnih plev (sl. 32b)

Sl. 33: Plevasta in neplevasta žita: značilnosti, razlike pri obdelavi in končnih produktih. Povzeto po: Jacomet 2006b.

obdobju na določenem prostoru in o poteh (tudi izvoru) udomačevanja kulturnih rastlin (npr. Jacomet s sod. 1989; Zohary in Hopf 2004; Akeret 2005; Tanno in Willcox 2006).

Poleg tega lahko iz ohranjenih ostankov žitnih klasov/klaskov (odlomki rahisa, ostanki ogrinjalnih plev idr.) razberemo podatke o načinih (ali tehnikah) luščenja žit (tj. ločevanja zrn od plev) pred samim skladiščenjem (Boardman in Jones 1990; Wilkinson in Stevens 2003; Jacomet 2010). Tipi ohranjenih rastlinskih makroostankov, tako “zaželenih” produktov (tj. očiščenih zrn) kot tudi “odpadkov” (tj. slame, rahisov, plev, lupinic, semen/plodov plevelnih rastlin) namreč razkrivajo, kakšni postopki oz. načini (tudi tehnike) čiščenja in skladiščenja pridelkov so bili v določenem obdobju uporabljeni (glej sl. 34 in II. del/4.2, str. 200 in dalje).

Na sliki 34 je prikazan postopek in tehnike pridobivanja “čistih” žitnih zrn (tj. izluščenih iz plev). Po žetvi (sl. 34a) so lahko izvedene različne operacije (tehnike ali stopnje čiščenja): mlatenje požetega žita s t. i. cepci (sl. 34b) in grabljenje večjih delov, npr. slame vstran



Sl. 34: Tehnike čiščenja in skladiščenja žitnih pridelkov. Po predlogi: Wilkinson in Stevens 2003, 196–197, sl. 74 in Jacomet 2010, 88.

(sl. 34c) ter vejanje oz. prevetritev žitnih delov, pri čemer veter odpihne lažje žitne pleve in plevelna semena, težja žitna zrna pa padejo na tla ali v posodo (sl. 34d). To so primarni postopki ločevanja žitnih klaskov od slame. Sledi grobo sejanje (sl. 34e), ki izloči še vse preostale večje ostanke slame, žitnih plev in plevelnih rastlin (tudi semen/plodov). Na tej stopnji so prav tako izločeni tudi še nerazpadli klaski, ki se vrnejo v mlatenje. Material, ki je prešel skozi grobo sito in ki vsebuje tudi "zeleni" produkt (tj. žitna zrna), gre v nadaljnjo obdelavo: ali fino sejanje pri **golcih** (sl. 34h) ali v dodatno obdelavo pri **plevencih** (sl. 34f in g). S praženjem (sl. 34f) in/ali tolčenjem žitnih zrn s priraslimi plevami v možnarju, kjer z lesenim batom (sl. 34g) zrahljamo prirasle pleve dosežemo, da lažje odstopijo od zrn (sphanje ali luščenje). Po finem sejanju (sl. 34h) so zelena žitna zrna ujeta na situ primerne gostote mreže. Sledi ročno prebiranje oz. izločanje še preostalih večjih nečistoč (v velikosti zrn in večje), ki so se ujela na situ (sl. 34i). Pred skladiščenjem (sl. 34k) je bilo v navadi tudi sušenje (sl. 34j; lahko tudi s praženjem) očiščenih žitnih zrn. Žitna zrna so po potrebi sproti "mleli" oz. trli v moko na žrmljah (celoten postopek povzet po Wilkinson in Stevens 2003; Jacomet 2010).

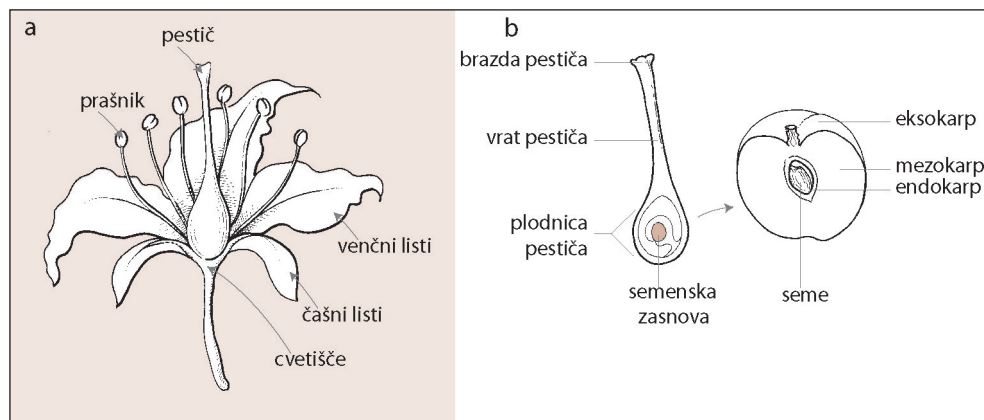
Pri vsaki izmed prikazanih stopenj čiščenja (sl. 34) nastane zelen produkt (nepopolno očiščena zrna s plevami [plevenci] ali očiščena zrna brez plev [golci]) in neželen odpadek (slama, semena večjih/manjših plevelnih rastlin, odlomki rahisov, žitne pleve idr.). Kako čist je končni, tj. uskladiščeni, pridelek, je torej odvisno tako od uporabljenih tehnik čiščenja kot tudi od požetih žitnih vrst/sort (sl. 33 in 34). Ob tem se je dobro zavedati, da so separacijske tehnike, enako učinkovito kot zrna žit, odbirale tudi tista semena plevelnih rastlin, ki so bila po obliki in mehanskih lastnostih podobna žitnim zrnom, kar je bil pomemben selekcijski dejavnik tudi za razvoj in razširitev nekaterih vrst žitnih plevelov.

V arheoloških plasteh ljudstev, ki so se ukvarjala s poljedelstvom, so ohranjeni tako zeleni produkti kot tudi odpadki, vsi neprecenljiv vir informacij, ne samo o vrstah/sortah gojenih rastlin, ampak tudi o poljedelskih tehnikah (od časa ter načina setve in žetve do samega čiščenja in skladiščenja pridelka) in o mogoči sekundarni uporabi ostankov trebljenja žit, npr. za krmo, steljo, gorivo, kot gradbeni (npr. pleve kot povezovalni material) ali izolacijski material (glej primer v II. delu/7.2).

Med pogosto ohranjenimi rastlinskimi najdbami v arheoloških sedimentih so tudi ostanki semen/plodov užitnih, kaloričnih in okusnih sadežev in oreškov divjih (naravno rastočih) rastlinskih vrst, ki jih je človek nabiral in prinašal v naselbino za prehrano, krmo, v medicinske ali obredne namene.

Pri prepoznavanju in identifikaciji ostankov semen/plodov **kritosemenk** je potrebno osnovno znanje **botanične morfologije** (predvsem o zgradbi in nastanku semen in plodov; sl. 35).

Med arheobotaničnimi ostanki so ohranjena "semena" največkrat najdena skupaj z ohranjenim **perikarpom**, ki seme ščiti (npr. pečke breskev, lupinice lešnikov, želodov, žirov), zato te ostanke pravilno determiniramo kot ostanke "semen/plodov", saj je velikokrat samo seme, ki naj bi se skrivalo v notranjosti perikarpa, že propadlo, torej imamo opravka z ostankom plodu (perikarpom) in ne semena (sl. 35).



Sl. 35: **Dvospolen (enodomen)** cvet kritosemenk je sestavljen iz enega ali več pestičev, prašnikov, venčnih listov, čašnih listov in cvetišča (a). Iz oplodjene **semenske zasnove** v plodnici pestiča nastane **seme** (b). Če je semenskih zasnov ali pestičev v enem cvetu več, je več tudi semen. Zrela plodnica pestiča, ki po oploditvi navadno oleseni ali/in omeseni, je **plod**. Plod je tako sestavljen iz semena/semen in **perikarpa** (ki nastane iz stene plodnice pestiča). Perikarp navadno sestoji iz: zunanega ovoja – **eksokarpa**, sredinskega, velikokrat omesenelega in sočnega, dela – **mezokarpa** ter notranjega, večkrat olesenelega, dela – **endokarpa**. Na risbi primer koščičastih plodov (npr. breskve, slive ali oreha). Risbe: D. Valoh.

### 2.3 Tafonomija

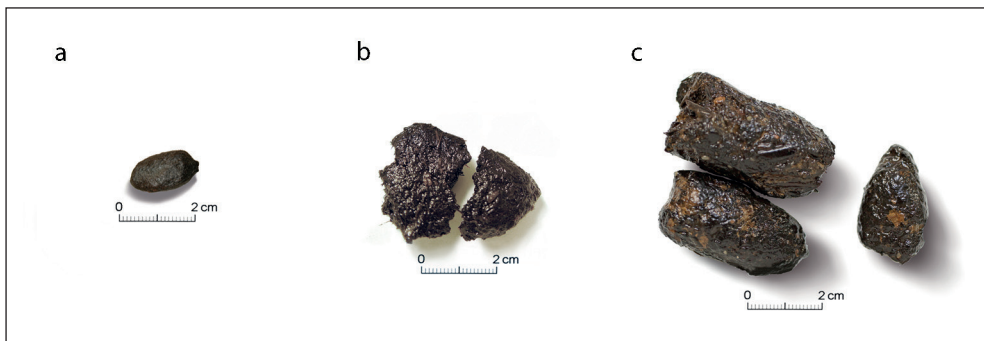
Termin tafonomija se v arheobiologiji uporablja pri razlagi procesa (pogosto **fosilizacije**), ki vodi k ohranitvi bioloških ostankov (Schiffer 1987; Jacomet in Kreuz 1999). Pri vrednotenju oz. interpretaciji arheobioloških podatkov moramo upoštevati dva vidika: konstrukcijski in depozicijski vidik (Jacomet 2007b). Konstrukti so vse, kar človek ustvari (npr. stavbe, ograje, vodnjaki, jarki, jame) in se po opustitvi naselbine poruši, zasuje ter sčasoma propade (sedimentira). Depoziti pa so lahko rezultat premišljenega človekovega dejanja med samim življenjem naselbine (kot npr. skladičenje žit, nabiranje in prinašanje gozdnih sadežev v naselbino, odlaganje odpadkov) ali pa so rezultat naravnega procesa, ki ni človeškega izvora (npr. naplavine rek, jezer, ostanki naravnega rastja) in se lahko zgodi med opustitvijo naselbine ali po njej (Jacomet 2007b). Sediment, ki ga proučujemo arheobiologi, je tako rezultat raznovrstnih dejavnikov in aktivnosti, ki so pri interpretaciji rezultatov velikokrat premalo upoštevani, saj jih nemalokrat niti ne moremo prepoznati oz. predvideti. Pri reševanju tovrstnih vprašanj se v arheologiji vse bolj uveljavljajo multidisciplinarnе raziskave (tj. sodelovanje raznovrstnih arheobioloških ved [npr. palinologija, arheobotanika, arheozoologija] s sedimentološkimi, pedološkimi idr.).

Arheobotanični rezultati in njihova interpretacija je močno odvisna od ohranjenosti rastlinskih makroostankov v sedimentu (torej tafonomije; glej I. del/2.3.1) in metod dela (glej I. del/2.4).



### 2.3.1 Možnosti in poti ohranitve rastlinskih makroostankov

Rastlinski ostanki (pelod, semena/plodovi ter ostali vegetativni deli rastlin, les, oglje) se daleč najboljše ohranjajo v mokrih tleh (tj. v sedimentih, prepojenih z vodo). V takšnih razmerah je več kot 90 % rastlinskih ostankov ohranjenih v nezoglenelem (tudi **subfosilnem**) ali z vodo prepojenem (angl. “waterlogged”) stanju (Jacomet 2013). Tako se ostanki ohranjajo na arheoloških najdiščih, kjer je prisoten kakršen koli izvor vode oz. kjer je talna voda stalno dovolj visoka in tako vseskozi zaliva arheološki sediment in material v njem (npr. v jarkih, rekah, morjih, jezerih, na mokriščih, šotiščih, poplavnih obalah in v vodnjakih; Jacomet in Kreuz 1999). Voda v tleh ustvarja **anaerobne pogoje**, ki onemogočajo bakterijski razkroj organskih ostankov. Kolišča z Ljubljanskega barja in drugih obalpskih jezerskih naselbin so zelo dober primer takšne ohranitve, saj je zaradi nepropustne jezerske gline (t. i. polžarica) v tleh z vodo prepojena celotna kulturna plast, ki **aerobnim** mikroorganizmom onemogoča preživetje. Ostanki, ohranjeni v mokrem, imajo zato zelo velik raziskovalni potencial. V takšnem okolju se namreč ohranijo najrazličnejši organski ostanki, tako kvantitativno (nekaj 1000 identificiranih rastlinskih makroostankov [semena/plodovi in pleve] v 1 litru sedimenta) kot tudi kvalitativno (več kot 100 identificiranih rastlinskih **taksonov** s posameznega najdišča) (npr. Jacomet s sod. 1989; Tolar s sod. 2010; 2011). Naletimo lahko na: kuhinjske ostanke (sl. 30b), zaloge hrane (žit), ostanke, ki so nastali pri čiščenju oz. skladiščenju žit (sl. 27), ostanke krme ali stelje in fosilizirane iztrebke domačih živali (koprolite; sl. 36), ostanke stavbnega in izolacijskega materiala s hiš (sl. 29a), ostanke s kurišč in ognjišč (sl. 29c), človeške iztrebke in smeti, prav tako lahko v sedimentu naletimo tudi na semena/plodove naravnega rastja, prinesena z vodo, vetrom ali odložena “*in situ*” (npr. Hosch in Jacomet 2004; Tolar s sod. 2011). Med rastlinskimi ostanki se v (nezoglenelem) sedimentu, prepojenem z vodo, pogosto ohranijo tudi z olji bogata semena/plodovi (kot npr. semena/plodovi lanu, maka, oljne ogrščice in konoplje), ki v zoglenih arheoloških sedimentih zaradi svoje hitro vnetljive narave ponavadi niso prisotna (van Der Veen 2007; Jacomet 2013).



Sl. 36: V arheološkem sedimentu, prepojenem z vodo, pogosto naletimo tudi na nezoglenele živalske iztrebke ali koprolite domačih živali, npr.: a) kože ali ovce, b) goveda, c) psa. Tovrstne najdbe morajo biti skrbno odzete in intaktno (nedotaknjeno) hranjene za posebne raziskave (glej primere v II. delu/7.1).

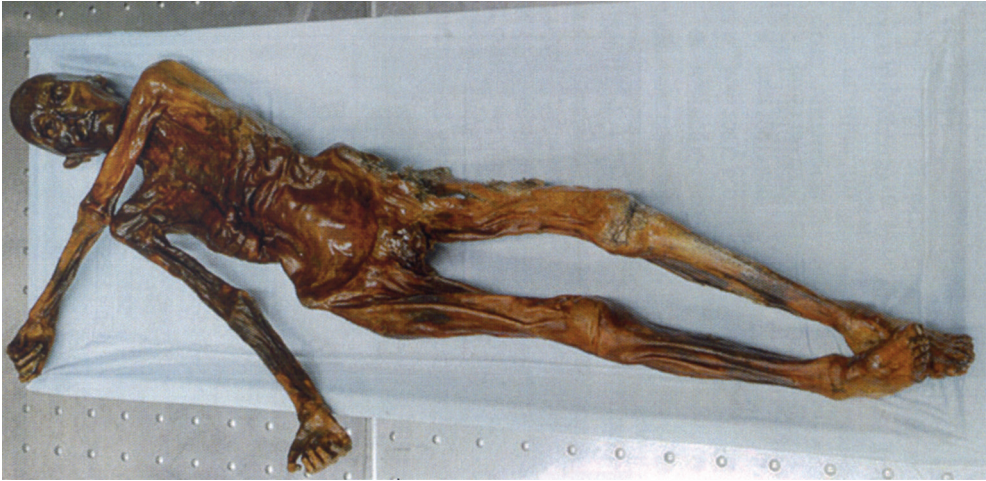
Najpogostejši način ohranitve (tudi fosilizacije) arheobotaničnih makroostankov je pooglenitev ali karbonizacija, pri čemer se rastlinski ostanki, ob visoki temperaturi in pomanjkanju kisika, iz organskega ogljika pretvorijo v skoraj čisti ogljik (Jacomet in Kreuz 1999; Wilkinson in Stevens 2003). Potencialno bi lahko zoglenel rastlinski material pridobili iz vsakega arheološkega najdišča, kjer so kurili ogenj. Pooglenitve rastlinskih ostankov so se v preteklosti pogosto dogajale, npr. med kurjenjem in pripravo jedi, tudi med čiščenjem oz. skladiščenjem pridelka (glej I. del/2.2; sl. 34). Najpogostejša zoglenela najdba je les (tj. oglje) s kurišč oz. ognjišč (sl. 29c), ki so ga ljudje uporabljali za kurjavo ali peko oz. kuho. Pogosto zogleneli so tudi neuporabni ostanki prehranskih rastlin, ki so jih ljudje namensko sežigali (tj. z njimi zanetili in kurili ogenj). Takšni so npr. ostanki zrelih žitnih socvetij in semen/plodov njivskih plevelov (torej stranskih produktov skladiščenja), lupinice oreškov ali namensko uničene (zavržene) stare zaloge žitnih zrn, ki so splesnele ali bile kako drugače uničene. Nema lokrat ohranjena v zoglenelem stanju pa so tudi užitna žitna zrna in semena/plodovi stročnic, ki so ponesreči zoglenela med praženjem in sušenjem (sl. 34f) ali med samo pripravo hrane (sl. 25a, 26c, 27a in b). Večkrat lahko naletimo tudi na rastlinske ostanke, ki so poogleneli zaradi požara v naselbini ali skladišču žit.

Delež zoglenelih arheobotaničnih makroostankov v bolj ohranjenih (tj. z vodo prepojenih) arheoloških sedimentih je pribl. 20 % ali manj (van der Veen 2007), kar kaže, da predstavljajo le majhen delež vseh rastlinskih makroostankov, pa vendar so v arheobotaniki (če izvzamemo z vodo prepojena najdišča) velikokrat edini ohranjeni ostanki (več o konkretnih raziskavah preberi v II. delu knjige).

**Mineralizacija** je proces, pri katerem se minerali raztapljajo in nalagajo okoli celičnih sten ali v medceličnih prostorih in tako ohranijo ("skenirajo") rastlinsko strukturo (Wilkinson in Stevens 2003). Na arheoloških najdiščih je takšna oblika konzervacije zelo pogosta na gnojiščih ali smetiščih, v greznicah oz. kloakah, kanalizacijah in drugih podobnih okoljih, kjer so količine anorganskih spojin povečane in med potekom mineralizacije zamenjajo mrtve organske snovi. Ta oblika ohranitve makroostankov prispeva predvsem k rekonstrukciji človekove prehrane v preteklosti. Včasih se rastlinski ostanki mineralizirajo (inkrustirajo) tudi z drugimi elementi (na primer s kovinami: bronom in železom; Jacomet 2007b). Pri interpretaciji tovrstnih arheobotaničnih rezultatov je tudi v tem primeru treba upoštevati, da se v takšnih okoliščinah različni rastlinski ostanki različno dobro ohranjajo, nekateri pa sploh ne. Semena užitnih sadežev (npr. fige, grozdje, maline/robide, plodovi koblunec in rožnic) se ponavadi dobro ohranjajo, medtem ko se žitna zrna v takšnih okoliščinah le redko ohranijo (Jacomet 2007b).

Rastlinski ostanki se lahko zelo dobro ohranjajo tudi v ekstremno sušnih okoljih (npr. v puščavah, suhih jamah, skalnih razpokah) (Jacomet in Kreuz 1999). Ohranitev rastlinskih ostankov v suhem temelji na podobnem principu kot ohranitev v mokrem, ko mikroorganizmi, ki bi razkrajali organske ostanke, zaradi enega ali več omejujočih dejavnikov (npr. pomanjkanje kisika v mokrem ali pomanjkanje vlage v suhem) ne morejo preživeti, torej tudi ne razkrajati. Med posušeniimi rastlinskimi ostanki neredko naletimo na cele plodove, cvetove, liste.

Tudi v ekstremno mrzlih (tj. zmrzujočih) okoljih lahko naletimo na bogate arheobotanične najdbe. Tu je glavni omejujoč dejavnik preživetja **dekompozicijskih** mikroorganizmov



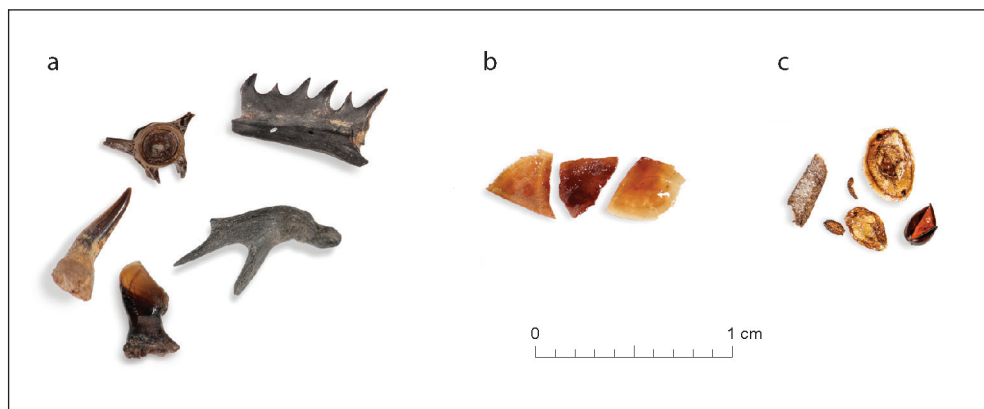
Sl. 37: Ledeni mož – Ötzi. Na površini in v notranjosti njegovega telesa jim je uspelo odkriti različne organske (tudi rastlinske) ostanke: pelod, obleka, oprema, lasje, predmeti iz rastlinskega materiala. Povzeto po: Dickson s sod. 2005.

ekstremno nizka temperatura. V zadnjem času najbolj odmevna najdba mumije ledenega moža Ötziya izpred več kot 5000 let je dober primer takšne ohranitve (npr. Oeggl 2000; 2001; Müller s sod. 2003; Dickson s sod. 2005; Oeggl s sod. 2005; Jacomet 2007b; 2009; Heiss in Oeggl 2009; sl. 37).

V odvisnosti od stanja oz. ohranjenosti arheobotaničnih najdb v sedimentu, predvsem ali so v zoglelem (karboniziranem) ali v nezoglelem stanju (npr. prepojeni z vodo), je odvisna tudi obdelava vzorcev arheološkega sedimenta, odvzetega za arheobotanično analizo (glej v nadaljevanju I. del/2.4 in 2.5). V tej knjigi se bomo še posebej posvetili metodam dela z mokrimi sedimenti, v katerih so ohranjeni več tisoč let stari nezogleli, z vodo prepojeni rastlinski ostanki. Sedimenti te vrste namreč zahtevajo večjo previdnost pri obdelavi in pripravi vzorcev, ker so arheobotanično izjemno bogati, vendar tudi izjemno občutljivi na nepravilno ravnanje (kot npr. na grobo spiranje, sušenje ipd.; npr. Tolar s sod. 2010, glej II. del/1.3).

## 2.4 Vzorčenje in shranjevanje vzorcev

V teoriji je priporočljivo, da arheobotanično vzorčenje na terenu poteka hkrati z arheozoološkim (glej I. del/3.4) in palinološkim (glej I. del/1.4) vzorčenjem, saj bi bili tako pozneje, pri interpretaciji, rezultati naravoslovnih raziskav primerljivejši. V praksi pa pri takšnem načinu vzorčenja nastane težava, ker potrebujejo arheozoološke raziskave veliko večjo prostornino odvzetega vzorca sedimenta kot arheobotanične, in še bolj palinološke raziskave, kar je v sorazmerju z velikostjo bioloških najdb (zoološke: večinoma



Sl. 38: Tam, kjer se uporablja arheobotanično sito z najmanjšim premerom odprtin = 0,355 mm (glej I. del/2.5.1), se ujamejo tudi manjše arheozoološke najdbe, npr.: a) kosti in zobje rib, b) ribje luske, c) ostanki žuželk.

nekaj do več cm; arheobotanične: nekaj do več mm; palinološke: nekaj  $\mu\text{m}$ ). V praksi zato najpogosteje odvzemamo vzorce posebej za palinološke (glej I. del/1.4) in posebej za arheobotanične raziskave, medtem ko arheozoološki vzorci navadno predstavljajo del arheoloških vzorcev sedimenta, ki jih arheologi vse pogosteje spirajo (mokra sejejo) na sitih, da bi pridobili manjše koščke keramike in ostale antropološko izdelane "mikro" predmete (npr. ogrlične obročke ali mikrolite), večje od 1 mm (tj. ponavadi velikost rež najmanjšega uporabljenega sita), hkrati pa se na sitih ujamejo tudi živalski ostanki (kosti, zobje, luske; sl. 38; več o tem v I. delu/3.4).

Arheobotanično vzorčenje in obdelava vzorcev morata biti še prav posebej skrbno in primerno izvedena, ko so arheološke ostaline v mokrih, z vodo prepojenih, glinenih/ ilovnatih, sedimentih, kakršni so npr. na Ljubljanskem barju. V takšnih razmerah (glej I. del/2.3, str. 57) se namreč ohrani daleč največje število rastlinskih ostankov, tako v kvalitativnem (število identificiranih **taksonov**), kot tudi kvantitativnem (število ostankov v litru sedimenta) merilu. Prevladujejo nezogleneli rastlinski makroostanki, ki bi, za razliko od zoglenelih rastlinskih in odpornejših kostnih ostankov ter odlomkov keramike, ob nepravilnem ravnanju (glej v nadaljevanju I. del/2.5), tj. ob grobem gnetenju pri spiranju sedimenta na sitih in sušenju ostankov, propadli oz. se spremenili v prah.

Velikokrat ostankov, ki se pri spiranju sedimenta ujamejo na sitih, na terenu samem ni mogoče pobrati v celoti oz. prepoznati s prostim očesom, saj jih je preveč in so premajhni. Zato je potrebna nadaljnja obdelava spranih vzorcev v laboratoriju, pri čemer je ključna delovna oprema: stereomikroskop oz. lupa z vsaj 50-kratno povečavo (glej v nadaljevanju I. del/2.6).

Med samim izkopavanjem je treba nujno jemati vzorce sedimenta iz kulturne plasti, ki so reprezentativni za prikaz nekdanje situacije na raziskovanem prostoru (Jacomet in Brombacher 2005). To pomeni, da morajo pokriti tako vertikalne kot tudi horizontalne dogodke, torej dogodke, ki so se dogajali v času in prostoru. Pozneje, po izkopavanjih, se

lahko odločimo, kateri vzorci so ključnega pomena za arheobotanično raziskavo, odvisno od raziskovalnega vprašanja, ki ga želimo razrešiti. Vzorci, ki jih jemljemo, bi morali podati tako sliko o gospodarstvu ljudstva iz preteklosti (torej o prehrani, poljedelskih aktivnostih, nabiralništvu, ribarjenju, lovu divjih živali ter živinoreji in krmljenju domačih živali, o uporabi lesa), morda tudi o aktivnostih (dogodkih) več različnih nasebinskih faz (torej o starejših in mlajših naseljencih, ki so v preteklosti poseljevali isti prostor), kot tudi sliko o okolju, v katerem so živali in ljudje nekoč bivali, ter o vegetacijskih razmerah pred poselitvijo in po njej (Jacomet 2007b). Pravilen odvzem vzorcev bi moral zagotoviti tudi informacijo o stanju znotraj bivališč (hiš) in zunaj njih, a še vedno znotraj naselbine (torej med bivališči). Tako lahko pridobimo informacijo o strukturi naselbine (določimo lahko npr. območja odstranjevanja odpadkov in iztrebkov, območja krmljenja živali, status posamezne hiše). Nadalje lahko ugotavljamo tudi, kako je nastala posamezna plast (npr. Jacomet in Brombacher 2005; Jacomet s sod. [ur.] 2004; Hosch in Jacomet 2004). Več o konkretnih možnostih raziskav in interpretacij, pridobljenih na podlagi primerne vzorčenja na terenu in obdelave vzorcev v laboratoriju, v II. delu knjige.

Arheobotanično vzorčenje mora zadostiti trem osnovnim pogojem (po predlogi: Jacomet in Brombacher 2005):

1. Prostornina odvzetega vzorca sedimenta s terena naj bo dovolj velika (tj. vsaj 3–5 litrov), da bodo rezultati reprezentativni in da bodo dosegli minimalno raven zahtevanega števila determiniranih rastlinskih makroostankov, tj. vsaj 384 semen/plodov na vzorec (van der Veen in Fieller 1982) ter tako dosegli statistično zanesljivost s stopnjo zaupanja 95 %.
2. Gostota jemanja vzorcev naj bo dovolj velika, da bomo pravilno rekonstruirali vzorce poselitve znotraj naselbine.
3. Vsak vzorec mora biti opremljen z opisom. Predvsem je pomemben opis **stratigrafije** mesta, s katerega je bil posamezen vzorec odvzet, kar nam bo omogočilo rekonstruirati nastanek naselbinskih plasti.

Če je mogoče, so dobrodošli tudi ostali podatki, opaženi na terenu med izkopavanjem, npr. ali so se plasti na mestu odvzema odlagale dlje časa (torej gre za raziskavo daljšega časovnega obdobja) ali gre za kratko obdobje (npr. po požaru). Priporočeno je vestno izpolnjevanje dokumentacijskega lista (priloga 1).

#### KAKŠNA NAJ BO PROSTORNINA ODVZETIH ARHEOBOTANIČNIH VZORCEV SEDIMENTA?

Za določitev primerne velikosti (prostornine) vzorca sedimenta s terena je priporočljivo opraviti predhodno raziskavo naključno odvzetega vzorca in tako preveriti zastopanost oz. ohranjenost rastlinskih makroostankov. Raziskave z barjanskih kolišč so na primer pokazale, da so trije litri sedimenta iz kulturne plasti dovolj za pridobitev reprezentativnih rezultatov (Tolar s sod. 2010).

Med **reprezentativno** raziskane lahko štejemo samo takšne naselbine, kjer so bile izkopane razmeroma velike površine in kjer sta horizontalna in vertikalna razporeditev odvzetih arheobotaničnih vzorcev znana. Samo takrat je mogoče rekonstruirati ekonomijo in ekologijo naselbine.

Pred izkopavanji in med njimi pogosto niso vidne lege stavb, zato je treba vzorčiti v takšnem obsegu, da bo arheolog pozneje lahko ločil ali izbiral med vzorci, odvzetimi iz notranjih delov stavb in iz območij med njimi. Le tako bo mogoče rekonstruirati značilnosti posameznih hiš in tudi območja med njimi (temu pravimo horizontalna razporeditev vzorcev). Enako pomembna je tudi vertikalna razporeditev vzorcev in z njo natančno datiranje in določitev posameznih naselbinskih faz ter okoljskih sprememb v daljšem časovnem obdobju.

#### KAKO MORA BITI ARHEOBOTANIČNI VZOREC SEDIMENTA OPISAN IN OPREMLJEN?

Vsak arheobotanični vzorec naj bo opremljen z dokumentacijskim listom (priloga 1), ki mora biti vestno izpolnjen. Še posebno pomembno je zapisati:

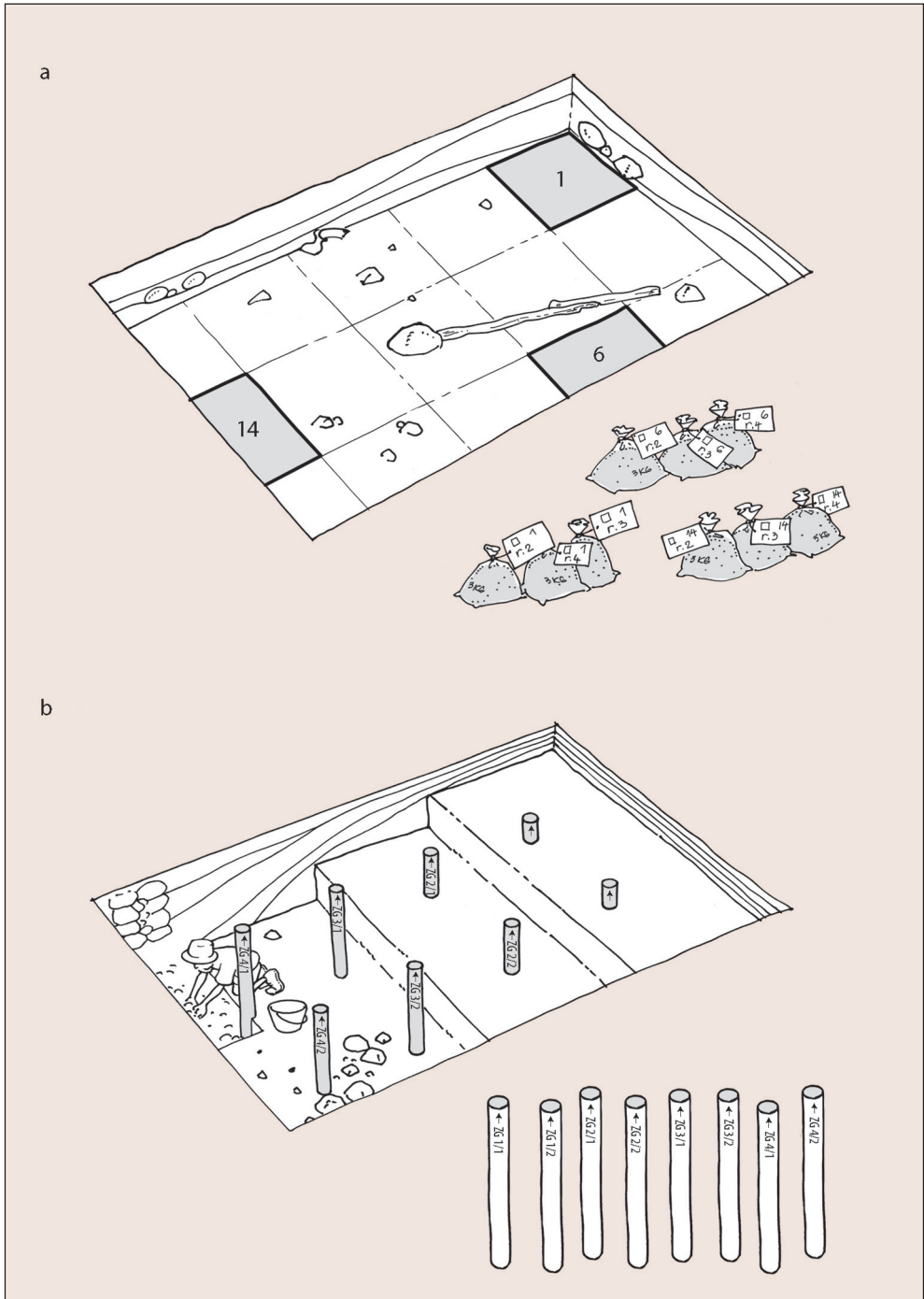
- številko (oznako) vzorca,
- ime najdišča,
- opis sedimenta (glinen, peščen, moker, zbit, suh itd.),
- prostornino odvzetega vzorca sedimenta (ki naj bo čim bolj enotna na posameznem najdišču),
- stratigrafski opis mesta odvzema vzorca (tako horizontalno – po SE, kot tudi vertikalno – po globinah oz. fazah), vključujoč informacijo o predvidenem arheološkem obdobju, iz katerega naj bi vzorec izhajal,
- ali je vzorec odvzet površinsko (sistematično ali naključno) ali po presoji (glej v nadaljevanju I. del/2.4.1),
- ali je bil vzorec znotraj objekta ali med objekti, gre morda za grobišče.

#### 2.4.1 Odvzemanje arheobotaničnih vzorcev na terenu

Vzorci na terenu lahko odvezamo na tri načine (npr. Jacomet s sod. [ur.] 2004; Maier in Harwath 2011; sl. 39):

1. Površinsko vzorčenje (angl. "surface sampling"; sl. 39a). Vzorce pobiramo po vnaprej zastavljenem sistemu (oz. načrtu). Za načrt odvezanja vzorcev se z izkopavalcem dogovorimo že pred začetkom izkopavanj, zato vnaprej ne vemo, na kateri arheološki kontekst, če sploh, bomo pri tem naleteli. Naletimo lahko na hišo, kanal oz. jarek, "odpadno" jamo, kuhinjo, kurišče, hlev idr. ali pa povzamemo zgolj rastlinske makroostanke naravnega rasti, torej brez antropogenega vnosa. Načrt zbiranja vzorcev mora biti zasnovan tako horizontalno (po najdišču v vse smeri) kot tudi vertikalno (od površine – najmlajših plasti, proti globini – najstarejšim plastem). Odločimo se lahko za: a) sistematično površinsko vzorčenje (angl. "systematic surface sampling"), to je npr. vsak drugi m<sup>2</sup>, ali b) naključno površinsko vzorčenje (angl. "random surface sampling"), pri čemer vzorce pobiramo iz naključno izbranih mest znotraj izkopnega polja (npr. sl. 39a: iz kvadrantov 1, 6 in 14; glej primer *Stare gmajne* [Tolar s sod. 2011] in II. del/4.2).

V obeh primerih arheobotanično vzorčenje sledi arheološkemu stratigrafskemu izkopu, torej načrtno vertikalno po režnjih, in horizontalno po stratigrafskih enotah (SE), od najmlajših proti najstarejšim plastem.



Sl. 39: Naključno površinsko vzorčenje z mrežo v sondi (a) in vzorčenje z odvzemom stratigrafskih stolpcev sedimenta (b).

2. Vzorčenje z odvzemom stratigrafskih stolpcev sedimenta (sl. 39b). Pred začetkom izkopavanja v tla sistematično (npr. na vsak  $m^2$ , sl. 39b) ali naključno (npr. z žrebom) zabijemo kovinske ali plastične cevi premera pribl. 10–15 cm. Odločimo se lahko tudi za odvzem stratigrafskih stolpcev sedimenta iz profila izkopanih sond (angl. “profile sampling”) z uporabo kovinskih škatel premera pribl.  $10 \times 10$  cm (podobno palinološkemu vzorčenju [I. del/1.4]; glej primere v II. delu/1.2 in 5.2).

3. Vzorčenje po presoji (angl. “judgement sampling”), pri čemer po subjektivni presoji odvezamo arheobotanično zanimive vzorce oz. najdbe, na katere naključno naletimo med samim izkopavanjem (npr. ostanki s kurišča ali ognjišča, tekstila, vrvi, hrane v posodah, les, oglje in leseni izdelki, živalsko govno ipd.). Arheolog na terenu samem zbira material z vseh območij, ki vsebujejo vidne rastlinske makroostanke. Tudi v tem primeru je pomembno stratigrafsko označiti lokacijo (tako vertikalno kot tudi horizontalno) odvzetega vzorca. Gre za najenostavnejši in zato tudi najpogostejši način arheobotaničnega vzorčenja, vendar ta ne zadostuje kompleksnejšim arheobotaničnim interpretacijam (glej primere v II. delu/7).

Zavedati se moramo, da obstajata med površinskim vzorčenjem in vzorčenjem z odvzemom stratigrafskih stolpcev sedimenta dve pomembni razliki:

1. Prostornina vzorca, ujetega v stratigrafski stolpec, je veliko manjša, kar bistveno vpliva na reprezentativnost arheobotaničnih rezultatov (predvsem nekaterih gospodarsko pomembnih taksonov, tj. gojenih rastlinskih vrst; glej II. del/1.2). Pri interpretaciji moramo nujno upoštevati prostornino odvzetega vzorca sedimenta in preračunati števila najdenih semen v koncentracije (tj. število semen v litru sedimenta). Te enote so namreč pozneje lahko med seboj primerljive (glej I. del/2.6).

2. Vzorca sedimenta, ujetega v stratigrafskem stolpcu, navadno zajamejo dogodke iz daljšega časovnega obdobja (torej tudi pred naselbinsko fazo in po njej), zato so vzorci te vrste izjemnega pomena pri interpretaciji (nastanku, razvoju) vegetacije (glej II. del/5.2).

Slika 39a prikazuje naključno površinsko vzorčenje, pri katerem se z vodjo izkopavanja vnaprej dogovorimo, kje in kako na gosto bomo vzorčili. Slika prikazuje naključno izbrane lokacije (kvadrante velikosti pribl.  $1 m^2$ ) – sivo obarvani: 1, 6 in 14, iz katerih so bili sistematično po plasteh ali izkopanih režnjih vzorčeni deli (pribl. 3–5 kg) sedimenta. Vzorce na terenu natančno in sistematično označujemo in opisujemo. Do nadaljnje obdelave v laboratoriju jih shranjujemo v dobro zaprtih plastificiranih vrečkah, v temnem in hladnem prostoru.

Slika 39b prikazuje sistematično vzorčenje z odvzemom stratigrafskih stolpcev sedimenta. Plastične ali kovinske cevi premera 10–15 cm so bile zabite v tla pred začetkom izkopavanja. Razporeditev stratigrafskih stolpcev je lahko sistematična, npr. na vsak prvi ali drugi  $m^2$  (kot na sl. 39b), ali naključna (npr. z žrebom) znotraj predvidenega območja izkopavanja. Arheološko izkopavanje poteka po ustaljenem postopku, le da se izogne vstavljenim stebričkom (cevem). Ko je izkopavanje končano, stolpce sedimenta, ujetega v ceveh, pri dnu odrežemo. Odprti površini (zgornjo in spodnjo) neprodušno plastificiramo in cevi s sedimentom shranimo v temen in hladen prostor (do  $+ 4$  °C). Pomembna je natančna in voodoporna stratigrafska označitev stolpcev (vertikalno: zgoraj – spodaj; horizontalno: iz katerega dela izkopane sonde stratigrafski stolpec izhaja), da bo pozneje pri interpretaciji jasno, od kod posamezni vzorec izvira.



Arheobotanična analiza kakor koli odvzetih vzorcev naj bi potekala šele po končani arheološki interpretaciji najdišča, saj se šele takrat izkaže, iz kakšnih kontekstov so bili vzorci odvzeti (npr. iz notranjosti hiše, dvorišča, kletnih prostorov, shrambe, kuhinje, hleva, smetišča). Na podlagi arheoloških izsledkov se lažje odločimo, kaj želimo z arheobotaničnimi vzorci dokazati (npr. Hosch in Jacomet 2001; 2004; glej tudi primere v II. delu/4.2)

Dobro odvzeti vzorci sedimenta (predvsem načina 1 in 2; npr. sl. 39a in b) za arheobotanične analize so lahko uporabni tudi za druge raziskave: npr. malih sesalcev, rib, mehkužcev, insektov; stratigrafski stolpci (sl. 39b) pa tudi za gearheološke in palinološke raziskave (glej I. del/1 Palinologija).

#### KAKO IZBRATI PRIMEREN NAČIN VZORČENJA? (glej tudi II. del/1.2)

Na vsakem najdišču zajemamo naključno odkrite, po presoji odvzete arheobotanične vzorce (najdbe; tj. način 3 – vzorčenje po presoji), vključno z vzorci lesa in oglja za dendrokronološke raziskave. Arheologi se pogosto odločajo tudi za površinsko vzorčenje kulturne plasti (tj. način 1), ki se ga izvaja sproti, med samim izkopavanjem. Takšen način vzorčenja ima eno veliko pomanjkljivost, to je, da se začne prepozno (šele z začetkom t. i. “kulturne plasti”) in se konča prekmalu (po koncu t. i. “kulturne plasti”), s čimer žal ni zajeto celotno dogajanje na terenu, kar z drugimi besedami pomeni, da arheobotaniki ne dobimo možnosti vpogleda v okoljska in ekonomska dogajanja pred predvideno naselbinsko fazo in po njej. Zato je priporočljivo vsaj na dveh koncih odprte arheološke sonde odvzeti tudi stratigrafski stolpec/stratigrafske stolpce sedimenta: jali s plastičnimi cevmi, naključno po celotnem najdišču ali pa s kovinskimi (profilnimi) škatlami iz profila/profilov (podobno palinološkem vzorčenju – glej I. del/1.4). Prednost vzorčenja s stratigrafskimi stolpci (način 2) sedimenta je, da tovrstno vzorčenje zajame dogodke v daljšem časovnem obdobju, slabost pa je v tem, da so vzorci sedimenta, ujetega v “profilno škatlo” ali plastično cev, premajhni za reprezentativen prikaz prisotnosti taksonov z večjimi rastlinskimi makroostanki, vključujoč nekatere gospodarsko pomembne taksone. Stratigrafski stolpci sedimenta so zato primernejši za prikaz vegetacije in okoljskih sprememb v daljšem časovnem obdobju, medtem ko so dovolj gosto površinsko odvzeti vzorci sedimenta iz kulturne plasti z večjo prostornino primernejši za interpretacijo gospodarstva in prehranskih navad (glej primere v II. delu/4.2 in 5.2).

Vse arheobotanične vzorce sedimenta že na terenu shranimo v nepropustne plastificirane vrečke in jih čimprej prenesemo v temen in hladen prostor, s čimer preprečimo izsušitev in degradacijo nezoglenelih (z vodo prepojenih) arheobotaničnih ostankov. Če gre za zoglenele in suhe vzorce sedimenta, je pomembno le to, da z njimi ravnamo nežno. Prav tako jih hranimo v plastificiranih vrečkah, ki morajo biti zaradi grobosti suhega materiala močnejše, preprečitev izsušitve v tem primeru ni obvezna. Vzorce sedimenta čimprej mokro oz. suho speremo oz. presejemo na sitih dveh velikosti (glej I. del/2.5.1).

## KAKO ODVZEMATI IN HRANITI VZORCE LESA IN OGLJA ZA DENDROKRONOLOŠKE RAZISKAVE?

Podobno kot vse ostale z vodo prepojene arheobotanične najdbe je tudi moker les, ki se je tisočletja ohranjal v anoksičnem, mokrotnem in ilovnatem sedimentu, zelo občutljiv na izsušitev (npr. Čufar s sod. 2002). Zato ga je treba takoj po odvzemu s terena zaščititi: namočenega zapakirati v neprodušne PVC-vrečke in hraniti v hladnem in temnem prostoru. Vzorce je treba čimprej dostaviti dendrokronologu za takojšnjo analizo. Potek dela v dendrokronološkem laboratoriju si lahko podrobneje ogledate na spletni strani IZA ZRC SAZU: <http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/raziskovalna-dejavnost-dendrokronologija#v>. Za odvzem vzorcev lesa na terenu (tudi oglja, če je ohranjenih vsaj 45 **branik**) za dendrokronološko analizo je potreben dogovor z dendrokronologom. Glavni pogoj za dobre rezultate je dobro ohranjen kolut mokrega lesa ali oglja s čim večjim številom branik v prečnem prerezu (I. del/2.6.1; sl. 45) in najdišče s čim več dendrokronološko primernimi vzorci, po možnosti iz istega konteksta (npr. sodi, koli in drug stavbni les), katerih krivulje širin branik se da dobro **sinhronizirati**. Podrobnosti so opisane v I. delu/2.6.1 in na spletni strani Inštituta za arheologijo (IZA) ZRC SAZU.

## 2.5 Laboratorijska priprava vzorcev

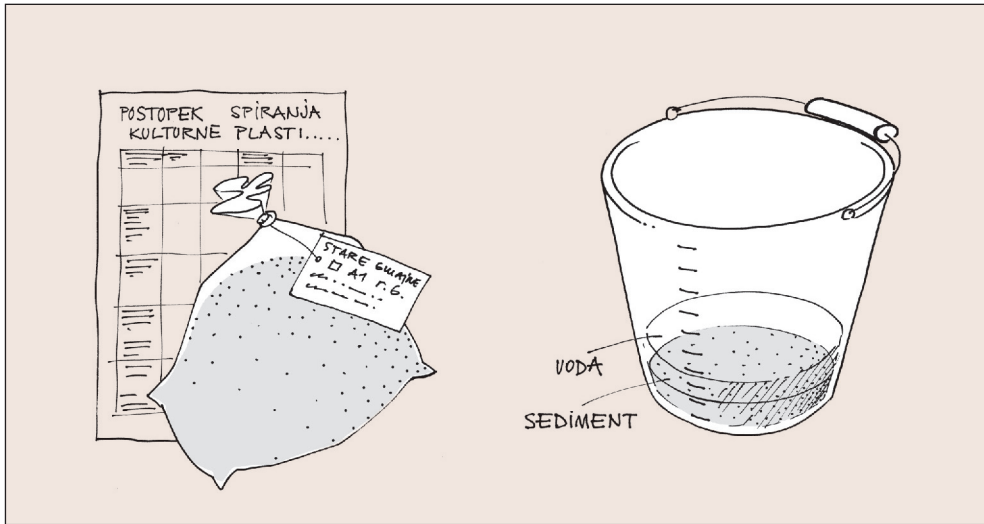
S podatki opremljene izbrane arheobotanične vzorce sedimenta postopoma prenašamo iz hladnega in temnega skladišča v laboratorij za nadaljnjo obdelavo. Vsak vzorec obdelujemo ločeno in kot posamezno enoto. Določimo mu ime ali številko, s katerima operiramo v nadaljevanju analize. Med spiranjem vzorca je treba natančno in vestno izpolnjevati dokumentacijski list o spiranju (priloga 1), ki vzorec spremlja skupaj z dokumentacijskim listom o pregledovanju (priloga 2) vse do konca raziskave. Podatki z dokumentacijskih listov so namreč bistvenega pomena pri interpretaciji in primerjanju rezultatov z rezultati drugih naravoslovnih in arheoloških raziskav z istega in z drugih najdišč.

### 2.5.1 Mokro sejanje sedimenta in shranjevanje organskih ostankov s sit

Če je sediment glinen ali ilovnat, tj. močno zbit, je priporočljiva predhodna obdelava (tj. globoka zamrznitev), ki olajša poznejše spiranje sedimenta oz. ločevanje organskih ostankov iz gline (Vandorpe in Jacomet 2007). Pred samim spiranjem sedimenta na sitih (tj. mokrim sejanjem) je treba nujno izmeriti prostornino sedimenta (sl. 40).

Način mokrega sejanja oz. spiranja sedimenta je izrednega pomena, saj je od tega odvisna končna reprezentativnost in verodostojnost rezultatov (Tolar s sod. 2010). Tako so lahko npr. zelo fragmentirani, krhki in manjši nezogleneli rastlinski ostanki, npr. nezogleneli ostanki žitnih klaskov (npr. plev) in semen maka ter lanu, premalo zastopani ali celo niso prisotni, če uporabljamo sita s prevelikimi režami (> 1 mm) ali pregrob način spiranja (gnetenje sedimenta z rokami; glej tudi II. del/1.3).

Poskusi uporabe različnih metod za analizo manjših bioloških ostankov iz jezerskih naselbin so privedli do uporabe danes najprimernejšega postopka priprave in pridobitve rastlinskega materiala iz arheoloških sedimentov, prepojenih z vodo. Gre za spiranje s polflotacijo in mokrim sejanjem, pri čemer z vedrom, vodo in sistemom sit (sl. 41) počasi



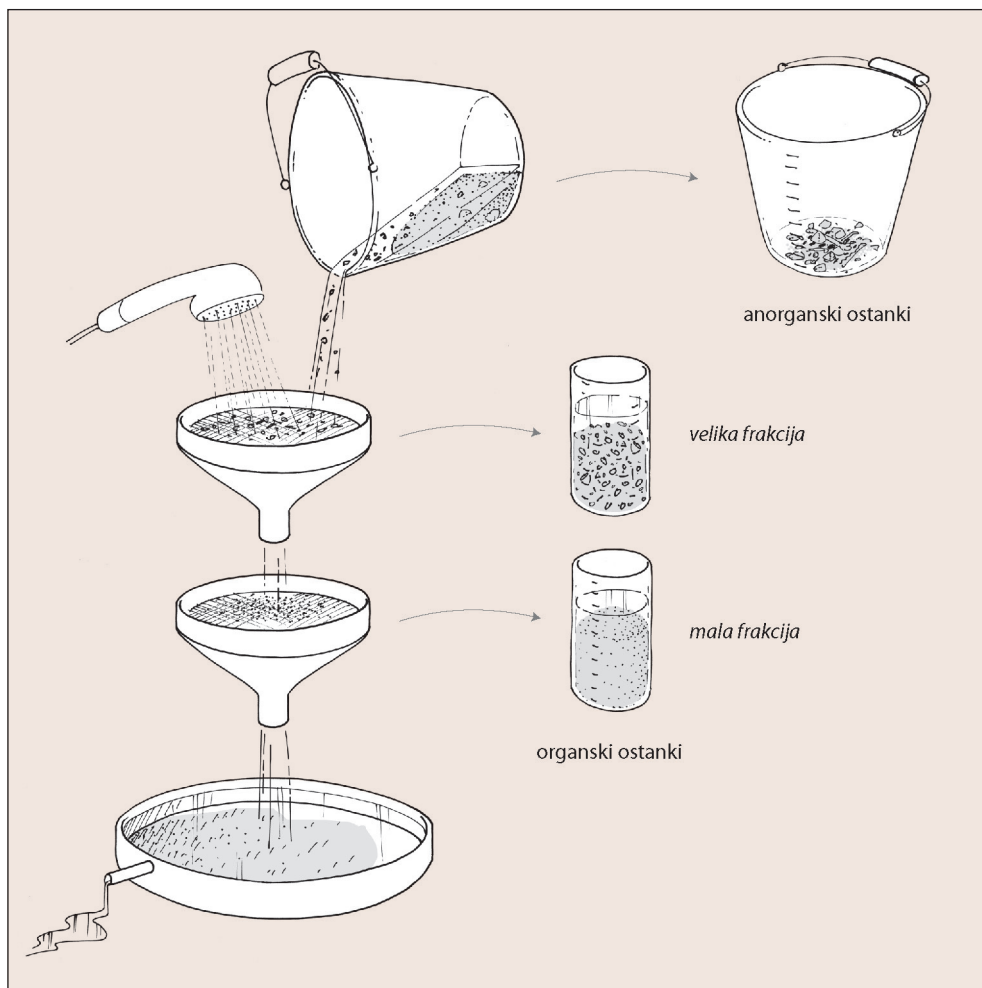
Sl. 40: Sediment s terena v PVC-vrečki preložimo v vedro z merilnim stolpcem in prelijemo z vodo, počakamo, da se sediment usede, nakar izmerimo prostornino sedimenta pred spiranjem. Podatek vnesemo v dokumentacijski list o postopku spiranja (priloga 1).

in nežno spiramo sediment in hkrati ločujemo težji in robustnejši anorganski material (kamenje, pesek, keramika) in večje kosti, ki se usedajo na dno vedra, od nežnejšega organskega (rastlinskega in živalskega), v vodi plavajočega ("flotirajočega") materiala, ki se ujame na sistemu sit. Najnovejše raziskave so pokazale, da je sistem sit dveh velikosti (tj. s premeri odprtin: 2 mm – velika frakcija in 0,355 mm – mala frakcija) najprimernejši za arheobotanične raziskave mokrih sedimentov (npr. Jacomet s sod. 2007; Jacomet 2013). Metoda je primerna tudi za analizo majhnih zooloških ostankov, npr. kosti, lusk, zob rib in malih sesalcev ter hišic, lupinic in larv nevretenčarjev (predvsem insektov; npr. sl. 38).

Spiranje sedimenta je končano, ko skozi sita steče prozorno čista voda, na njih pa se ujamejo sprani organski ostanki (na prvem situ: večji od 2 mm in na drugem: večji od 0,355 mm). Organske ostanke s sit preložimo v merilni posodici (sl. 41), ločeno za veliko in malo frakcijo, in jim izmerimo prostornino. To sta prostornini organskih ostankov, ki ju vpišemo na dokumentacijska lista (prilogi 1 in 2). Nazornejši opis dela v laboratoriju s fotografijami za lažjo predstavbo je dostopen tudi na spletni strani IZA ZRC SAZU: <http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/arheobotanika-raziskovalna-oprema#v>.

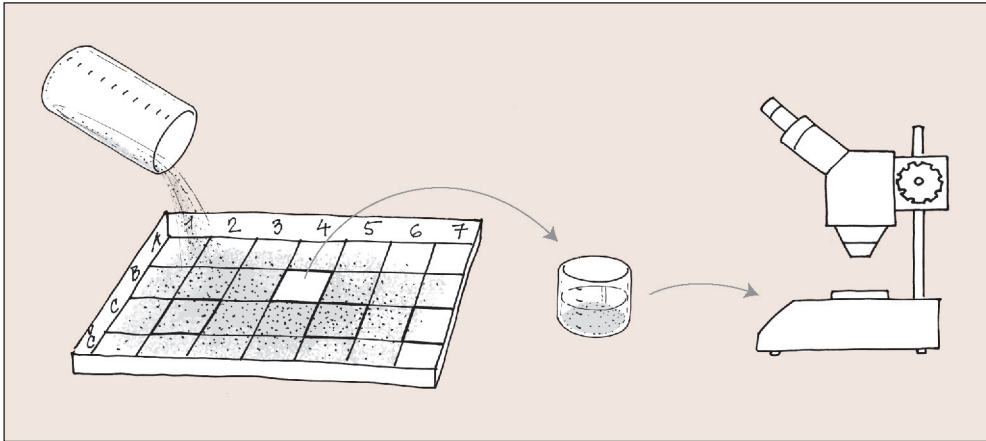
Kadar so rastlinski ostanki (oz. sediment s terena) posušeni ali zogleneli, predhodno spiranje in sejanje vzorcev sedimenta na sitih včasih ni potrebno in gredo vzorci neposredno v nadaljnjo obdelavo, tj. pod stereomikroskop za sortiranje in identifikacijo. Če vzorci vsebujejo veliko suhega sedimenta (npr. prsti, kamnov, peska), ki je pri analizi moteč, ga je priporočljivo suho presejati na sitih (Jacomet s sod. 2007), pri čemer najmanjše sito ne sme imeti rež večjih od 0,5 mm.

Mokre rastlinske makroostanke, ki so ostali na sitih, pred nadaljnjo obdelavo pod stereomikroskopom shranimo ločeno za malo (0,355 mm) in veliko (2 mm) frakcijo v



Sl. 41: Spiranje s polflotacijo: sediment, namočen v vodi (sl. 40), nežno premešamo, s čimer organske delce spravimo v lebdeče oz. flotirajoče stanje. Vodo z lebdečimi organskimi ostanki odlijemo na sito z večjim premerom odprtin, medtem ko težje anorganske snovi (kamni, pesek) in kosti potonejo na dno vedra. Postopek spiranja s polflotacijo nadaljujemo z nežnim curkom vode – tušem in nežnim mešanjem toliko časa, da v vedru ostanejo le še sprani anorganski ostanki in kosti.

neprodušno plastificiranih vrečkah ali lončkih, prepojene z vodo in v hladilniku. Opremljeni morajo biti z arheološkimi podatki s terena in dokumentacijskim listom s spiranja, na katerem je nujno, poleg prostornine sedimenta s terena, vpisana tudi prostornina pridobljenih organskih frakcij s sit. Suhe in zoglene ostanke lahko shranjujemo na suhem in pri sobni temperaturi.



Sl. 42: Naključno podvzorčenje z žrebom, mreža: A–Č in 1–7. Prostorninsko ovrednoten podvzorec v celoti pregledamo pod stereomikroskopom, ki omogoča vsaj do 50-kratno povečavo.

### 2.5.2 Podvzorčenje

Pri organskih vzorcih s sit (v nadaljevanju frakcije), ki so bogati z rastlinskimi makroostanki (predvsem semeni/plodovi), je najprej potrebno podvzorčenje. Opravimo ga s preprosto metodo naključnega odvzema podvzorcev, in sicer tako, da celotno frakcijo enega vzorca (ločeno za malo in veliko frakcijo) enakomerno porazdelimo po plitvi posodi pravokotne oblike (npr. banjici). Nato nanj položimo kvadratno mrežo (sl. 42), ki jo v nadaljevanju uporabljamo pri naključnem odvzemu oz. izboru podvzorcev iz izžrebanih kvadratkov z oznakami od npr. A do Č v ordinatni smeri in od 1 do 7 v abscisni smeri (sl. 42). Določitev, iz katerega kvadratka bomo vzeli podvzorec, naj bo naključna, tj. z žrebom koordinat (npr. B4 na sl. 42). Podvzorec zbiramo (oz. žrebamo) tako dolgo, dokler ne zberemo želene količine podvzorca, ki ga bomo pozneje v celoti pregledali (npr. 25 ml za malo frakcijo in 90 ml za veliko frakcijo) (po Jacomet s sod. 2007).

Če po pregledu podvzorca ugotovimo, da število najdenih semen/plodov in ostalih prepoznavnih rastlinskih makroostankov, ki jih štejemo kot eno enoto (glej I. del/2.6; sl. 44), ni statistično zanesljivo (tj. vsaj 384 prešteti rastlinski enoti v posameznem podvzorcju [po: van der Veen in Fieller 1982]), je treba podvzorec povečati tako, da naključen odvzem podvzorca z žrebom ponovimo.

#### **KAKŠNO OPREMO MORA IMETI ARHEOBOTANIČNI LABORATORIJ?**

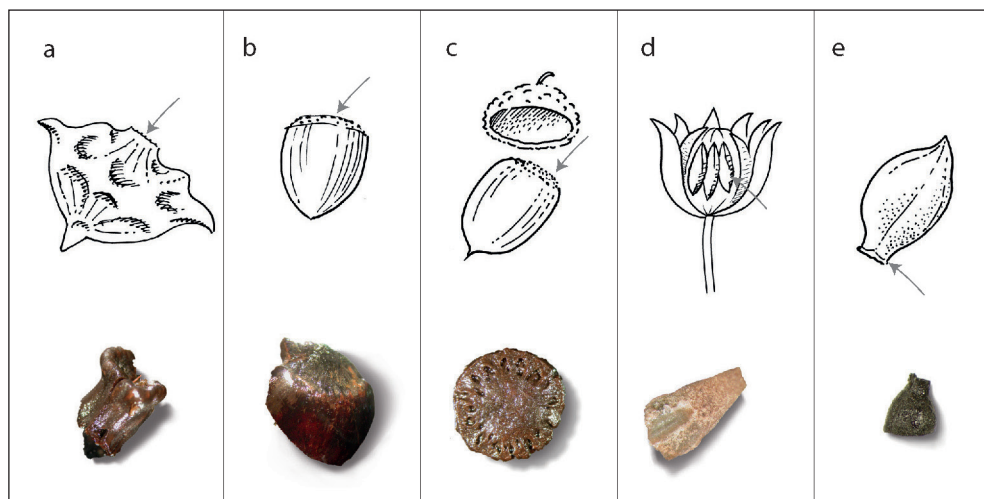
Potrebujemo hladen in temen prostor za shranjevanje z vodo prepojenih arheobotaničnih vzorcev, tako nespranega arheološkega sedimenta kot tudi organskih frakcij s sit. Najprimernejša sta hladilnik ali zmrzovalnik, lahko pa tudi kletni prostori. Pri spiranju sedimenta poleg sistema dveh sit, za veliko frakcijo s premerom odprtin 2 mm in za malo frakcijo s premerom odprtin 0,355 mm, potrebujemo še nežen curek vode (tuš),

vedro z merilno skalo za namakanje in izmero prostornine sedimenta, manjše vedrce za polflotiranje (ločevanje anorganskega materiala) ter stalen odtok umazane vode s sistemom zadrževanja blata – usedline. Po spiranju potrebujemo merilne posodice za izmero prostornine organskih frakcij s sit, mrežo za podvzorčenje s pripadajočo banjico, aparat za vakuumsko pakiranje in varjenje ter polietilenske vrečke. Pri prebiranju in identifikaciji rastlinskih makroostankov potrebujemo stereomikroskop z do 50-kratno povečavo, mehko pinceto in shranjevalne plastične škatlice. Za dolgotrajnejše shranjevanje mokrih arheobotaničnih najdb in referenčno zbirko arheobotaničnih makroostankov potrebujemo zmes kemikalij (alkohol : glicerol : destilirana voda : thymol) v razmerju (1 : 1 : 1 : 0,1) in majhne epruvetke z zamaškom z navojem. Spiralno opremo (sistem sit) in potek dela v arheobotaničnem laboratoriju si lahko ogledate tudi na spletni strani IZA ZRC SAZU (<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/oddelek/9278#v>).

## 2.6 Analiza rastlinskih makroostankov: razvrščanje, identifikacija, kvantifikacija

Preden začnemo pregledovati vzorce oz. podvzorce organskih frakcij pod stereomikroskopom, je treba določiti, katere rastlinske makroostanke bomo izločali, identificirali in na koncu tudi šteli kot eno enoto.

Navadno izločamo (tj. pobiramo) in štejemo vse cele plodove in semena. Težava nastopi pri fragmentiranih rastlinskih ostankih, tudi semenih in plodovih. Tu imamo na voljo več tehnik preračunavanja zlomljenih delčkov v eno enoto, pomembno pa je, da se vedno (tudi pri različnih najdiščih) držimo ene in iste metode, saj so le tako lahko rezultati med seboj primerljivi. V Evropi predlagana metoda temelji na štetju vseh najdenih **baz** semen/plodov (to je del semena oz. plodu, s katerim je seme pritrjeno na matično rastlino), v nekaterih primerih tudi apeksov (vrhov) semen/plodov, ki so večji od  $\frac{1}{4}$  celotne velikosti semena/plodu (Hosch in Jacomet 2004; Jacomet s sod. 2007; sl. 43).



Sl. 43: Baza vodnega oreška (a), baza lešnika (b), baza želoda (c); apikalni del zobca plodne glavice lanu (d), apeks semena navadne rezike (*Cladium mariscus*) (e). Risbe in fotografije niso v merilu.

TIPI RASTLINSKIH OSTANKOV (ena enota)	TAKSON
celo seme/plod ali zrno	vsi taksoni
odlomek zrna s kalčkom	žita
ostanek semena/plodu z ohranjeno več kot 1/4 baze semena/plodu	hrast (želod), leska (lešnik), jablana/hruška, vodni orešek
ostanek semena/plodu z ohranjenim apikalnim delom	npr. navadna rezika
odlomek osi klasa – (tj. rahisa)	navadni ječmen, pšenica – neplevasta
odlomek rahisa z ostanki obeh ogrinjalnih plev	pšenica – plevasta
odlomek rahisa z ostankom ene ogrinjalne pleve	pšenica – plevasta
dno ogrinjalne pleve	pšenica – plevasta
ostanek perikarpa, večji od 1/4 celotnega perikarpa plodu	hrast (želod), bukev (žir), jablana/hruška
ostanek zobca plodne glavice z ohranjenim apikalnim delom	navadni lan

Sl. 44: Tipi rastlinskih makroostankov, ki jih štejemo kot eno enoto (v pomoč slike: 31, 32 in 43).

Poleg ostankov semen in plodov pobiramo in štejemo tudi ostale prepoznavne rastlinske dele, npr. ostanke žitnih klasov in klaskov, ostanke plodnih glavic lanu, perikarpe želoda, žira in jabolok ter hrušk (sl. 31 in 44).

Pri identifikaciji rastlinskih ostankov si pomagamo z različnimi določevalnimi, slikovnimi ključi, na primer: za semena in plodove (Beijerinck 1947; Berggren 1969; 1981; Schoch s sod. 1988; Körber-Grohne 1991; Anderberg 1994; Jones s sod. 2004; Cappers s sod. 2006; 2009; Neef s sod. 2012) ter za les in oglje (Schweingruber 1978; 1990; Torelli 1991; Neumann s sod. 2001; Schoch s sod. 2004). Poleg literature je zelo pomembna tudi dobra referenčna zbirka tako recentnih kot tudi arheoloških semen in plodov. Na Inštitutu za arheologijo ZRC SAZU imamo trenutno zbranih čez 300 semen/plodov različnih rastlinskih vrst in pribl. 40 vzorcev različnih vrst lesa in oglja (Tolar 2011; spletna stran IZA ZRC SAZU: <http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/arheobotanika-referen%C4%8Dna-zbirka#v>).

Pri poimenovanju (nomenklaturi) rastlinskih vrst (taksonov; glej II. del/Uvod, str. 127) se držimo Male flore Slovenije (Martinčič [ur.] 1999/2007) in Domestication of Plants in the Old World (Zohary in Hopf 2004). Pri drevesnih in grmovnih vrstah si pomagamo tudi

z deli R. Brusa: Drevesne vrste na Slovenskem (2004), Dendrologija za gozdarje (2005), Sto grmovnih vrst na Slovenskem (2008) in Drevesa in grmi Jadrana (2012).

Prebiranje in identifikacija navadno potekata sočasno, nakar sledi štetje in vnos podatkov v arheobotanično tabelo (priloga 3).

Po identifikaciji je treba vse rastlinske ostanke (semena, plodove, ostanke žitnih klaskov, plodnih glavic, perikarpov, lupinic) kvantificirati in opisati njihovo stanje oz. ohranjenost (zoglenelo – C; napol zoglenelo – N/C ali nezoglenelo – N; glej prilogo 3), sprva ločeno za vsak vzorec/podvzorec ter frakcijo. Nato je rezultate treba primerjati, po potrebi združiti in ovrednotiti kot celoto.

Rezultate prikažemo v arheobotanični tabeli (priloga 3), v kateri so stolpci namenjeni opisu raziskanih vzorcev in vrstice vpisu identificiranih rastlinskih taksonov. Tabela poleg ugotovljenih rastlinskih taksonov z latinskim in slovenskim imenom vsebuje tudi podatke o tipu rastlinskega ostanka (npr. seme, plod, ostanke perikarpov in žitnih klaskov; glej sl. 44), ohranjenosti rastlinskega ostanka (C, N/C, N) ter o najpomembnejših lastnostih arheološkega vzorca (oz. podvzorca), kot so identifikacijska številka, prostorsko-stratigrafska opredelitev (kvadrant, kulturna plast, arheološko obdobje, kontekst) in prostornine (1. od vzetega sedimenta s terena, 2. organskih frakcij s sit ter 3. pregledanega podvzorca/vzorca).

Zelo pomembna za nadaljnjo interpretacijo je tudi kvantifikacija rezultatov, ki v osnovi temelji na številu najdenih ostankov (n). Števila (n) je namreč treba pretvoriti v reprezentativne in primerljive enote, npr. v koncentracijo (conc.; tj. število semen/liter arheološkega sedimenta) in navzočnost (angl. "ubiquity" oz. ub.; tj. v koliko % vseh arheobotaničnih vzorcev s terena se določen takson pojavlja; če je ub = 100 %, pomeni, da se takson pojavlja v vseh pregledanih vzorcih, torej po celotnem raziskanem območju) (več o tem v Jacomet in Kreuz 1999; Jacomet s sod. [ur.] 2004).

Zaradi lažje interpretacije rastlinske vrste (taksone) razporejamo v več skupin, npr. glede na uporabnost: gojene/nabirane, zdravilne, krmne ali glede na ekološke razmere, v katerih uspevajo oz. so ustreznejše za njihovo rast in razmnoževanje: ruderalne, njivne, plevelne, gozdne, obgozdne, združbe gozdnih posek in jas, travniške, močvirske, obrežne, vodne rastline idr. (glej primere v II. delu/4.2 in 5.2).

#### POMEMBNEJŠE OZNAKE V ARHEOBOTANIČNI TABELI (priloga 3)

C – zoglenelo

N/C – napol zoglenelo

N – nezoglenelo, z vodo prepojeno

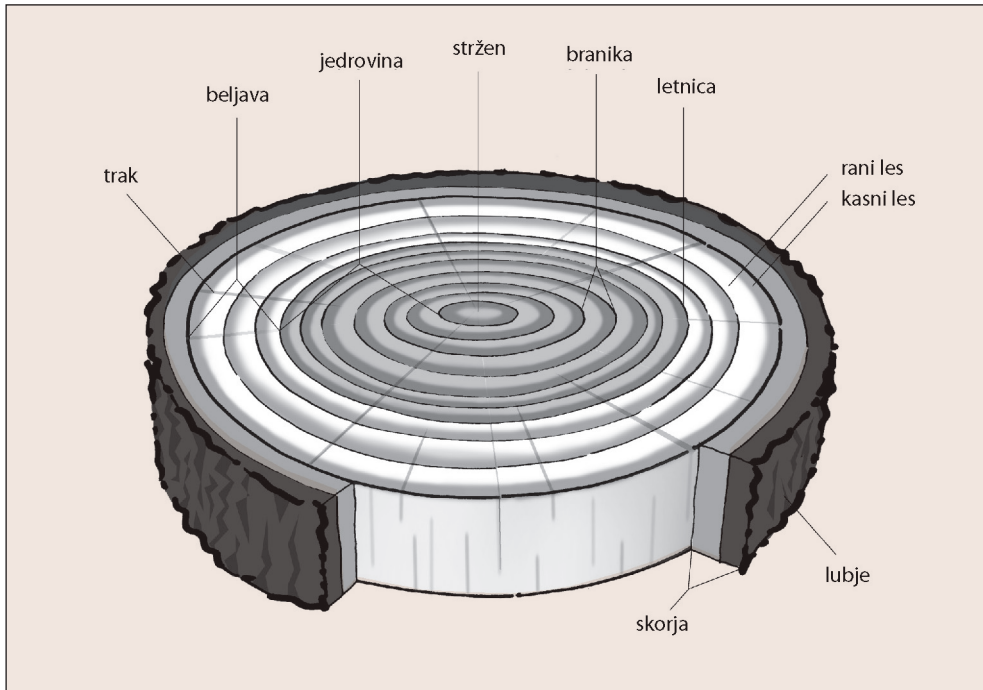
n – št. rastlinskih makroostankov

conc. – koncentracija rastlinskih makroostankov (tj. število ostankov v 1 litru sedimentnega vzorca)

\*ub. – navzočnost (v koliko odstotkih raziskanih vzorcev je določen takson)

\*"Ubiquity" (navzočnost) je pogosto edina kvantifikacijska metoda, ki dovoljuje primerjave pomembnosti različnih taksonov (Schibler in Jacomet 2010; glej tudi arheobotanična poročila s slovenskih zaščitnih izkopavanj: Arhiv IZA ZRC SAZU, od leta 2013 naprej).





Sl. 45: Prerez debla: drevo prirašča v debelino tako, da vsako leto proizvede praviloma eno braniko, ki jo navadno sestavljata **rani les** in **kasni les**, ki se razlikujeta po zgradbi in gostoti. Vidno mejo med dvema branikama imenujemo letnica. Zunanje plasti debla (lesa), ki imajo prevodno in skladiščno funkcijo, so **beljava**. Pri nekaterih drevesnih vrstah (npr. hrastu) se notranje (neprevodne) plasti debla sekundarno pretvorijo v **jedrovino**, ki ji, ko je temno obarvana, rečemo tudi črnjava. Prevajanje snovi po deblu v radialni smeri omogočajo **strženovi trakovi**. Drevesno deblo pred zunanji vplivi ščiti drevesna **skorja**. Notranji, živi del skorje prevaja **asimilate** iz listov do korenin. Zunanji, neživi in neprevodni del skorje imenujemo **lubje**. Po predlogi: Čufar 2002, 4, sl. 1–1 in Levanič 2012, 65, sl. 1.

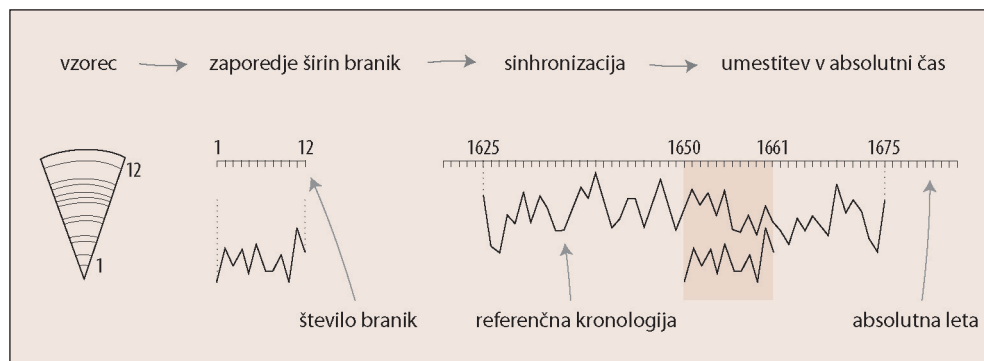
### 2.6.1 Dendrokronološka analiza arheološkega lesa in oglja

Dendrokronologija je metoda datiranja, ki navadno temelji na proučevanju značilnega sosledja širin **branik**, nastalih v različnih letih, to je njihovega povečanja ali zmanjšanja glede na predhodno leto (Čufar 2006; Levanič 2012). Pomaga nam ugotoviti, v katerem letu je nastala posamezna branika oz. kdaj je drevo raslo (Čufar in Levanič 1999).

Pri razumevanju principa dendrokronoloških raziskav je potrebno osnovno znanje drevesne anatomije (sl. 45).

Dendrokronološka raziskava v osnovi temelji na merjenju širin branik, pri čemer dobimo zaporedja širin branik, ki jih navadno grafično prikažemo v odvisnosti od časa in jih skušamo umestiti v absolutni koledarski čas (Čufar in Levanič 1999; sl. 46).

Fazi merjenja širin branik sledi **sinhroniziranje**, to je medsebojna primerjava zaporedij širin branik (krivulj) iz istega objekta (npr. drevesa, rastišča, arheološkega konteksta;



Sl. 46: Poenostavljen shematični prikaz priprave zaporedja širin branik na enem vzorcu in njegove umestitve v absolutni čas s pomočjo **referenčne kronologije**.

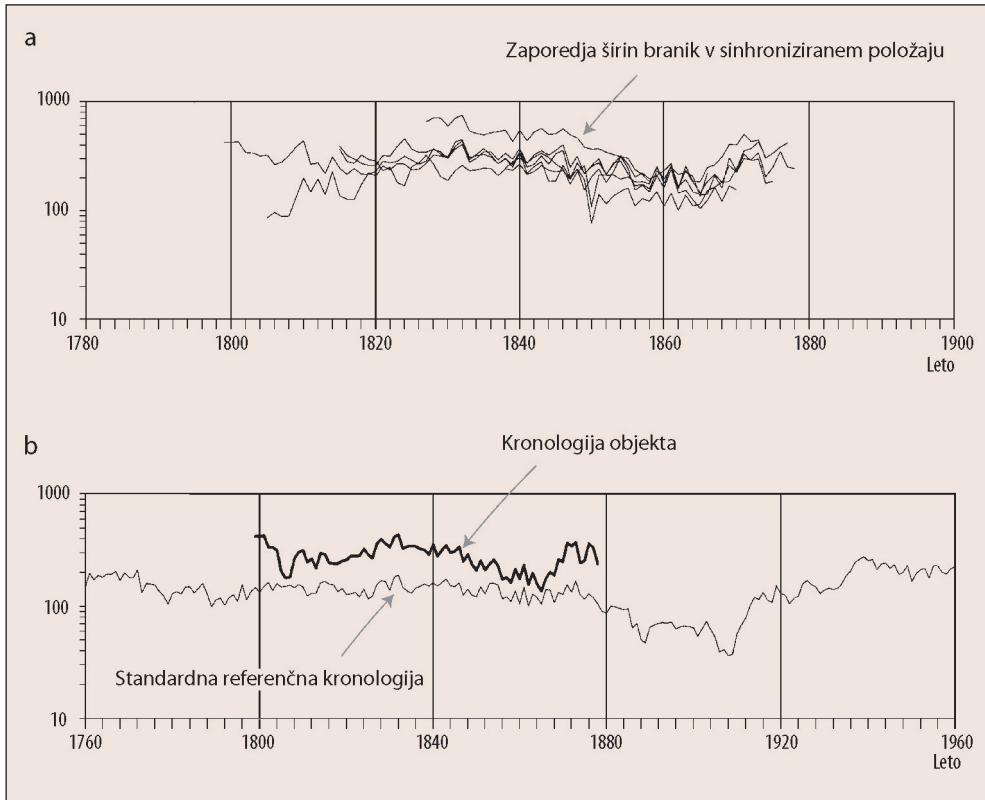
sl. 47a). Krivulje so v sinhronem položaju takrat, kadar se vizualno in statistično ujemajo. Iz več krivulj izračunamo povprečje, ki ga imenujemo **kronologija** objekta (sl. 47b). Razen pri proučevanju še živečih dreves je taka kronologija sprva nedatirana, zato jo imenujemo plavajoča kronologija.

Pri lesenem predmetu neznanе starosti sledi še datiranje. Za datiranje kronologijo objekta sinhroniziramo s standardno referenčno kronologijo, za določeno drevesno vrsto, obdobje in zemljepisno območje (Čufar in Levanič 1999; Čufar 2007; sl. 47b).

Ko je opravljeno datiranje plavajoče kronologije z referenčno, za vsako braniko na plavajoči kronologiji ugotovimo koledarsko leto njenega nastanka. Predmet neznanе starosti tako datiramo oz. določimo leto nastanka posamezne branike. Končni rezultat ponavadi podamo z letnico zadnje branike na predmetu (Čufar 2006; Levanič 2012). Datum zadnje branike ponavadi še ne ustreza pravi starosti predmeta. Če je na predmetu ohranjena skorja in ugotovimo, kdaj je nastala zadnja (tj. najmlajša) branika pod njo, lahko natančno ugotovimo, kdaj je bilo drevo za uporabljeni les posekano. Za določitev starosti predmeta moramo oceniti še, koliko časa so potrebovali za prevoz, sušenje, obdelavo in vgradnjo lesa. Ko na predmetu ni ohranjena skorja, moramo oceniti, koliko branik manjka, ker so bile odstranjene (skupaj s skorjo) zaradi obdelave, uporabe, obrabe ali poškodb (Čufar 2010).

Na splošno velja, da vsakega lesenega predmeta ne moremo datirati. Datiramo lahko le les z večjim številom branik. V študijah arheološkega lesa z Ljubljanskega barja navadno merimo les, ki ima več kot 45 branik (Čufar in Velušček 2012). Za vsako drevesno vrsto moramo imeti ustrezno referenčno kronologijo, in to za obdobje in geografsko regijo, ki nas zanimata. Za uspešno datiranje in interpretacijo rezultatov navadno potrebujemo več vzorcev lesa istega predmeta, konstrukcije ali konteksta (Čufar in Levanič 1999; Čufar 2007; 2010).

Referenčne kronologije za datiranje so ponavadi sestavljene iz kronologij dreves, zgodovinskih objektov, arheološkega lesa in subfosilnega lesa. Najdaljša kronologija širin branik na svetu je južnonemška hrastova kronologija, ki je daljša od 10.000 let. V Sloveniji sestavljajo in nenehno izboljšujejo referenčne kronologije (Čufar in Levanič 1998; 1999; Čufar 2010). Kronologija hrasta npr., ki je najpomembnejša lesna vrsta v evropski



Sl. 47: Zaporedja širin branik 5 vzorcev iz enega objekta v sinhronem položaju (a) se lahko združi v povprečje (odebeljena krivulja na sliki b), ki jo lahko absolutno datiramo z ustrezno referenčno kronologijo (b). Po predlogi: Levanič in Čufar 1999, 40, sl. 1–2.

arheologiji, je sestavljena za zadnjih 550 let (Haneca s sod. 2009). Hrastovo kronologijo nenehno izboljšujejo in podaljšujejo v preteklost (Čufar, osebna komunikacija). Sestavili so kronologije za les iz rimske dobe in iz koliščarskih naselbin, ki so datirane z radiokarbonsko metodo ali primerjavo s tujimi kronologijami (glej spodnji okvirček).

#### POMEN DENDROKRONOLOŠKIH RAZISKAV ZA ARHEOLOGIJO

Dendrokronologija se je uveljavila kot ključna metoda za datiranje arheološkega lesa. Pri tem je zelo pomemben les iz koliščarskih naselbin, ki je prepojen z vodo in razmeroma dobro ohranjen. Dolge referenčne kronologije, ki so jih najprej sestavili v Nemčiji, so omogočile datiranje lesa iz kolišč severno od Alp (Billamboz 2004). Medtem ko južno od Alp (v Sloveniji in Italiji) še nimamo referenčne kronologije, ki bi segala od danes do obdobja, ko so živila kolišča. Trenutno je po zaslugi sistematičnih dendrokronoloških raziskav lesa kolišč iz Ljubljanskega barja s kronologijami, datiranimi z radiokarbonsko

metodo, pokrito 4. tisočletje pr. n. št., natančneje od 3744 do 3302 cal BC in od 3285 do 3108 cal BC, ko je na Ljubljanskem barju živelo vsaj 8 kolišč (Čufar in Levanič 1998; Čufar s sod. 2010; Čufar s sod. 2013) ter 3. tisočletje pr. n. št., natančneje od 2659 do 2417 cal BC, ko je obstajalo vsaj 5 kolišč (Čufar in Levanič 1998; Velušček s sod. 2011; Čufar in Velušček 2012; Čufar s sod. 2013; Velušček osebna komunikacija).

## 2.7 Interpretacija arheobotaničnih rezultatov

V prejšnjih poglavjih je beseda tekla o osnovnih principih, namenih in ciljnih arheobotaničnih raziskav ter o metodologiji pridobivanja in identifikacije rastlinskih makroostankov iz arheološkega sedimenta, ki so prvi rezultat t. i. metodološkega raziskovalnega dela. Izpolnjena arheobotanična tabela (prim. priloga 3) postane pri interpretaciji rezultatov (tj. drugi del raziskovalnega dela) glavni vir podatkov, ki jih obdelujemo in iz katerih skušamo potegniti čim več. Poleg določitev rastlinskih vrst in števila ostankov (oz. koncentracij) posameznega taksona ter izvora (stratigrafski opis) arheobotaničnih ostankov so izrednega pomena tudi opisi tipa rastlinskih makroostankov (seme/plod, iglica, ostanki rahisov, plev, perikarpov idr.), ohranjenosti ostankov (C, N/C, N) in izmerjene prostorninske vrednosti sedimenta in organskih frakcij, iz katerih so bili makroostanki izločeni (glej prilogo 3).

Pri interpretativnem delu raziskave je v prvi vrsti pomembno ločevati med interpretacijo **paleookolja** in **paleoekonomije** oz. prehranskih navad.

Ker se v arheobotaniki opiramo na analize vzorcev, odvzetih iz kulturnih plasti arheoloških najdišč, smo lahko bolj zanesljivi pri interpretaciji gospodarstva naselbine, torej paleoekonomije. Zanimajo nas predvsem ekonomsko pomembne, torej prehranske rastlinske vrste, kamor sodijo tako pridelane (kultivirane ali gojene) kot tudi nabirane (divje) rastlinske vrste, ki jih je človek prinašal v naselbino za svoje potrebe (glej primere v II. delu/3 in 4).

Interpretacija paleookolja na podlagi rastlinskih makroostankov je prej redkost kot pravilo (glej primere v II. delu/5), saj je zelo odvisna od ohranjenosti (bogastva) raziskovanega sedimenta (glej I. del/2.3) in od metodologije vzorčenja na terenu (glej I. del/2.4).

Z vzorci arheoloških sedimentov, prepojenih z vodo, je v osnovi veliko več dela (glej I. del/2.4–2.6), vendar je ves trud na koncu poplačan z izjemnimi rezultati, ki so interpretativno močni. S takšnimi rezultati lahko namreč, poleg samih prehranskih navad, rekonstruiramo tudi poljedelske tehnike, socialno in kulturno vlogo hrane, razpoložljivost divjih virov hrane, izvor krme, sezonskost prehrane, in končno tudi vegetacijske razmere v neposredni bližini naselbine (več o konkretnih primerih II. del/4.2 in 5.2). Ker so rezultat raziskav z vodo prepojenih arheoloških najdišč ponavadi tudi dokaj natančne datacije z dendrokronologijo, je v takšnih primerih mogoče zaznati tudi nenadne gospodarske in okoljske spremembe, kar zelo nazorno prikazujejo naravoslovne raziskave z najdišča *Arbon Bleiche 3* (Jacomet s sod. [ur.] 2004), deloma pa tudi s slovenskih kolišč: *Stare gmajne* (Tolar s sod. 2011) ter *Strojanova voda* in *Maharski prekop* (Tolar in Andrič [v pripravi]).

Za uspešno interpretacijo rezultatov si je že pred začetkom raziskovalnega dela, vključno z izkopavalnim delom na terenu, treba zastaviti glavna raziskovalna vprašanja. Če so bila že opravljena predhodna arheološka sondiranja in morebitne predhodne raziskave sedimenta, poskusimo vsaj približno nanja tudi odgovoriti (glej primer v uokvirjenem besedilu na str. 77).

**PRIMERI RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ IN KONKRETNIH ODGOVOROV**

(po predlogi: Wilkinson in Stevens 2003, 273):

1. Kakšne so geološke razmere na najdišču (tip in debelina sedimenta, kamninska podlaga)?  
*Kamnina kredinega nastanka, na površju 0,3–0,4 m debela plast prsti rendzina.*
2. Kateri subfosilni biološki ostanki imajo možnost ohranitve na danem najdišču?  
*Kosti vretenčarjev, hišice oz. lupinice mehkužcev (kopenskih in vodnih), zogleneli rastlinski ostanki (vključno z lesnim ogljem).*
3. Kakšno je temeljno raziskovalno vprašanje na najdišču?  
*Ali je najdišče (raziskovana naselbina) tudi primarni pridelovalec rastlinske in živalske prehrane ali le sekundarni potrošnik?*
4. Kateri subfosilni biološki ostanki, ki so se v danih razmerah na terenu lahko ohranili, nam lahko odgovorijo na to vprašanje?  
*Kosti vretenčarjev, zogleneli rastlinski makroostanki (ne oglje).*
5. V katerih arheoloških kontekstih, prisotnih na terenu, lahko pričakujemo tovrstne biološke ostanke?  
*Skladiščne in odpadne jame (pred vzorčenjem ugotoviti, kako se je posamezna jama zapolnjevala).*
6. Ali je pri opisu polnjenja (akumulacije) jame opažena kakšna motnja (erozija, izkop, re- oz. deponiranje ipd.), ki bi lahko podala sum o nezanesljivem izvoru bioloških ostankov v njej?  
*Ne, vrhnje polnilo (ornica) je lahko poškodovano (premešano) zaradi oranja, zato je v takšnem primeru potrebna previdnost pri interpretaciji, medtem ko aktivnost talnih živali (npr. deževnikov) ni imelo večjega vpliva na premestitev makroostankov. Sicer ni videti, da bi se kaj bistveno nepričakovanega dogajalo pri akumulaciji ostankov.*
7. Katero okoljsko arheološko strategijo bomo privzeli na danem najdišču?  
*Material iz jam bomo posebej vzorčili za biološke raziskave, s stratigrafskim odvzemom sedimenta na površini: 1. posebej za rastlinske makroostanke (mokra sejanje/flotacija) in 2. ves preostali sediment iz jam bo suho presejan za pridobitev kosti vretenčarjev.*

**2.7.1 Interpretacija je odvisna od tipa rastlinskih makroostankov**

V grobem lahko arheobotanične ostanke razdelimo v štiri interpretativne tipe (sl. 48):

1. Zogleneli rastlinski makroostanki prehranskih rastlin,
2. nezogleneli, z vodo prepojeni rastlinski makroostanki vseh rastlin (prehranskih in naravnih oz. okoljskih),
3. oglje s kurišč/ognjišč,
4. ostanki stavbnega lesa/oglja po požaru.

Ob najdbah, ki so nam na voljo, lahko arheobotanične raziskave pomagajo bolj ali manj učinkovito pojasniti življenje in vegetacijsko sliko starodavnih družb. Poleg osnovnega

NEZOGLENEL, Z VODO PREPOJEN MATERIAL	ZOGLENELA SEMENA/ PLODOVI, PLEVE	OGLJE S KURIŠČ/OGNJIŠČ	KONSTRUKCIJSKI MATERIAL	INTERPRETACIJA
●		○		naravna vegetacija
●		●	●	raba naravnih virov
●	●			kultivacija, poljedelstvo
●	●			prehrana

Sl. 48: Interpretativna moč različnih tipov rastlinskih makroostankov.

Legenda: ● – DA; ○ – izjemoma DA.

vprašanja, ali je nekdanja prehrana temeljila na divjih rastlinskih vrstah (torej nabiralništvu) ali gojenih vrstah (poljedelstvu), so s tem povezana tudi vprašanja kdaj, kje in v kolikšni meri se je posamezna poljščina začela pojavljati (npr. Jacomet s sod. 1989; Jacomet 2007a; Tolar s sod. 2016). Ob že prej omenjenih redkih dokazih o naravni vegetaciji (sl. 48), ki je obdajala ljudi, lahko ugotavljamo tudi, kakšni so bili načini pridobivanja hrane ter kako je bila hrana uporabljena (tudi predelana) in prerezporejena med ljudi (glej primere v II. delu/4.2). Lesni ostanki (vključujoč oglje s kurišč/ognjišč) lahko, poleg informacije o bližnji drevesno-grmovni vegetaciji, podajo informacijo tudi o načrtni ali specifični izbiri in uporabi določenih lesnih vrst za določene namene (npr. Čufar s sod. 2002; 2006; Tolar s sod. 2008; Tolar in Zupančič 2009; Velušček s sod. 2009; Tolar 2013b).

Tudi redki, naključno odkriti (po presoji odvzeti) arheobotanični ostanki so lahko vir najrazličnejših dodatnih informacij o navadah in aktivnostih nekdanjih ljudstev. Tako nam lahko npr. odkrite zaloge žit ali plev razkrijejo, kakšne so bile tehnike obdelave, skladiščenja in priprave hrane (glej I. del/2.2; sl. 34 in primere raziskav v II. delu/4.2 in 7).

Pri večjih raziskanih površinah lahko sklepamo tudi o prostorski razporeditvi obdelave in skladiščenja pridelkov ter o različnih aktivnostih in morda hkrati tudi o socialnem položaju nekdanjih prebivalcev (npr. Hosch in Jacomet 2004; Maier in Harwath 2011; glej primere v II. delu/4.2).

Večje število ohranjenih kosov lesa z zadostnim številom branik nam z dendrokronologijo omogoča absolutno in na leto natančno datiranje lesa ter posredno naselbine oz. gradbenih faz, temelječih na poseku večjega števila debel (npr. Čufar s sod. 2010). Hkrati nam širine branik v lesu lahko pomagajo pri rekonstrukciji podnebnih razmer (**dendroklimatologija**; npr. Levanič 2012).

Zanimivo podpodročje arheobotanike je tudi analiza koproilitov (živalskih iztrebkov), ki nam lahko pomagajo pri rekonstrukciji načina (vrsta in sezonskost) prehranjevanja ali krmljenja domačih živali (npr. Karg 1998; Akeret s sod. 1999; Kühn in Hadorn 2004; Kühn s sod. 2013; Kühn s sod. v tisku; glej primere v II. delu/7.1).

Pri ugotavljanju začetkov in poti udomačevanja rastlinskih vrst se v arheobotaniki vse bolj uveljavljajo tudi morfološke (npr. **ampelomorfologija**) in molekularne (genetske)

raziskave na arheoloških semenih/plodovih (npr. žit, trte, lanu idr.; glej primere raziskav v II. delu/3.2 in 3.3).

Arheobotanične najdbe lahko pomagajo tudi pri ugotavljanju **avtohtonosti** posamezne rastlinske vrste ali pa trgovine oz. uvoza eksotičnih rastlinskih vrst, npr. granatnega jabolka, datljev, popra, janeža ipd. (npr. Šercelj 1991), kot tudi pri ugotavljanju začetkov sadjarstva in vrtnarstva (npr. vzgoja češenj, jablan, breskev, orehov, stročnic, začimb) zunaj sredozemskega območja (npr. severno od Alp; npr. Jacomet 2007a; Kreuz in Stika 2009). Hkrati nam ostanki eksotičnih rastlinskih vrst podajo tudi informacijo o socialnem statusu prebivalcev raziskovane naselbine. Van der Veen (2003) na primer ugotavlja, da so bile "luksuzne" rastlinske vrste predvsem hrana ljudi višjih razredov, npr. oficirjev v rimski vojski (tudi Kreuz in Stika 2009). Z njimi lahko spoznavamo tudi ritualne običaje, npr. pogrebnih obredov (ostanki hrane, pogrebščine – zadnje pojedine, svete rastline ipd.; npr. Wilkinson in Stevens 2003).

Interpretacija arheobotaničnih (kot tudi vseh drugih arheobioloških) ostankov je torej odvisna tako od ohranjenosti organskih ostankov v raziskovanem sedimentu kot tudi od raziskovalčevega vprašanja, cilja in interesa po novih odkritjih. Metode dela, ki jih bo pri tem izbral, so ključnega pomena za uspešno arheobotanično raziskavo, zato naj se arheologi držijo naslednjega pravila: pred začetkom izkopavanj naj navežejo stik z arheobiologom in se z njim dogovorijo o raziskovalnem vprašanju ter posledično izkopni metodi, ki jo bodo v danem primeru uporabili. Od tega je namreč odvisna omejenost možnosti končne arheobiološke interpretacije preteklih dogodkov.





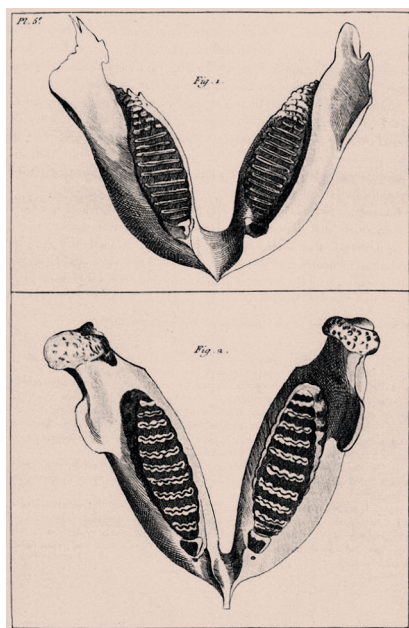
## 3 Arheozoologija

Arheozoologija je veda, ki se ukvarja z analizo živalskih ostankov z arheoloških najdišč in tako pomaga razumeti odnose med človekom in njegovim okoljem, predvsem seveda med človekom in svetom živali. V tem smislu se ključno razlikuje od bržčas prepoznavnejše paleontologije, ki je osredotočena na proučevanje razvoja živih bitij in se pri tem z analizo njihovega odnosa do anatomsko modernega človeka (in obratno) podrobno praviloma ne ukvarja. Arheozoologi postavljajo zelo širok nabor vprašanj, od tistih o prehranskih navadah ljudi v preteklosti, njihovi odvisnosti od lova, živinoreje, nabiralništva in mrhovinarstva, priljubljenosti posameznih vrst domačih živali in proizvodov njihove reje (tj. meso, mleko, vlečna sila, runo, koža itd.), razvoju novih pasem, načinih oskrbe s hrano živalskega izvora in trgovanja z njo pa vse do oblik neekonomskega izkoriščanja živali (npr. obredna žrtvovanja, "hišni ljubljenci") in njihovega pomena kot statusni simbol ali kot objekt umetniških upodobitev. Po drugi strani se veda ukvarja tudi z malo bolj zoološki tematikami, denimo analizo zoogeografskih odnosov, ali pa ugotavlja podobe nekdanjega okolja in hkrati proučuje vplive človeka na okolje z gledišča živali. Na podlagi različno poudarjene zoološke oziroma antropološke/arheološke komponente znotraj posamezne raziskave nekateri strokovnjaki razlikujejo med zooarheologijo/osteoarheologijo in arheozoologijo (Bartosiewicz 2001; Chaix in Méniel 2005, 15–17; Reitz in Wing 2008, 2–6; glej tudi II. del/8.1). Na tem mestu nas tako podrobna členitev ne zanima, zato oba omenjena pristopa k analizi živalskih ostankov z arheoloških najdišč predstavljamo pod enotno etiketo arheozoologije.

### 3.1 Zgodovina raziskav

Arheozoologija je razmeroma mlada veda, katere zgodnji razvoj je tesno povezan z razvojem miselnosti o izvoru človeka in evoluciji živih organizmov. V antiki pa vse tja do renesanse so namreč velikostno in/ali morfološko izstopajoče fosilne kosti praviloma povezovali z zmaji, velikani, kiklopi in drugimi bajeslovnimi bitji. Ko so se v drugi polovici 18. in v začetku 19. stoletja začela pojavljati prva paleontološka poročila, ki so tovrstne najdbe vendarle nekako poskušala postaviti v okvir razvoja vrst (sl. 49), so bila zato sprejeta z veliko mero dvoma. Taka usoda je denimo še leta 1857 doletela tudi odkritje kosti neandertalca v dolini Neander na Nemškem, ki so jih številni tedanji (tudi strokovni) krogi pač zmogli razumeti kvečjemu kot ostanek kakega idiotskega puščavnika ali nemara bolnega kozaškega dezertarja (Davis 1987, 20).

V drugi polovici 19. stoletja so se postopoma vendarle začele uveljavljati tudi skupine, ki so v modernem človeku in živalih znale prepoznati neposredne naslednike že izumrlih



Sl. 49: Primerjava spodnje čeljustnice mamuta (zgoraj) in indijskega slona (spodaj) v enem zgodnejših paleontoloških del iz začetka 19. stoletja. Po predlogi: Cuvier 1800.

oblik in vrst (Chaix in Méniel 2005, 18–19). Njihova razmišljanja so vzbudila nova zanimanja za paleontološke in arheološke raziskave, v okviru katerih so se od časa do časa v ospredju znašla tudi nekatera pristno arheozoološka vprašanja. Eden prvih takšnih primerov je nastop Japetusa Steenstrupa na srečanju Znanstvenega združenja v Københavnu leta 1851, kjer je ta danski strokovnjak živalske kosti z arheoloških kontekstov pionirsko pripisal h kuhinjskim odpadkom. S tem je tovrstne ostanke obravnaval zunaj okvira paleontoloških raziskav, torej kot povsem arheozoološko problematiko (Forchhammer s sod. 1851). Zgolj desetletje za tem je švicarski veterinar Ludwig Rütimeyer objavil obsežno študijo živalskih ostankov iz **prazgodovinskih** koliščarskih naselbin v okolici Züricha (Rütimeyer 1861), kar je mejnik v nastajanju vede. V navedeni publikaciji se je namreč avtor posvetil skoraj vsem danes klasičnim arheozoološkim vprašanjem, od **taksonomsko**-anatomske opredelitve najdb, ugotavljanja števila osebkov posameznih vrst in njihove starostne strukture, proučevanja morfološke raznolikosti tedanjih domačih živali, vključno s poskusom prepoznavanja posameznih pasem, pa vse do študije razvoja živalstva in njegovega pomena za človeka v različnih obdobjih.

Večina Rütimeyerjevih sodobnikov je bila v ambicioznosti svojih raziskav precej skromnejša, saj je pozornost bolj kot ne usmerjala le v taksonomsko-anatomsko opredeljevanje analiziranih najdb in njihov splošen opis. Posamezni avtorji pa so postopoma vendarle začeli odpirati tudi nekoliko kompleksnejša vprašanja, denimo vpliv podnebnih nihanj na vzorec razširjenosti posameznih živalskih vrst (npr. Wyman 1868; Mercer 1897; Eaton 1898). Še pred koncem 19. stoletja so nekateri arheozoologi/paleontologi že začeli spoznavati tudi procese, ki so prispevali k nastanku proučevanih **tafocenoz** (npr. Wyman 1875). Poskušali so odgovoriti na vprašanja o časovnem okviru analiziranih najdb in njihovem (arheološkem) kontekstu (npr. Dall 1877; Mills 1906). Prisotno je bilo zanimanje za proces udomačevanja (npr. Duerst 1908). V tridesetih letih prejšnjega stoletja so začele nastajati tudi prve paleoekološke študije (npr. Bate 1937).

Po drugi svetovni vojni je arheozoologija doživela nov razmah, ki je privedel do vznika številnih novih raziskovalnih vprašanj. Med intenzivneje proučevane problematike tistega časa sodijo strategija oskrbovanja človeških skupnosti s hrano in drugimi proizvodi reje ter trgovanje z njimi (npr. White 1953; Higham 1968; Binford 1981; Sheratt 1981; Crabtree 1990), politična organiziranost družbe in njena razslojenost (npr. Crabtree 1990; Bailey [ur.] 1998), sistemi verovanj (npr. Blanc G. A. in. Blanc A. C. 1958–59; Lauwerier 1983; Méniel 1991; Green 1992) in seveda sam proces udomačevanja in širjenja domačih živali (npr. Hopf 1969; Perkins 1973; Bökönyi 1974). Vseskozi se je veliko truda usmerjalo tudi v

razvoj metodologije (npr. Boessneck s sod. 1964; Silver 1969; Payne 1972; Grayson 1984). Večina teh vprašanj je aktualnih še danes (npr. Clutton-Brock 1999; MacKinnon 2004; Forenbaher in Miracle 2006; Méniel 2007; Vigne in Helmer 2007; Lyman 2008; deFrance 2009; Greenfield 2010; Pluskowski 2012; Zeder 2012; Lyman 2015), čeprav so zasnovana drugače in se jih naslavlja z uporabo nekaterih novih orodij kot so arheogenetika, biokemija, geometrijska morfometrija ali računalniška tomografija (npr. Zeder s sod. 2006; Drucker s sod. 2009; McGuire 2010; Bollongino s sod. 2012; Tuniz s sod. 2012; Bocherens s sod. 2014; Gorlova s sod. 2015; Campbell in Hofreiter 2015).

Zanimanje za živalske ostanke iz minulih obdobji ima sorazmerno dolgo tradicijo tudi na Slovenskem. Posamezna paleontološka poročila o najdbah fosilnih kosti so namreč znana že s konca 18. in začetka 19. stoletja (Brodar S. 1951, 249; Pohar 1991, 1; Božič 2011, 268). Po letu 1875, ko so bila na Ljubljanskem barju organizirana ena prvih uradnih arheoloških izkopavanj pri nas, so živalski ostanki (glej. npr. Deschmann 1875b; 1878) že postajali tudi predmet ambicioznejših znanstvenih raziskav (npr. Wilckens 1877; Ulmansky 1913; Rakovec 1935; 1938; 1940).

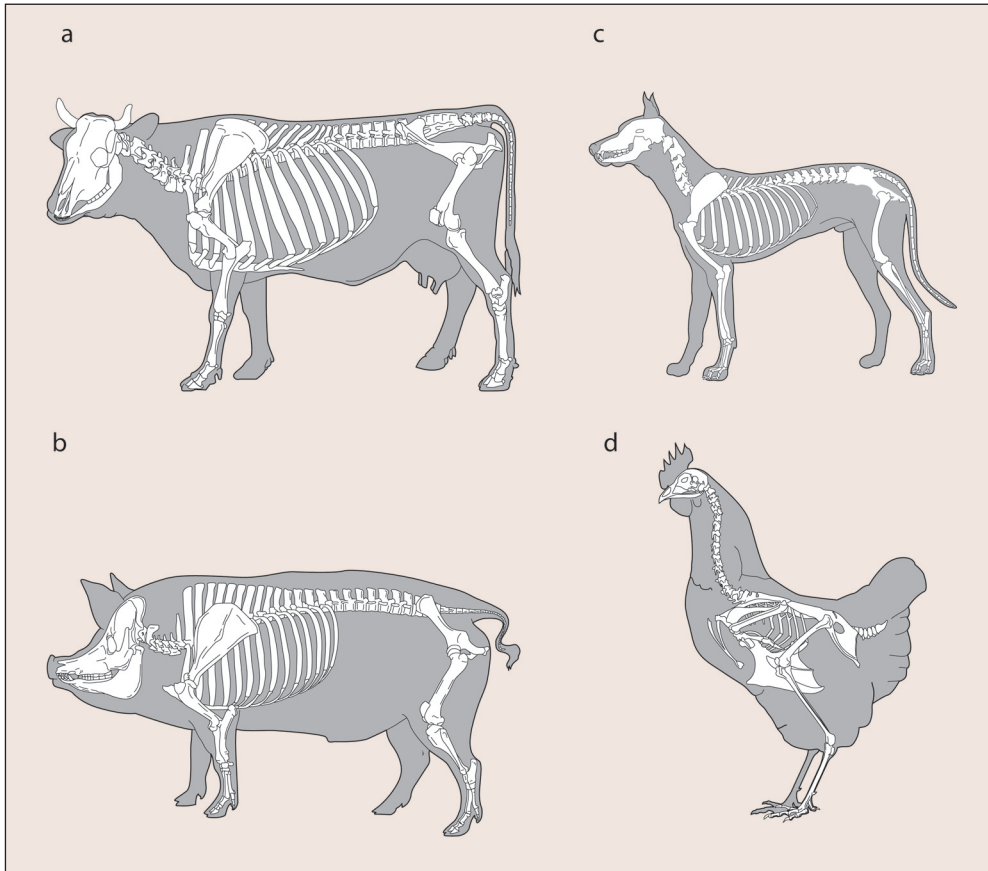
V obdobju po drugi svetovni vojni se je število sondiranj in izkopavanj bistveno povečalo, posledica česar so bile vse številčnejše študije živalskih ostankov. V ospredju so bili predvsem starejšekamenodobni (npr. Rakovec 1973; Pohar 1991 in tam navedena literatura) in srednjekamenodobni (npr. Pohar 1990 in tam navedena literatura) konteksti, izmed mlajših pa skoraj izključno tisti bakrenodobne starosti (Drobne 1973; Pohar 1983, 1988). Večina objav iz tega časa je zato izrazito paleontološko obarvana in je bolj kot študiju odnosa med človekom in živalstvom posvečena obravnavi različnih paleozooloških problematik (kot izjemo glej npr. Bökönyi 1968). Pristine arheozoološke obravnave mlajšeholocenskega gradiva so se v nekoliko večjem obsegu tako začele pojavljati šele v drugi polovici osemdesetih let, sprva večinoma izpod peresa tujih strokovnjakov (Bökönyi 1994; Bartosiewicz 1999a in tam navedena literatura). Odtlej se njihovo število pospešeno povečuje, pri čemer v ospredje vse pogosteje prihajajo tudi do nedavnega večinoma zapostavljeni ostanki malih sesalcev, ptic, rib, plazilcev in mehkužcev (glej npr. Kryštufek 1997; Govedič 2004; 2006; Paunović 2004; Mikuž 2004; Malez V. 2007; Toškan 2012 in tam navedena literatura).

Leta 1999 je bil na Inštitutu za arheologijo ZRC SAZU ustanovljen arheozoološki laboratorij, kar je pomemben organizacijski mejnik v razvoju vede pri nas. S tem so bili namreč ustvarjeni pogoji za kontinuirano ukvarjanje s kar najširšo paleto arheozooloških problematik, posledica česar je med drugim izrazito povečanje izvedenih raziskav (glej npr. Janžekovič s sod. 2005; Toškan 2009a; 2013; 2015, 68–78 in tam navedena literatura). Dodana vrednost laboratorija so lastna referenčna osteološka zbirka za sesalce in širok nabor področne literature.

### 3.2 Tipi arheozooloških ostankov

Predmet arheozooloških raziskav so potencialno vsi živalski ostanki z arheoloških najdišč oziroma njim sočasnih naravnih akumulacij, ne glede na zvrst. Daleč najštevilčnejše so praviloma kostne/zobne najdbe velikih sesalcev in ptičev (glej spodaj), nabor vseh različnih tipov arheozooloških ostankov pa je sicer veliko širši (sl. 50). Vključuje namreč še skeletne ostanke rib, plazilcev, dvoživk in malih sesalcev (pri prvih dveh tudi



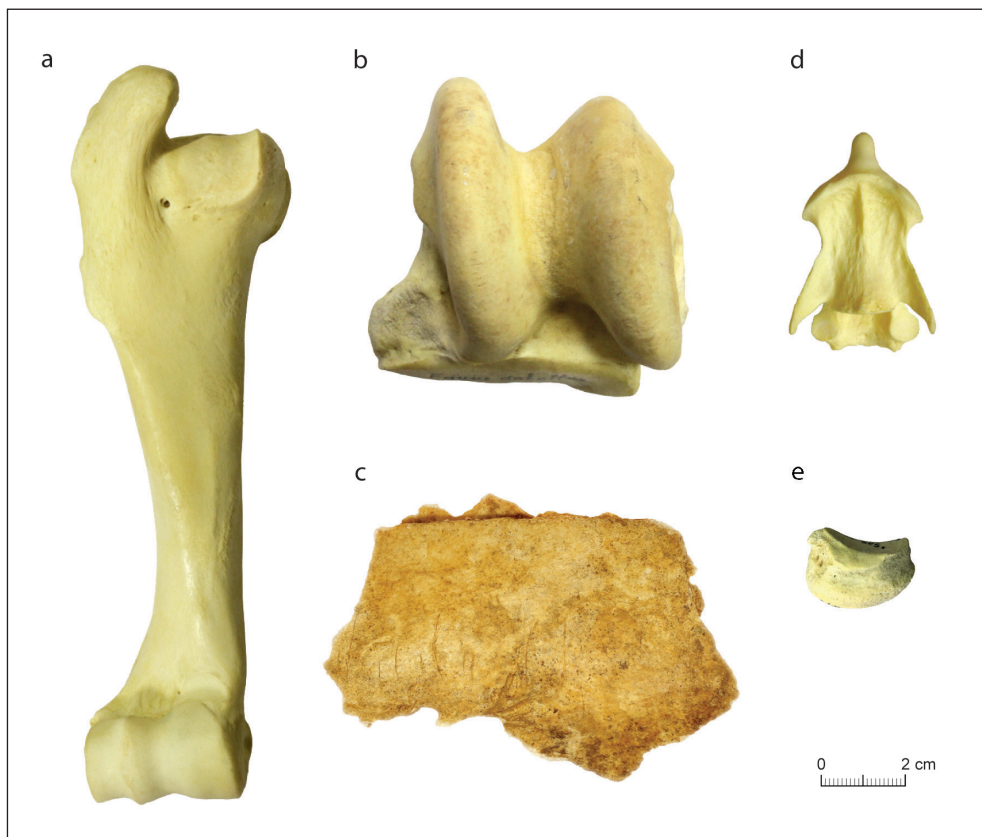


Sl. 51: Okostja domačega goveda (a), domačega prašiča (b), psa (c) in domače kokoši (d). Po predlogi: Archéozoo (<http://www.archéozoo.org/>).

luske oz. kožne plošče), lupine mehkužcev, žuželke (predvsem njihove zunanje skelete), zajedavce (npr. jajčeca glist in trakulj), **koprolite**, jajčne lupine ali pa denimo dlake in peresa ter sledi maščob, mleka in krvi. V ustreznih okoljih lahko raziskovalci naletijo tudi na mumificirana ali zmrznjena živalska trupla (npr. Guthrie 1990; Kempe s sod. 2006). Številne arheozoološke ostanke – sploh seveda tiste najmanjše – je mogoče na terenu zadovoljivo zajeti zgolj z uporabo specifičnih tehnik vzorčenja (npr. suho in mokro sejanje sedimenta, flotacija; glej I. del/3.4.1).

←

Sl. 50: Primeri različnih tipov arheozooloških ostankov: a – kosti in zobje velikih sesalcev; b – kosti in zobje malih sesalcev; c – kožna plošča plazilca (foto: I. Debeljak); d – goltni zobje krapa (foto: M. Govedič); e – koprolita psa; f – polžje hišice; g – fosilizirana dlaka jamskega medveda (foto: G. Kapun).



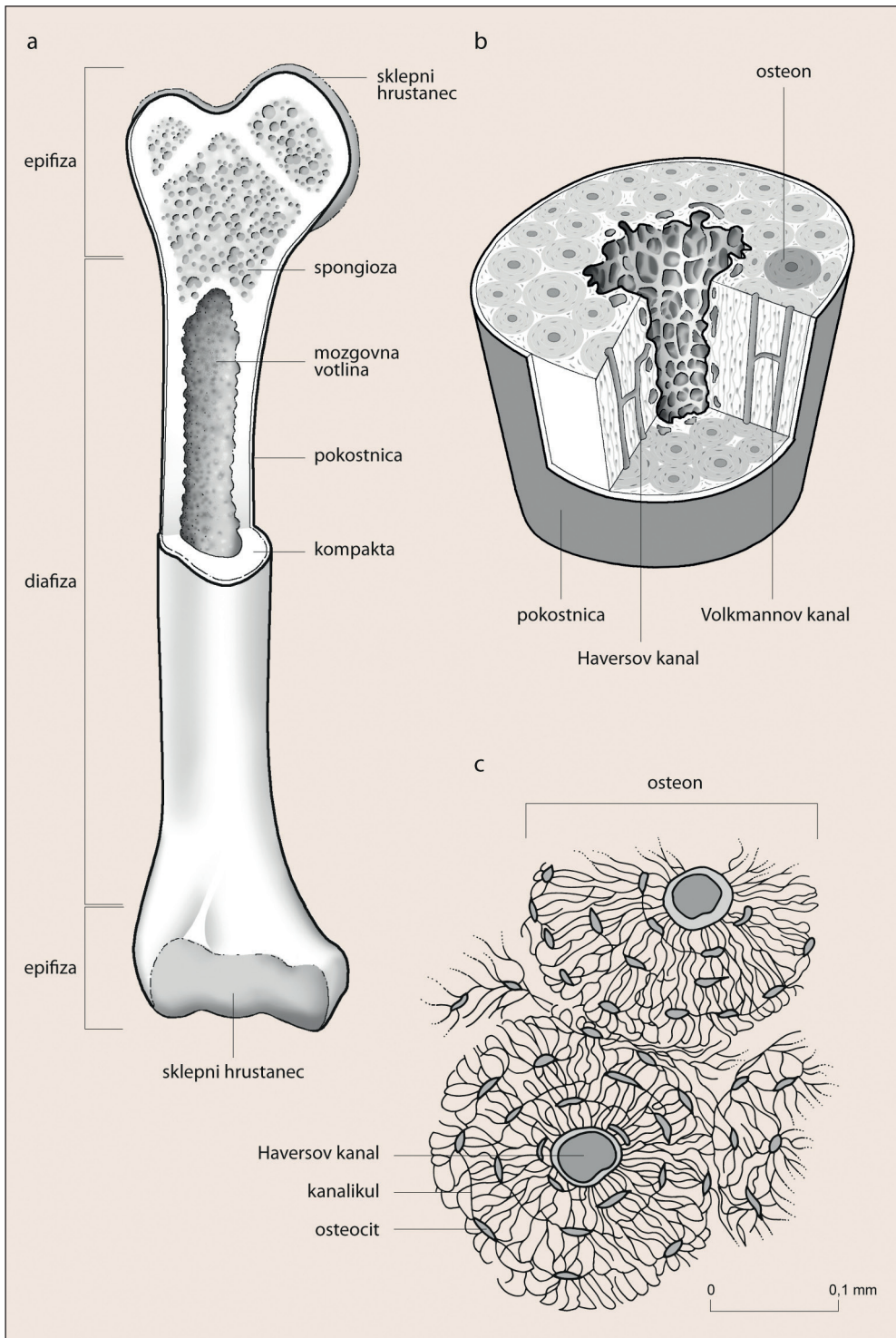
Sl. 52: Vrste kosti v okostju sesalcev: a – dolga oziroma cevasta kost (nadlahtnica ovce); b – kratka kost (skočnica konja); c – ploščata kost (odlomek čelnice domačega goveda); d – mešana kost (vretence psa); e – sezamoidna kost (konj).

### 3.2.1 Skeletni ostanki sesalcev in ptičev

Sesalci in ptiči – v manjši meri pa tudi plazilci in dvoživke – imajo v osnovi zelo podobno okostje (sl. 51), kar gre pripisati skupnemu evlucijskemu izvoru. Prav zaradi tega je taksonomsko in anatomsko opredeljevanje večinoma fragmentiranega arheozoološkega gradiva sploh mogoče, pa čeprav vsak skelet seveda kaže prilagoditve na specifičen način življenja (glej npr. sl. 55 in 66). Številne vzporednice je mogoče potegniti tudi na ravni kemične sestave in (mikro)strukture kosti ter procesa njihove rasti. Podrobna obravnava



Sl. 53: Struktura (a) in mikrostruktura (b) dolge kosti sesalcev ter mikrostruktura scelne kostnine (kompakte) takšne kosti (c). Osteoni na sliki (b) so zaradi preglednosti prikazani kot nesorazmerno veliki; za pravo oceno njihove velikosti glej merilo na sliki (c).



navedene problematike presega namen tega poglavja (za kaj takega glej npr. Davis 1987, 47–53; Lyman 1999, 72–82; O'Connor 2000, 5–18; Debeljak 2008), predstavitvi nekaterih arheozoološko najpomembnejših dejstev pa se vendarle ne kaže ogniti.

Pri sesalcih in ptičih precejšnji del skeleta sestavljajo t. i. dolge oziroma cevaste kosti (npr. nadlahtnica, podlahtnica, stegenica). V spodnjih delih okončin najdemo različno oblikovane kratke kosti (npr. zapestnice in nartnice), medtem ko čelnico, temenico, senčnico, zatilnico ali pa denimo lopatico prištevamo k ploščatim kostem. Vretenca izkazuje značilnosti tako kratkih (telo) kot ploščatih kosti (izrastki), zato jih uvrščamo med t. i. mešane kosti. Še peto skupino sestavljajo sesamoidne kosti (*ossa sesamoideum*), ki so vpete v kite mišic na mestih, kjer te premoščajo sklepe (npr. v kolenu, stopalih). S tem omogočajo dodatno mehansko zaščito, kar je tudi njihova osnovna naloga (sl. 52).

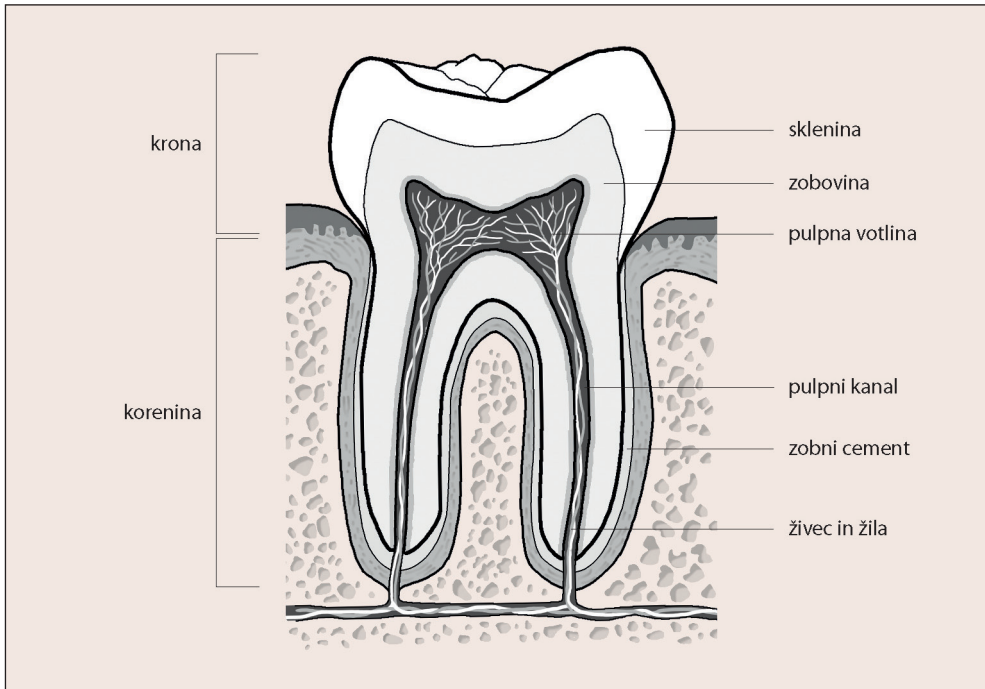
Dolge kosti so valjaste oblike. Njihovemu osrednjemu delu pravimo diafiza, vsakemu od obeh okrajkov oziroma sklepnih delov pa epifiza. Tu je kost zapolnjena z gobasto kostnino (t. i. spongiozo), ki jo prekriva tanka plast scelne kostnine (t. i. kompakte). V nasprotju s tem je dolga kost na območju diafize votla (mozgovna votlina), stena iz kompakte pa je sorazmerno debela (sl. 53a). Zgradba ploščate kosti se od opisanega razlikuje predvsem v tem, da sta obe steni iz kompakte zelo blizu skupaj in je prostora med njima malo. Praviloma je ta prostor zapolnjen s spongiozo. Kratke kosti so zgrajene iz zelo goste spongioze, ki jo obdaja tanka površinska plast kompakte.

Na mikroskopski ravni je kompakta zgrajena iz osteonov (sl. 53b, c). Gre za nize tankih plasti (t. i. lamel) kostnine z vgrajenimi beljakovinskimi **kolagenskimi vlakni**, bolj ali manj koncentrično razporejenimi okrog vzdolžno potekajočih kanalov za krvno žilo in živce (t. i. Haversovi kanali). Med posameznimi lamelami so votlinice (t. i. lakune) s kostnimi celicami oziroma osteociti (sl. 53c). Lakune so med seboj povezane s prepletom drobnih kanalčkov (t. i. kanalikuli), ki omogočajo izmenjavo hranil in proizvodov celične presnove. Posamezne osteone med seboj in z mozgovno votlino ter s pokostnico na zunanji površini kosti povezujejo t. i. Volkmannovi kanali. Razlike v mikrostrukturi kostnega tkiva so lahko tudi podlaga za taksonomsko opredeljevanje kostnih najdb (glej npr. Martiniaková s sod. 2007).

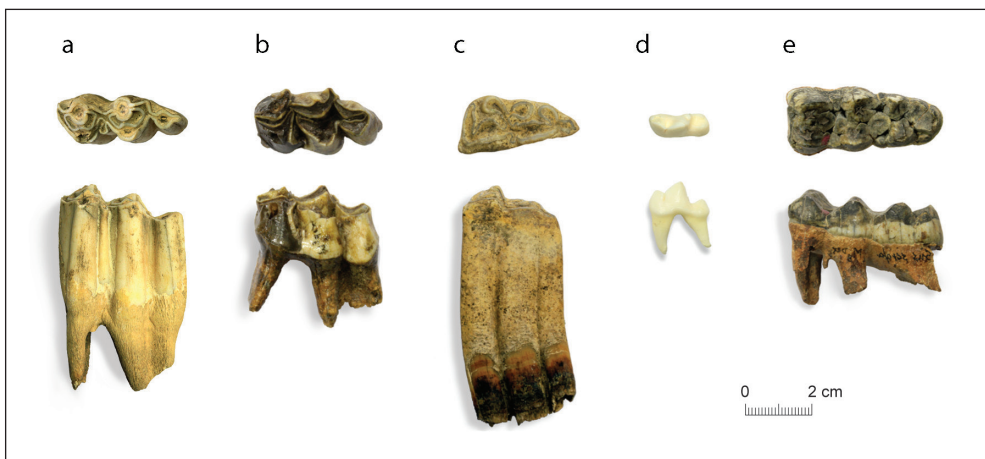
Poleg kosti so med arheozoološkimi ostanki praviloma najštevilčnejše zastopani zobje. Pri sesalcih so ti večinoma grajeni iz zobovine (dentina), ki obdaja t. i. pulpno votlino s prepletom žil in živcev (sl. 54). Na delu nad dlesnijo (tj. krona) zobovino prekriva plast sklenine, medtem ko je v zobno jamico vraščena korenina prevlečena z zobnim cementom. Sklenino skoraj v celoti sestavljajo mineralne snovi, zato je to najtrša snov v telesu. Ob nastanku in rasti zoba se najprej v sami čeljustnici oblikuje takrat še krhka krona, nato pa postopoma še korenine. Zobje mladičev so votli in tako krhkejši kot primerki odraslih živali, ki so že zapolnjeni z dentinom, zato so v tleh tudi slabše obstojni.

Pri sesalcih najdemo v vsaki čeljustnici več različnih skupin zob (t. i. **heterodontno zobovje**): sekalci, podočniki, ličniki in kočniki. Število, velikost in oblika zob so pri različnih sesalskih vrstah različni in kažejo način njihovega prehranjevanja, včasih pa tudi drugačno uporabo (npr. okli pri slonih). Za govedo ali konje, ki se prehranjujejo s sorazmerno suho in trdo rastlinsko hrano (tj. travo), so denimo značilni zobje z zelo visoko krono. Ta se ob žvečenju postopoma obrablja, a obenem tudi sproti izraščča iz čeljustnice (sl. 55a, c). Jelenjad se večinoma hrani s sočnejšimi in mehkejšimi deli rastlin, zato imajo njeni zobje nižje krone in omejeno obdobje rasti (sl. 55b). Ličniki in kočniki mesojedih zveri imajo ostre koničaste izbokline, ki olajšajo trganje mesa in drobljenje kosti (sl. 55d),

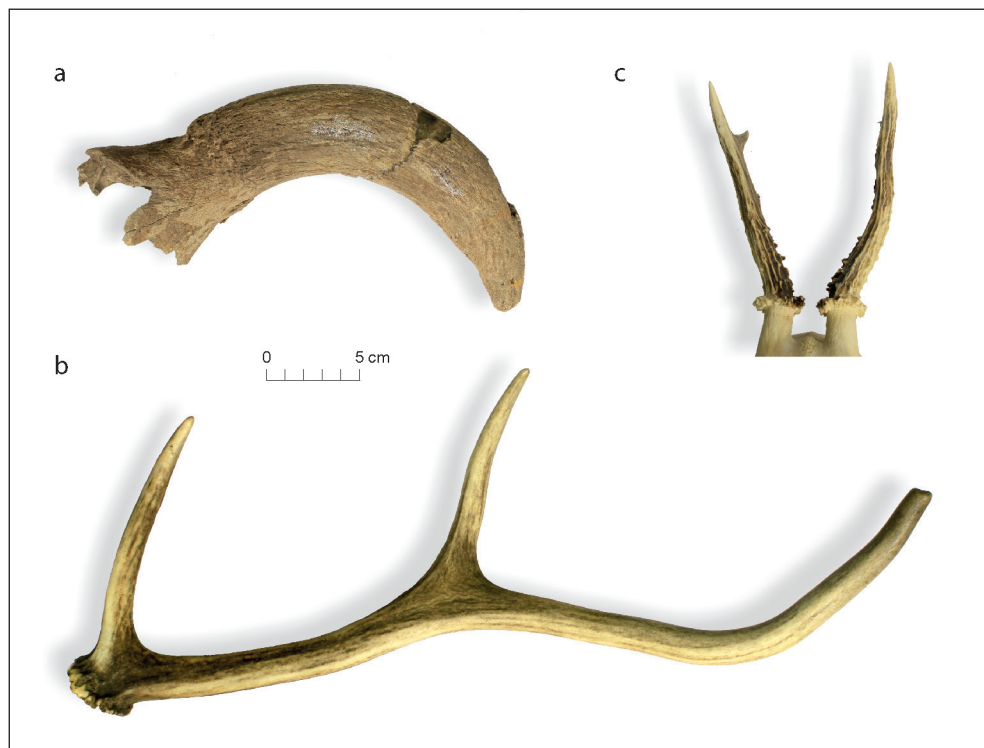




Sl. 54: Struktura zoba sesalcev.



Sl. 55: Različni tipi kočnikov pri sesalcih glede na obliko krona: a – tretji spodnji meljak domačega goveda z vzdolžnimi polmesečastimi skleninastimi grebeni in visoko krono (hipsodontni selenodontni zob); b – tretji spodnji meljak jelena z vzdolžnimi polmesečastimi skleninastimi grebeni in sorazmerno nizko krono (brahiodontni selenodontni zob); c – tretji spodnji meljak konja s kompleksnimi skleninastimi nabori (lofodontni zob); d – prvi spodnji meljak (derač) psa z ostrimi koničastimi izboklinami (sekodontni zob); e – tretji spodnji meljak prašiča s številnimi zaobljenimi grbinicami (bunodontni zob).



Sl. 56: Rožnica goveda (a), odpadlo rogovje jelena (b) in še neodpadlo rogovje srnjaka (c).

pri vsejedihi živalih (npr. medvedi, prašiči, miši) pa žvekalno površino prekrivajo številne bolj ali manj zaobljene skleninske grbinice (sl. 55e).

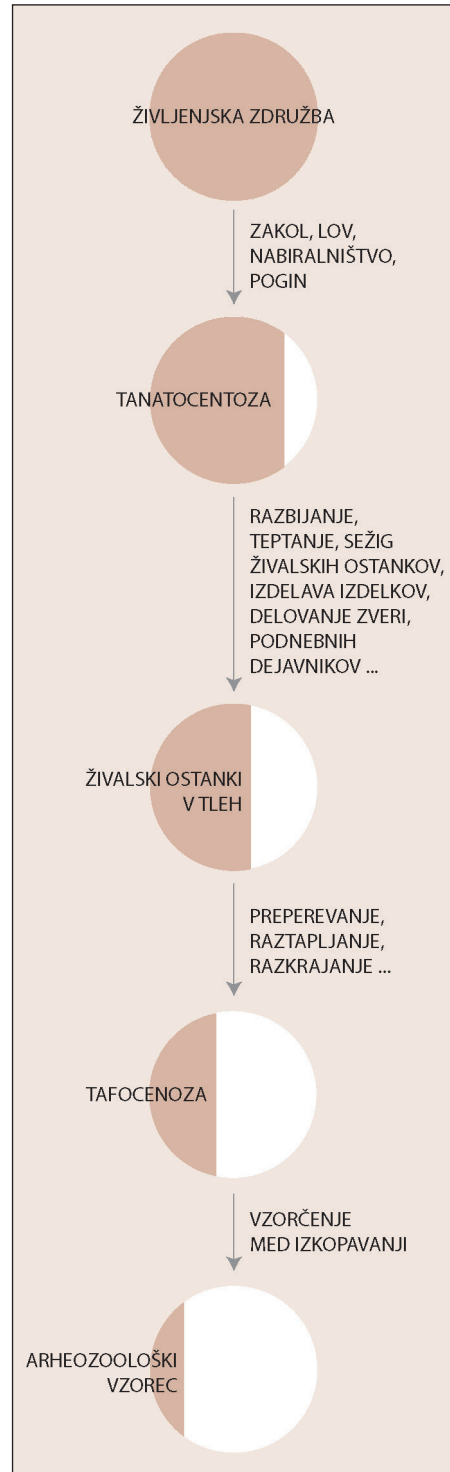
Med zanimive arheozoološke najdbe sodijo tudi ostanki rogovij in rogov. Slednji so značilni predvsem za živali iz družine votlorogov (Bovidae). Njihovo osnovo tvori koščena rožnica, ki izrašča iz lobanjske kosti čelnice, zunanji del pa je iz roževine (sl. 56a). Rogovi so lahko prisotni pri obeh spolih, marsikdaj pa jih najdemo zgolj pri samcih. Rast roga se začne kmalu po rojstvu in se praviloma nadaljuje vse življenje (izjema je denimo ameriška viloroga antilopa, ki ji roževinast del vsako leto odpade in nato znova zraste). Iz dimenzij rožnic in njihove oblike je mogoče sklepati o spolu živali (npr. Armitage 1982; Grigson 1982).

Rogovje je značilno predvsem za živali iz družine jelenov (Cervidae). V nasprotju z rogom je koščeno brez roževinaste površinske plasti, ga pa med rastjo prerašča močno prekrvavljena žametasta koža. Z izjemo severnega jelena najdemo rogovja le pri samcih. Velikost je lahko zelo različna in je odvisna od vrste, znotraj te pa predvsem od starosti osebka. Rogovje vsako leto odpade in nato znova zraste (sl. 56b, c). Posledično njegove prisotnosti na arheološkem najdišču ni mogoče razumeti kot zanesljiv dokaz lova, saj so ljudje to dragoceno surovino za izdelavo orodij, orožja in okraskov pridobili tudi s pobiranjem že odpadlih primerkov.

### 3.3 Tafonomija

Kosti, zobje in drugi ostanki, ki postanejo predmet arheozooloških raziskav, so zgolj pristranski vzorec izvornih živalskih populacij (sl. 57). Kako in v kakšnem obsegu se bo ta pristranskost pokazala, je odvisno od cele kopice dejavnikov. Številni se neposredno navezujejo na človeka – tako skozi sociološko-kulturna verovanja in prakse nekdanjih skupnosti (npr. lovske preference, živinorejska politika, načini predelave živalskih trupov in ravnanja s pri tem nastalimi odpadki), kot preko načina dela arheologov in arheozoologov, ki te ostanke na koncu zberejo in analizirajo (npr. strategija vzorčenja, izbira analitičnih metod, usposobljenost raziskovalcev). Spet drugi so od človeka neodvisni in na ostanke poginulih živali po večini delujejo šele takrat, ko so bili ti že zavrženi kot neuporaben odpadek (npr. vpliv mikroklima in pH sedimenta, delovanje erozije, obgrizujejo jih npr. zveri in druge živali). Dejavniki, povezani z vzorčenjem arheozooloških ostankov in njihovo analizo, so obravnavani v nadaljevanju (I. del/3.4). Kratak oris preostalih, ki sodijo v okvir **tafonomije**, pa podajamo tukaj (za podrobnejšo predstavitev glej npr. Lyman 1999; Chaix in Méniel 2005, 133–156; Reitz in Wing 2008, 117–152; Debeljak 2008). Pri tem bo beseda tekla predvsem o kosteh in zobeh, saj so ti v okviru arheozooloških vzorcev praviloma daleč najštevilčnejši. Za razprave o tafonomiji nekaterih drugih živalskih ostankov glej npr. Lyman (1999, 434–451) ali Chaix in Méniel (2005, 23–43) in tam navedeno literaturo.

Tafonomske študije je v paleontologijo – s tem pa posredno tudi v arheozoologijo – v štiridesetih letih prejšnjega stoletja vpeljal ruski strokovnjak Ivan Efremov (1940). So ključnega pomena za pravilno razumevanje že



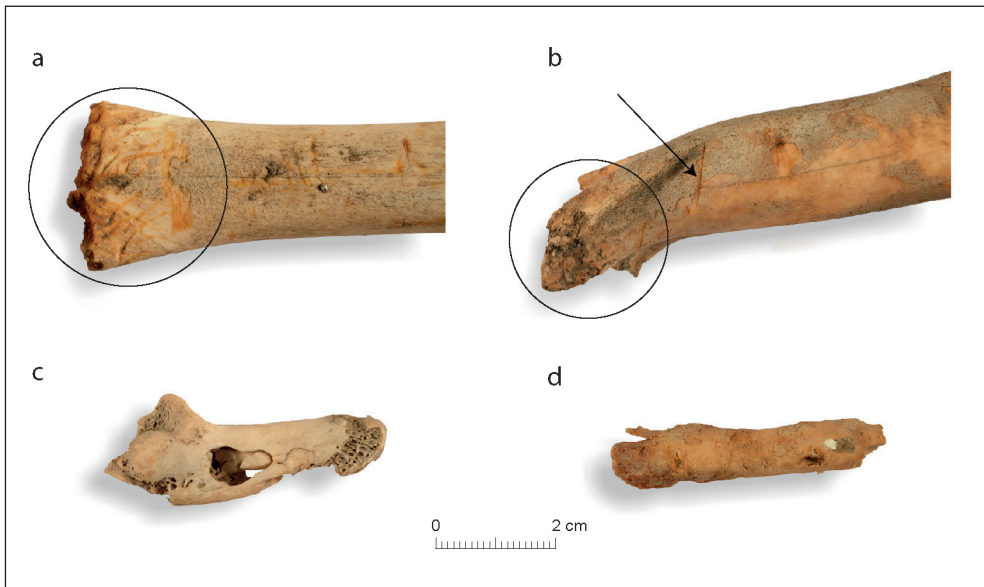
Sl. 57: Shematski prikaz nastajanja arheozoološkega vzorca.

najosnovnejših problematik, denimo razlikovanja med naravnim in antropogenim izvorom neke živalske najdbe oziroma njihovih skupkov (npr. Dimínguez-Rodrigo 1999; Turk s sod. 2001; Toškan 2012, 12–15), služijo lahko kot pomoč pri razumevanju stratigrafske situacije na najdišču (npr. Toškan in Dirjec 2006a; Madgwick in Mulville 2015), najpogosteje pa so sicer tafonomske študije usmerjene v ocenjevanje obsega t. i. tafonomskih izgub. Gre za ugotavljanje količine in vrste živalskih ostankov, ki niso bili kos delovanju različnih uničujočih dejavnikov (npr. razbijanje, obgrizovanje kosti, sežig, trohnenje, razpadanje v tleh), zato v arheozoološkem vzorcu pač niso prisotni. Z vidika proučevanja življenja prednamcev je namreč še kako pomembno vedeti, ali je denimo pičla zastopanost določene živalske vrste na nekem najdišču odsev človekove volje (npr. nezainteresiranosti za lov nanjo oz. njeno rejo) ali pa je zgolj posledica intenzivnejšega razbijanja njenih kosti in zob. Manjši odlomki namreč slabše kljubujejo delovanju tafonomskih dejavnikov, poleg tega pa jih je tudi težje taksonomsko opredeliti.

Fragmentiranost ostankov je nasploh ena očitnejših posledic delovanja tafonomskih dejavnikov. Do poškodb kosti je lahko prišlo že ob sami usmrtitvi živali (Chaix in Méniel 2005, 136–139; Reitz in Wing 2008, 125–126), zagotovo pa se je to dogajalo med razkosavanjem trupa. Pri tem je bila intenzivnost razbijanja odvisna od uporabljenih mesarskih tehnik (Riedel 1994, 60–61; Barth 2001; Reitz in Wing 2008, 269–270). Temu je lahko sledilo še drobljenje kosti zaradi pridobivanja hranljivega kostnega mozga iz mozgovnih votlin dolgih kosti in iz votlinic v gobasti kostnini epifiz (prim. Binford 1981, 148–162; Rowley-Conwy 1996, 76–78) ter razbijanje lobanj za dostop do možganov (npr. Bartosiewicz 1999a, 314). Na intenzivnost tovrstnega početja je vplivalo več dejavnikov, med njimi denimo velikost kosti (Bartosiewicz 1991) in stopnja prehranske preskrbljenosti preučevanih človeških skupnosti (npr. Outram 2004; Toškan 2011a, 277–279).

Zaradi uporabe različnih orodij so pri zgoraj omenjenih procesih na posameznih kosteh nastajale udarne točke, urezi in zasekanine. Mesto in pogostost njihovega pojavljanja sta odvisna od vrste posega (npr. odiranje, razkosavanje, odstranjevanje kosti; Binford 1981, 96–141; Outram 2001), dosežene tehnološke ravni posamezne skupnosti (npr. uporaba kamnitih, kovinskih orodij; Boschini in Crezzini 2012), okoliščin posega (npr. kuhanje za domače potrebe nasproti pripravi obrokov za večje število ljudi; Riedel 1993, 226–229; Toškan in Dirjec 2011a, 364–365) in ne nazadnje tudi izkušenj vsakokratnega akterja tovrstnih dejanj (npr. Luff in Moreno García 1995, 110). Njihovo natančno analiziranje je zato zelo pomemben del arheozooloških raziskav s potencialno veliko povedno vrednostjo.

Po zaužitju/odstranitvi mesa in maščob je človek kosti, zobe in druge živalske ostanke lahko uporabil za kurjavo (npr. Yravedra in Uzquiano 2013 in tam navedena literatura), kot surovino za izdelavo orodij, orožja in okraskov (npr. Choyke in Bartosiewicz [ur.] 2001; Toškan 2010a), lahko je izkoriščal njihovo simbolno vrednost (npr. Armitage 1989, 149–150; Relke 2007; Turk in Dirjec 2007, 321–322), jih uporabil kot okras (npr. Divers s sod. 2002, 71), daleč najpogosteje pa jih je preprosto odvrigel kot odpadke. Odnos, ki ga je človek imel do tovrstnih odpadkov, je pomembno vplival na nadaljevanje tafonomskega procesa. Če so bili namreč ti zgolj odvrženi na tla, so bili v celoti izpostavljeni delovanju podnebnih dejavnikov in torej preperevanju, ki je bilo še posebej intenzivno v okoljih z velikimi nihanji temperature in vlage (npr. Behrensmeier 1978; Conard s sod. 2008). Kadar človek svojih klavnih in kuhinjskih odpadkov ni odlagal v jame in jih tudi redno zasipaval, so bili ti seveda lažje dostopni tudi živalim, od psov in drugih zveri do prašičev, srnjadi/jelenjadi in glodavcev (npr. Haynes 1983; Greenfield 1988; Klippel in Synstelién

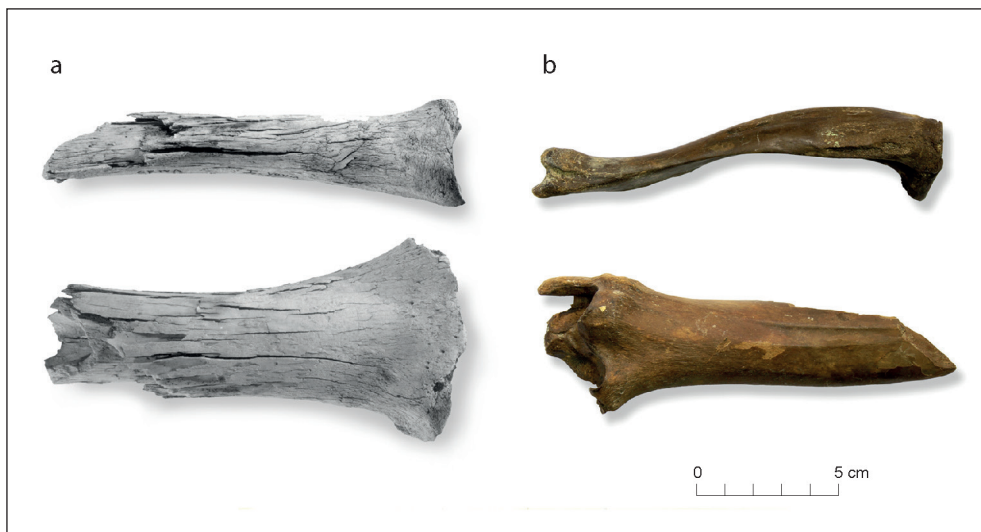


Sl. 58: Obrizane kosti (a, b) in kosti s sledni delovanja prebavnih sokov (c, d). Na enem izmed primerkov (b) je prisoten tudi urez (puščica).

2007). Na takšnih kosteh so zato pogosteje prisotni odtisi zob in/ali korodiranost zaradi delovanja prebavnih sokov med prehajanjem skozi prebavni trakt (sl. 58). Oboje je lahko bilo za manj obstojne skeletne elemente, denimo ostanke mladičev, tudi usodno (npr. Payne in Munson 1985).

Živali so na kopičenje kostnih ostankov na določenem območju vplivale tudi tako, da so raznašale kosti po prostoru (npr. Kent 1981; Lyman 1999, 161–168), kar seveda v še veliko večji meri velja za ljudi (npr. Lyman 1999, 258–280 in tam navedena literatura). Takšno početje je pomembno prispevalo k neenakomerni zastopanosti skeletnih elementov iz posameznih delov trupa na različnih delih posamezne naselbine, pa tudi širše. Ko govorimo o tovrstnem delovanju človeka, je mogoče iz vzorca razporeditve ostankov v prostoru med drugim sklepati tudi o strukturiranosti poselitvene mreže neke skupnosti (npr. Toškan 2010b, 332 in tam navedena literatura), umeščeni središč aktivnosti znotraj posameznih naselbin (npr. Riedel 1979; Becker 1998; Toškan in Dirjec 2011a, 325–333) ali pa, denimo, o razslojenosti družbe (npr. MacKinnon 2004, 218–226; Ervynck 2004; Marti-Grädel s sod. 2004; Dirjec s sod. 2012).

Po prekritju živalskih ostankov s sedimentom tafonomski proces poteka ob delovanju različnih abiotskih dejavnikov (pri biotskih je treba omeniti predvsem mikroorganizme, katerih delovanje tako ali tako pogojujejo abiotski dejavniki). Med pomembnejšimi so zračnost, vlažnost, temperatura in pH okolja. V splošnem velja, da se kostna substanca bolje ohranja v anoksičnih, temperaturno in vlažnostno stabilnih in rahlo bazičnih razmerah, čeprav številnih s tem povezanih procesov še ne razumemo v celoti (O'Connor 2000, 23–25). Kislo okolje namreč pospeši raztapljanje anorganskega dela kosti, zračni žepi



Sl. 59: Pomemben vpliv na stopnjo ohranjenosti kostne substance ima sedimentno okolje: a – primer luščenja na recentni kosti iz Krnskega pogorja, ki je bila 80 let izpostavljena močnim atmosferskim vplivom (starost: začetek 20 stoletja n. št.); b – odlično ohranjeni ostanki iz anoksičnega, z vodo prepojenega, rahlo kislega do rahlo bazičnega (Stritar in Lobnik 1985, 68) sedimentnega okolja s stabilnim temperaturnim režimom na območju kolišča Založnica pri Kamniku pod Krimom, Ljubljansko barje (starost: sredina 3. tisočletja pr. n. št.).

pa ob pospešenem delovanju aerobnih mikroorganizmov ključno prispevajo k propadu organske komponente. Temperaturna in vlažnostna nihanja sprožijo krčenje in širjenje ostankov in tako sčasoma povzročijo razpokanost (sl. 59). K dodatnemu drobljenju lahko prispeva tudi teptanje, kar seveda v še toliko večji meri velja za čas pred prekritjem ostanka s sedimentom (npr. Bartosiewicz 1991).

Med arheozoološkim gradivom včasih naletimo tudi na ostanke, ki so bili izpostavljeni ognju ali tekoči vodi. Slednje lahko prepoznamo po obrušeni površini. Pri takšnih kosteh moramo biti še posebej pozorni na možnost, da njihova starost ni enaka starosti plasti, v kateri so bile najdene, saj so bile lahko naplavljene z neke druge lokacije in torej izvirajo iz drugačnega kulturno-časovnega konteksta (glej npr. Toškan in Dirjec 2006a). Pri ožganih kosteh je pozornost treba nameniti njihovi obarvanosti, saj se ta spreminja glede na dolžino izpostavljenosti ognju in njegovo moč (Lyman 1999, 384–392; sl. 60). Treba se je tudi zavedati, da se ožgana kost lahko močno skrči in deformira in da je zaradi večje krhkosti v sedimentu slabše obstojna.

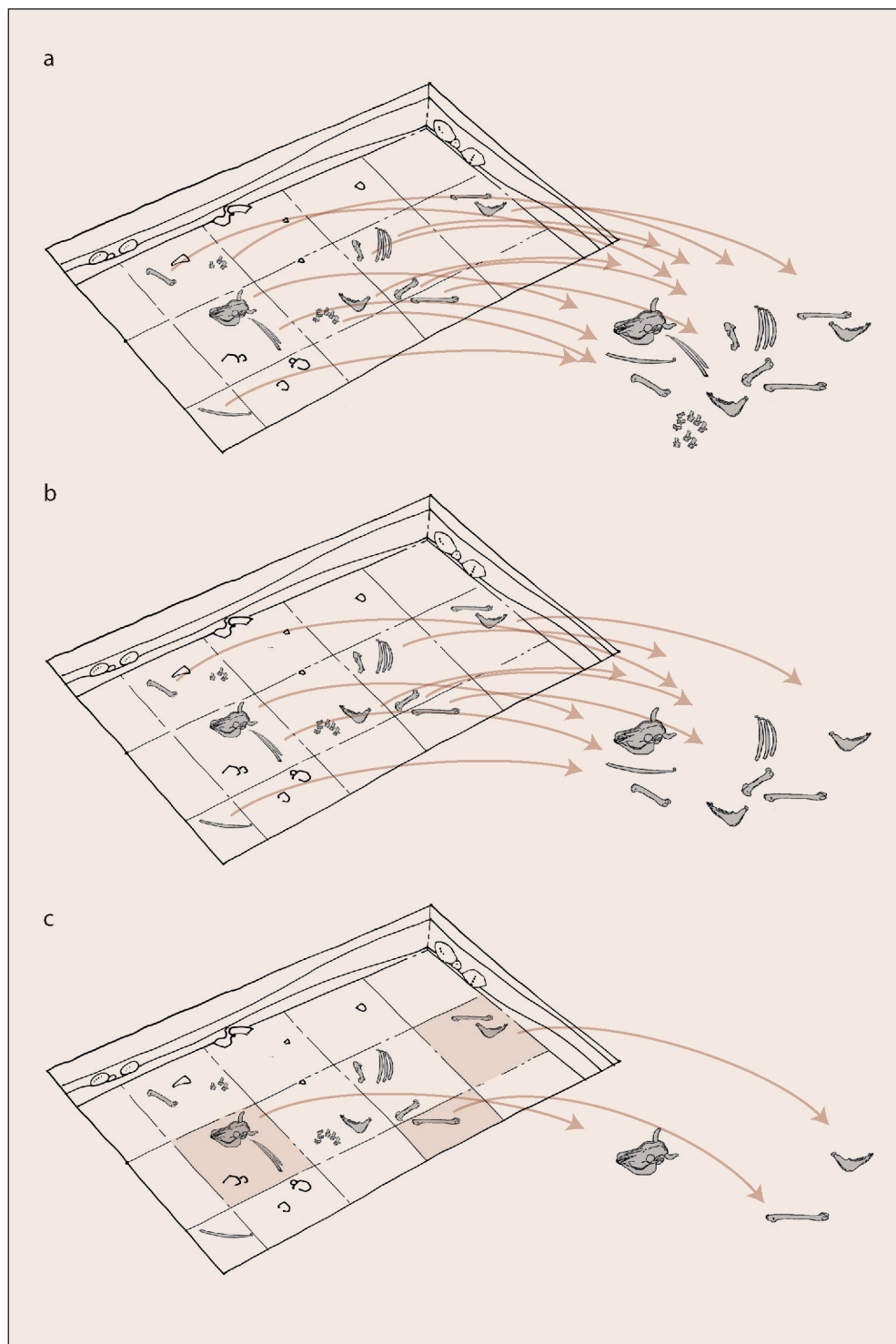
### 3.4 Vzorcenje in shranjevanje vzorcev

V prejšnjem poglavju je beseda tekla o tafonomskih izgubah zaradi dejavnikov, na katere arheo(zoo)log nima nikakršnega vpliva. V nadaljevanju se posvečamo tistim, kjer



Sl. 60: Iz barve ožganih kosti je mogoče sklepati o temperaturi, ki so ji bile te izpostavljene: a – temnorjava do črna obarvanost kaže temperature ognja med 400 in 500 °C; b – sivobela do bela obarvanost kaže temperature ognja med 700 in 900 °C (Lyman 1999, 386).

takšen vpliv obstaja. Gre za izgube, ki se zgodijo med izkopavanjem in vzorčenjem najdb in ki se jih da ravno zaradi tega do neke mere nadzirati. Ker je za uspešno izvajanje takšnega nadzora potrebno strokovno znanje, bi v idealnem primeru do aktivne vključitve arheozoologa v raziskavo moralo priti že med njenim načrtovanjem in ne šele ob koncu terenskega dela. Odločitve v zvezi z načinom pobiranja najdb in njihovega vzorčenja namreč neposredno vplivajo na vrsto, kakovost in količino zbranih živalskih ostankov. Posredno tako pomembno sooblikujejo tudi nabor raziskovalnih vprašanj, ki jih je z analizo razpoložljivega gradiva sploh mogoče verodostojno nasloviti. Nezainteresiranost za pobiranje drobnih najdb tako denimo pogosto privede do nereprezentativne zastopanosti mlečnih zob posameznih živalskih vrst v zbranem arheozoološkem gradivu in s tem onemogoči verodostojno oceno starostne strukture kot pomembnega pokazatelja živinorejske politike





posamezne človeške skupnosti. Podobno je z zanemarjanjem vzorčenja ostankov malih sesalcev, ki utegne močno in nepopravljivo omejiti domet paleoekoloških analiz. Skratka, treba se je zavedati, da lahko neupoštevanje arheozooloških smernic pri oblikovanju strategije izkopavanja pripelje do napak, ki se jih pozneje v laboratoriju ne da več odpraviti (glej II. del/1.4). Seveda pa si ne kaže zatiskati oči pred dejstvom, da v praksi tako tesno in usklajeno sodelovanje med terenskimi arheologi in arheozoologi marsikdaj preprosto ni mogoče, kar še posebej velja za interventna zaščitna izkopavanja ogroženih najdišč.

Povsem drugače je pri sistematskih raziskovalnih izkopavanjih (Barker 1998, 71–73). V takšnih primerih bi arheozoolog k sodelovanju pri terenskem projektu dejansko lahko bil povabljen že pri določanju lokacij posameznih sond, a dejstvo je, da se to zgodi le izjemoma (glej npr. Zeder 1991, 76–79). Je pa vsekakor ključno, da je njegova prisotnost zagotovljena vsaj pri načrtovanju strategije vzorčenja ostankov. V grobem se tu ponujajo tri možnosti (prim. O'Connor 2000, 29–30; sl. 61):

- (a) pobrati vse najdbe s celotne raziskane površine (tj. vse s celotne površine),
- (b) zajeti del najdb s celotne raziskane površine (tj. del s celotne površine) in
- (c) pobrati del najdb z dela raziskane površine (tj. del z dela površine).

Že takoj na začetku je treba poudariti, da je prva možnost v praksi pravzaprav neizvedljiva. Njeno uresničevanje bi namreč zahtevalo opredelitev velikostne meje, s katero bi nek dovolj majhen kostni drobec dogovorno že lahko obravnavali kot rudninsko primes in torej zunaj interesnega kroga arheozoologije. A s tem bi dejansko že izvedli določen izbor, kar bi pravzaprav pomenilo prehod k izvajanju t. i. strategije “del s celotne površine”. Tretja možnost (tj. “del z dela površine”) je sicer izvedljiva, a zgolj izjemoma tudi priporočljiva. Porazdelitev živalskih ostankov v prostoru namreč niti v količinskem niti v kakovostnem smislu ni enakomerna. Če se torej vodja terenskega raziskovanja odloči, da na določenem delu izkopnega polja arheozooloških najdb preprosto ne bo pobiral, s tem bržčas zagreši nepopravljivo izgubo potencialno pomembnih podatkov. Takšno početje pa je seveda s strokovnega vidika praviloma nedopustno. Med sprejemljive izjeme sodijo denimo terenska raziskovanja, ki delno potekajo na območjih z že predhodno uničeno stratigrafsko situacijo (npr. Mlinar in Gerbec 2011, 27–32). V takšnih primerih je namreč trud (in finančna sredstva) smiselneje usmeriti v toliko natančnejše vzorčenje ostankov iz še neokrnjenih plasti.

Iz zgoraj napisanega torej izhaja, da je navadno najbolj premišljen pristop k pobiranju kosti, zob in drugih arheozooloških najdb usmerjen k zajemanju sicer le dela v sedimentu prisotnih ostankov, a s celotne površine izkopnega polja (tj. strategija “del s celotne površine”). Sam izborni kriterij, ki je nekoč temeljil predvsem na atraktivnosti posameznih ostankov (npr. Bartosiewicz 2002, 78–79), se je v zadnjih desetletjih praviloma preusmeril na njihovo velikost. Kam v konkretnem primeru postaviti velikostno mejo, pod katero arheozoološke najdbe že lahko obravnavamo kot nerelevantne, je odvisno od zastavljenega raziskovalnega cilja (Peres 2010, 21–22). Če je ta, denimo, omejen zgolj na študijo artefaktov za kulturološko-kronološko opredelitev najdišča, lahko nekajmilimetrske ostanke praviloma

←

Sl. 61: Diagramski prikaz treh osnovnih strategij vzorčenja arheozooloških ostankov: a – vse s celotne površine; b – del s celotne površine; c – del z dela površine (izbrani kvadranti za vzorčenje so obarvani).



Sl. 62: Ostanke želv (na sliki), ptičev in mehkužcev v nekaterih kontekstih znotraj poznosrednjeveškega do zgodnjenovoveškega najdišča šentvid pri Stični (Župnijski dom) pričajo o prisotnosti duhovščine. Meso omenjenih živali je namreč v tedanjem času veljalo za značilno postno hrano.

brez hujših posledic za povednost rezultatov tudi zanemarimo. Pri proučevanju ekonomije neke skupnosti, živalstva, s katerim se je ta skupnost srečevala, ali pa značilnosti nekdanjega okolja pa so ključnega pomena tudi do nekaj milimetrov velike najdbe rib, dvoživk, plazilcev (sl. 62) in malih sesalcev (npr. Kunst in Galik 2000, 252–253; Marti-Grädel s sod. 2004; Toškan in Kryštufek 2006; 2007; Kysely 2008).

Seveda je kakovostno zajemanje tako drobnih najdb mogoče zgolj s specifičnimi izkopskimi tehnikami, kot so suho in mokro sejanje sedimenta, polflotacija ali flotacija (npr. Payne 1972; Cooke in Ranere 1999; Toškan in Dirjec 2004a, 158–161; Peres 2010, 22–23 in tam navedena literatura; Campbell s sod. 2011, 8–12; Baker in Worley 2014, 11–13). Ker pa so to dolgotrajni in – v nasprotju s prepričanjem številnih – tudi strokovno zahtevni postopki, jih na površini celotnega izkopskega polja marsikdaj ni mogoče izvajati objektivno in enako intenzivno (primerjaj npr. Velušček 2006, 23 in Šinkovec 2012, sl. 2). V takšnih primerih je zato treba še pred samim začetkom terenskih del izdelati ustrezen načrt horizontalnega in vertikalnega odvzemanja vzorcev sedimenta in se ga med izkopavanji tudi vestno držati. Načeloma se lahko ujema s podobnim načrtom odvzemanja arheobotaničnih najdb

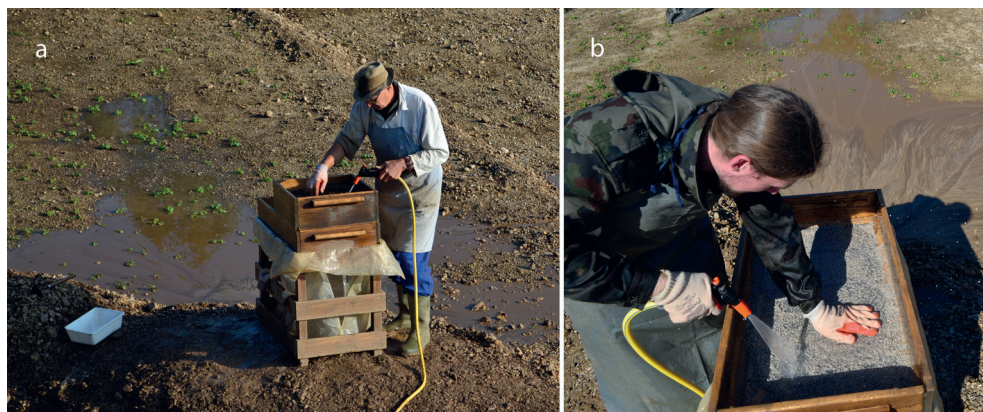
(glej I. del/2.4), le da mora biti prostornina odvzetih vzorcev sedimenta prilagojena gostoti arheozooloških ostankov (tj. navadno med 20 in 50 kg sedimenta na vzorec).

V splošnem lahko lokacijo odvzema vzorca na terenu določimo bodisi vnaprej (sistematično) ali sproti (po presoji). V prvem primeru je treba določiti mrežo točk, po možnosti enakomerno porazdeljenih po celotni površini izkopnega polja, kjer bodo z vsako nadaljnjo poglobitvijo odvzeti tudi vzorci sedimenta za arheozoološke raziskave. Pri izbranih odvzemnih mestih je treba vztrajati neodvisno od pogostnosti in vrste na teh lokacijah odkritih arheoloških ostalin, tj. tudi če je teh sorazmerno malo in niso pretirano povedne. Zgolj s tem bo namreč mogoče pridobiti vpogled v horizontalni vzorec porazdelitve živalskih ostankov po celotni površini izkopnega polja, saj ta ni nujno skladen s porazdelitvijo arheoloških najdb (primerjaj npr. Toškan in Kryštufek 2007, 202 ter Turk 2014, 32). Pri določanju števila odvzemnih mest na površinsko enoto in prostornine posameznih vzorcev se lahko opremo na rezultate analize testnih vzorcev, če so bili ti odvzeti. V vsakem primeru pa je pri tem nujno upoštevati vrsto sedimenta, v katerega posegamo. Kot je bilo to podrobneje predstavljeno zgoraj (glej I. del/3.3), je namreč iz tovrstnih podatkov mogoče sklepati o obsegu tafonomskih izgub, vsaj tistih poodložitenih (podepozicijskih). Tako je z vodo prepojeno, anoksično okolje v tleh Ljubljanskega barja za vzorčenje drobnih živalskih najdb načeloma veliko perspektivnejše kot, denimo, izrazito kisle podlage Prekmurja. Pri slednjih namreč lahko pričakujemo, da je večina takšnih ostankov zaradi neugodnega okolja že propadla, kar seveda postavlja smiselnost zelo intenzivnega vzorčenja na takšnih terenih pod vprašaj (glej npr. Toškan 2010c, 123–124).

S sistematičnim odvzemanjem vzorcev poskušamo izločiti subjektivnost izkopavalca, ki lahko vodi do pomembne izgube informacij (O'Connor 2000, 30). Če namreč med raziskovanjem nekega dela najdišča tam ne bi naleteli na skupke večjih in torej že s prostim očesom prepoznavnih živalskih ostankov ali pa denimo kakršne koli izstopajoče arheološke strukture, bi lahko zaradi posledično zmanjšane pozornosti (povsem) spregledali morebitne tam prisotne akumulacije drobnejših arheozooloških najdb. Po drugi strani pa zaradi same narave sistematičnega vzorčenja, ki sledi osnovnemu načrtu in se ne prilagaja stanju na terenu, tudi vztrajanje zgolj pri takšnem pristopu ni priporočljivo. Zagato je mogoče rešiti z dodatnim vzorčenjem, kjer mesto odvzema določimo sproti po presoji na podlagi situacije na terenu. Primerna mesta za takšno dodatno vzorčenje so povsod tam, kjer bodisi naletimo na skupke živalskih ostankov bodisi to narekujejo odkrite arheološke strukture (npr. različne stavbe oziroma njihovi deli, dvorišča, odpadne jame, odvodni kanali, obcestni jarki, jamska zatočišča, grobovi idr.). Pri tem je zelo pomembno, da vsak odvzet vzorec opremimo z ustreznimi referenčnimi podatki (oznaka vzorca, ime najdišča, podatki o odvzemnem mestu, prostornina odvzetega vzorca ipd.).

### 3.4.1 Mokro sejanje

Vzorčenje živalskih najdb v slovenski arheologiji žal še vedno velikokrat (prevečkrat!) temelji le na pobiranju zgolj tistih najdb, ki jih izkopavalcu med terenskim delom pač uspe opaziti s prostim očesom. Takšna strategija je problematična, saj vodi do potencialno zelo popačenega razmerja med večjimi in manjšimi ostanki. Drugače povedano: z ročnim pobiranjem najdb bomo resda zajeli večji del v sedimentu zastopanih govejih ali konjskih kosti, zato pa bomo ostanke manjših sesalcev, plazilcev, dvoživk ali denimo rib v veliki meri



Sl. 63: Spiranje sedimenta skozi dvoje različno gostih sit. Foto: M. Lukić.

spregledali (glej II. del/1.4). Poleg tega je učinkovitost zajemanja najdb pri takšnem načinu vzorčenja močno odvisna od vsakokratnih razmer na najdišču (npr. kakovost dnevne svetlobe, vlažnost, grudavost sedimenta ipd.) ter znanja in motivacije terenskih delavcev, kar seveda ni dobro. Da bi se navedenim težavam ognili, je treba vsaj del sedimenta iz kulturne plasti nujno presejati, česar se v arheozoologiji navadno lotimo s t. i. mokrim sejanjem. V posebnih primerih – kakršen bi lahko bila izkopavanja na arheozoološko nadpovprečno bogatih najdiščih – je mogoče del sedimenta presejati tudi s polflotacijo. Metoda je sicer bistveno zamudnejša, a tudi manj agresivna in zato primernejša za zajemanje krhkejših najdb (npr. **koproliti**, ostanki žuželk, dolge kosti malih sesalcev; glej I. del/2.5.1 in 2.5).

Pri mokrem sejanju prenesemo vzorec sedimenta na bolj ali manj gosto sito, kjer ga nato mehansko gnetemo ob stalnem spiranju z vodnim curkom (sl. 63). Ko na situ ostanejo zgolj delci, katerih velikost presega velikost odprtin (glej spodaj), odteka voda pa ni več kalna, je postopek končan. Sledi sušenje in končno shranjevanje posameznih frakcij v polivinilastih vrečkah. Te morajo biti opremljene s podatki o poimenovanju vzorca, natančnem mestu njegovega odvzema, njegovi prostornini pred začetkom sejanja in velikostjo odprtin na situ. Pri sitih z gosto mrežo poteka delo seveda počasneje, hitrost pa je odvisna tudi od vrste sedimenta. V nekaterih primerih (npr. suh pesek) je ob uporabi sit s sorazmerno redko mrežo sejanje mogoče ustrezno izvesti tudi brez vode (t. i. suho sejanje), pri drugih (npr. zbita ilovica) pa je vzorec še pred prenosom na samo sito priporočljivo ustrezno obdelati (npr. namakanje z mešanjem, zamrzovanje). S tem olajšamo razkrajanje kep in grudic med gnetenjem, kar je ključnega pomena pri poznejšem pregledovanju presejanega materiala. S sedimentom pomešane organske najdbe je namreč težje prepoznati in zato jih med pregledovanjem posameznih frakcij zlahka spregledamo.

Sam proces mokrega sejanja je mogoče dodatno pospešiti tako, da posamezne vzorce sejemo skozi serijo različno gostih sit, ki jih postavimo drugo nad drugim (sl. 63). Pri tem se lahko odločimo, da na spodnjih, gostejših sitih (npr. 3 in 1 mm) presejemo le del celotnega odvzetega vzorca, medtem ko presejemo na sorazmerno redkem zgornjem situ (premer odprtin 5 ali 10 mm) celotnega. Čeprav se zdi takšen pristop z vidika reprezentativnosti vzorcev morda preblizu ročnemu pobiranju ostankov, so poskusi pokazali, da

še zdaleč ni tako (O'Connor 2000, 33 in tam navedena literatura; Campbell s sod. 2011, 8–12). Že sejanje na redkih sitih namreč zagotavlja tako učinkovitejše kot tudi objektivnejše zajemanje živalskih najdb. Navedeni pristop omogoča tudi vzpostavitev neposredne primerjave med koncentracijami ostankov z različnih delov izkopnega polja. Odpravljena je namreč subjektivnost, ki izhaja iz razlik v stopnji pozornosti posameznih izkopavalcev, kar je z interpretativnega vidika zelo pomembno.

### 3.5 Laboratorijska priprava vzorcev

Večina arheozooloških ostankov (npr. kosti, zobje, lupine mehkužcev) je dovolj trdnih, da ob izkopu in pozneje v laboratoriju praviloma ne potrebujejo posebnih konservatorskih posegov. Poglavitna skrb v tem delu raziskave je zato usmerjena v ustrezno shranjevanje izkopanih najdb (glej npr. Karsten s sod. 2012, 12–15). Največkrat v ta namen uporabljamo kar (perforirane) polivinilaste vreče, pri čemer gradiva iz različnih arheoloških kontekstov med seboj ne smemo mešati. Vsak vzorec mora biti opremljen z vsemi ključnimi referenčnimi podatki, ki bodo pozneje omogočili rekonstrukcijo stratigrafske situacije na terenu. Ob odkritju bolj ali manj popolnih skeletov, koščenih artefaktov, kultnih daritev ipd. je treba te natančno dokumentirati še pred izkopom (risba, fotografiranje) in nato po potrebi z ustreznimi referenčnimi podatki označiti vsako posamezno kost/zob. Pri "navadnih" najdbah tako natančen pristop ni nujen, saj lahko živalske ostanke iz vsake posamezne prostorsko dovolj ozko zamejene stratigrafske enote, kvadranta/izkopa ali katere druge osnovne vzorčne enote največkrat brez škode združimo v enoten vzorec. Pomembno pa je, da arheozoolog pred obdelavo prejme res ves izkopan material, vključno z, denimo, obdelanimi kostmi, zobmi in rožnicami/rogovjem. Razmerja med posameznimi kategorijami najdb (tj. med vrstami, spoloma, starostnimi razredi ipd.) lahko namreč znotraj podvzorcev, kot je to lahko nabor obdelanih kosti, močno odstopajo od stanja v celotnem gradivu (npr. Toškan in Dirjec 2006b, 181–182; Toškan 2009b, 297–298).

Krhke ali zaradi kakšnega drugega razloga občutljive najdbe lahko po izkopu v laboratorij prenesemo skupaj s sedimentom, ki najdbo obdaja. V takšnih primerih nato čistimo previdneje, praviloma zgolj z nežnim suhim krtačenjem. Po potrebi se lahko odločimo tudi za zaščito s specifičnimi utrditvenimi premazi, pri čemer pa morajo biti ti izbrani zelo skrbno. Če bi takšno kost namreč pozneje nameravali vpeljati v katero izmed biokemijskih ali genskih raziskav, bi predhodni nanos neustreznih kemičnih sredstev to lahko onemogočil (Reitz in Wing 2008, 388–389; Baker in Worley 2014, 16). Čiščenja večine drugih arheozooloških najdb se lahko lotimo že na terenu, in sicer z vodo ter po potrebi s krtačo. Če nameravamo najdbe hraniti v polivinilastih vrečkah, jih moramo najprej posušiti, saj bi sicer lahko začele plesneti. Sušenje naj bo v senci. Presušeni ostankov ni priporočljivo znova močiti, saj bi to lahko povzročilo nastanek (dodatnih) razpok. Še posebej se je treba močenju (pa tudi sušenju na soncu oz. sploh segrevanju) ogibati pri najdbah, iz katerih bi želeli izločiti DNK. Toplota in vlaga namreč pospešujeta kemijski razpad dednine, obenem pa zagotavljata ugodno okolje za delovanje mikrobov. Takšne kosti oz. zobe je zato priporočljivo hraniti zamrznjene, na sterilnem mestu (lahko že v polivinilasti vrečki). Izločanje DNK je priporočljivo izvesti kar najhitreje po izkopu (Allentoft 2013).

Poseben segment laboratorijske priprave arheozooloških vzorcev je izločanje živalskih ostankov iz presejane frakcije sedimenta. Ker so ti ostanki pomešani med množico mi-

neralnih klastov in drugih organskih najdb, je njihovo pobiranje (zelo) zamudno. Toliko bolj zato, ker je treba frakcije sedimenta velikosti pod 10 mm nujno pregledovati pod lupo (sl. 64). Prepoznavanje tako drobnih najdb s prostim očesom je namreč daleč od zadovoljivega. Pogosto se dogaja, da vodje projektov tovrstno delo namenijo nestrokovnemu (beri: cenejšemu) kadru, ki s spektrom potencialnih najdb niti ni ustrezno seznanjen. Čeprav navidezno gospodarna je zato takšna odločitev strokovno sporna. Uspešnost prepoznavanja in posledično izločanja (vseh različnih zvrsti) živalskih ostankov je namreč v takšnih primerih slej ko prej preskromna (npr. O'Connor 2000, 35). Do očitnih razlik v uspešnosti pobiranja najdb prihaja že pri sorazmerno velikih odlomkih kosti in zob (tj. > 1 cm; glej Toškan in Dirjec 2004a, 158–161), pri tistih manjših pa je razkorak zgolj še večji (glej I. del/1.4). Če pobiranje živalskih ostankov kljub vsemu zaupamo nespecialistom, je te predhodno nujno treba vsaj okvirno seznaniti z naborom potencialnih najdb. Zelo dobrodošla je seveda tudi določena stopnja strokovnega nadzora njihovega dela.

#### **KAJ MORA ARHEOZOLOGU POSREDOVATI ARHEOLOG**

Da bi lahko kakovostno opisal in interpretiral analiziran vzorec živalskih ostankov, mora biti arheozoolog seznanjen s ključnimi podatki o najdišču, metodah in tehnikah terenskega raziskovanja, strategiji vzorčenja (arheozooloških) najdb in po potrebi tudi o naboru artefaktov, izdelanih iz kosti, rogovij, zob, lupin mehkužcev itd. Med drugim bi moral arheolog zato ponuditi naslednje informacije:

Najdišče:

- lokacija
- tip najdišča
- kronološki okvir
- (predhodno) relativno in absolutno faziranje posameznih kontekstov
- znotrajnajdiščna funkcionalna variabilnost (npr. območja aktivnosti, strukture)
- morebitne motnje v kulturni plasti (npr. erozija, živalski rovi, preoran sediment)
- arheološko poročilo (objavljeno ali neobjavljeno)
- seznam relevantne arheološke literature za obravnavano najdišče/problematiko

Terensko raziskovanje:

- obseg izkopavanj
- velikost izkopnega polja in prostornina izkopanega sedimenta
- opis plasti
- vrsta tal in vrednosti pH
- splošen pregled drugega (tj. neživalskega) izkopanega gradiva

Vzorčenje:

- opis uporabljenih pristopov k vzorčenju živalskih ostankov (npr. ročno pobiranje, grobo suho sejanje, mokro sejanje, flotacija)
- popis lokacij, kjer so bili odvzeti vzorci za sejanje
- kriteriji za vključitev živalskih najdb v vzorec (npr. velikost fragmentov)
- prostornina sedimenta, iz katerega so bile pobrane arheozoološke najdbe
- prostornina vzorcev sedimenta, namenjenih sejanju, (pol)flotaciji itd.

Izdelki iz surovin živalskega izvora:

- opis in količina (pol)izdelkov iz kosti, rogovja, zob in drugih surovin živalskega izvora, ki jih je obdržal arheolog (priporočljivo sicer je, da dobi v tovrstne najdbe neposreden vpogled tudi arheozoolog)



Sl. 64: Vzorec frakcije sedimenta velikosti 3 mm z najdišča Stare gmajne pri Verdu na Ljubljanskem barju (a). Zaradi majhnosti delcev in pomešanosti živalskih ostankov z mineralnimi klasti in drugimi organskimi najdbami je pri pregledovanju takšnega gradiva nujna uporaba lupe (b).

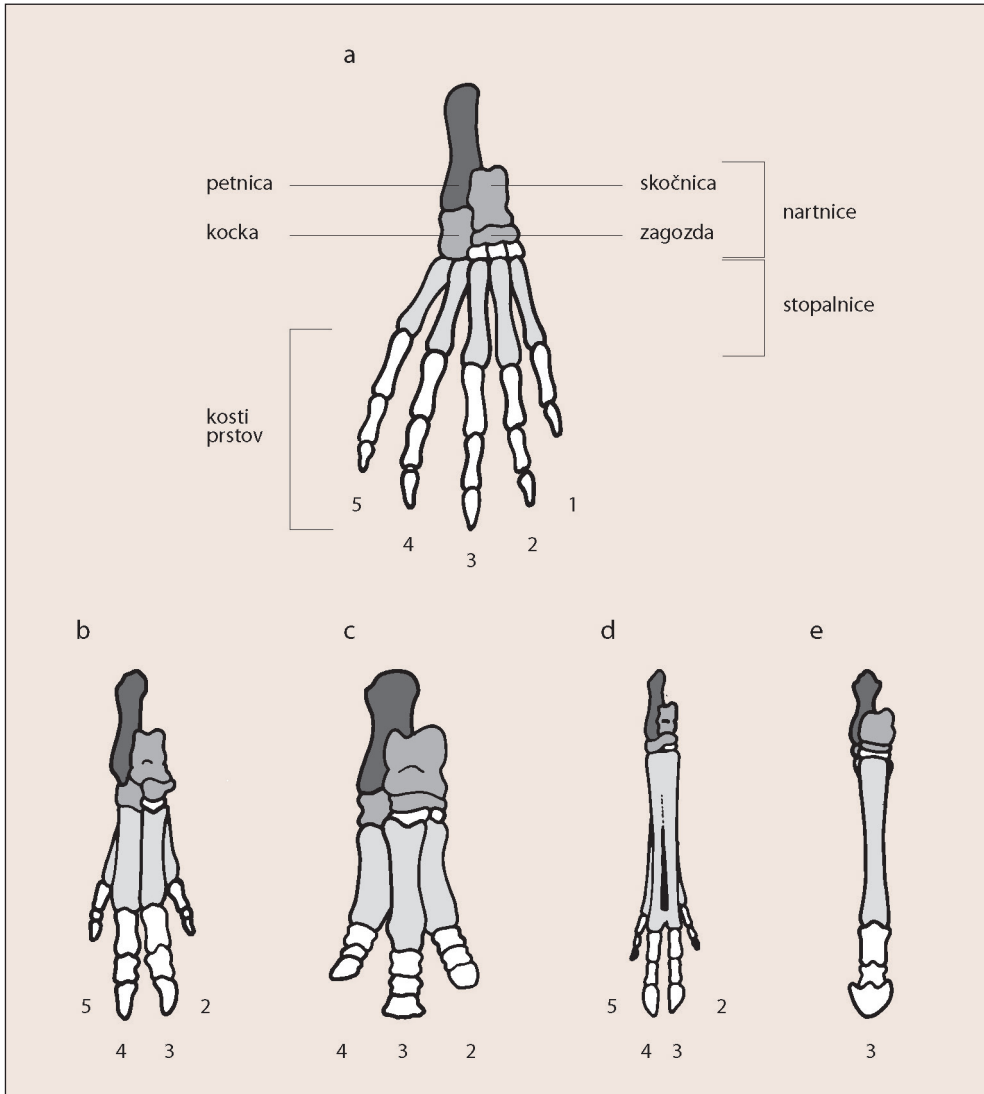
### 3.6 Analiza arheozooloških ostankov: opredelitev, opis in kvantifikacija

Taksonomsko in anatomsko opredeljevanje kosti, zob in drugih živalskih ostankov je eden uvodnih, a obenem tudi najpomembnejših segmentov vsake arheozoološke analize (Driver 2011). Jasno namreč je, da lahko napake v tem delu raziskave zelo pomembno, včasih kar usodno vplivajo na verodostojnost končnih rezultatov (npr. Miracle in Brajković 1992; Toškan 2008a, 38; Sinding s sod. 2015). V zadnjem času so se na tem področju pojavila številna nova orodja, denimo za prepoznavanje medtaksonskih razlik v mikrostrukturi kostnega tkiva (npr. Martiniaková s sod. 2007) in izvajanje specifičnih geokemijskih analiz (npr. Bocherens in Mariotti 1994; Gorlova s sod. 2015) ali pa za raziskovanje genskega materiala (npr. Hofreiter s sod. 2002; Fortes s sod. 2013). V večini primerov pa opredeljevanje seveda še vedno temelji na opazovanju oblike in velikosti analiziranih najdb.

Pri tem nam lahko zelo pomagajo specializirani določevalni ključi, ki opozarjajo na včasih zgolj minimalne razlike med posameznimi taksoni (npr. veliki sesalci: Schmid 1972; Barone 1976; Hillson 1992; mali sesalci: Kryštufek 1985; Vigne 1995; ptiči: Cohen in Serjeantson 1996; dvoživke: Paunovič 1990; ribe: Granadeiro in Silva 2000; mehkužci: Bole 1969; Bajd 2012).



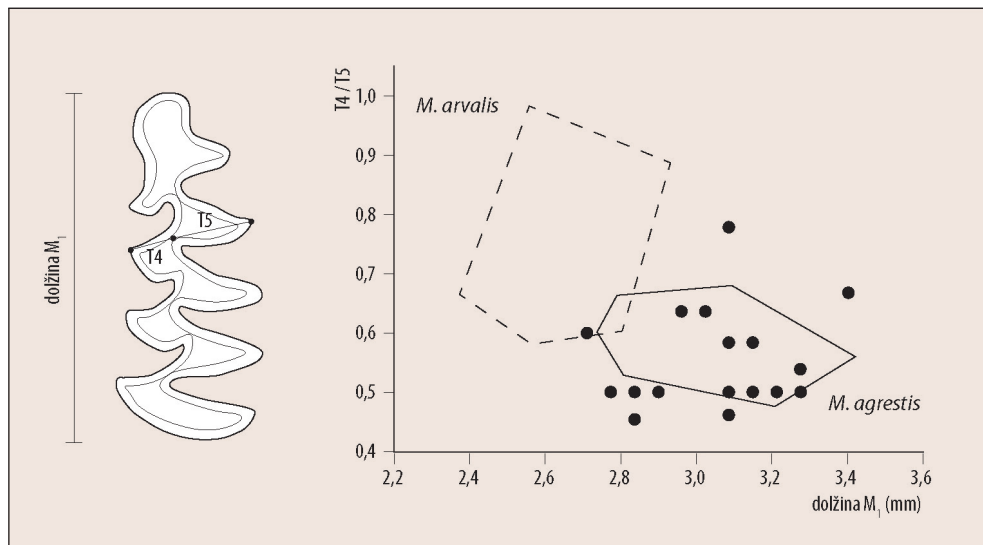




Sl. 66: Stopalo primitivnih sesalcev (a) pri kopitarjih se je spreminjalo tako, da se je zmanjševalo število prstov in so se daljšale metapodialne kosti (dlančnic, stopalnic; b–e). Na splošno kopitarjem manjkata eden (npr. prašič [b]) ali dva prsta. Pri nosorogu (c) in povodnem konju je stopalo prilagojeno za prenašanje večje teže: prsti so krajši, stopalo pa se ob dotiku s tlemi razširi toliko, da se tal lahko dotaknejo tudi stranski prsti. Po drugi strani je razvoj kopitarjem omogočal hiter tek, in sicer z zračanjem metapodialnih kosti in nadaljnjim zmanjševanjem števila prstov. Jeleni (d) tako še imajo stranske prste, metapodialno kost pa tvorita zračeni 3. in 4. dlančnica/stopalnica. Pri konju (e) je v celoti razvita le še 3. dlančnica/stopalnica, pa tudi število prstov se je zmanjšalo na enega samega. Po predlogi: Janis in Jarman 1996, 470.

←

Sl. 65: Primerjalna osteološka zbirka Inštituta za arheologijo ZRC SAZU v Ljubljani.



Sl. 67: Odnos med količnikom dolžine trikotnikov T4 in T5 na prvih spodnjih meljajih kratkouhkih voluharic kot imenovalcem (T4/T5) in največjo dolžino omenjenih zob kot števcem omogoča splošno razlikovanje med travniško voluharico (*Microtus agrestis*) in poljsko voluharico (*M. arvalis*). Slednja je pogostna predvsem na gosto zaraslih vlažnih in zamočvirjenih travnikih in v gostem visokem rastlinju na bregovih počasi tekočih ali stoječih voda, travniško voluharico pa največkrat najdemo na poljih, travnikih in pašnikih (Kryštufek 1991, 143–145). Poligona obkrožata vrednosti 45 recentnih *M. agrestis* (sklenjena črta) in 45 recentnih *M. arvalis* (pretrgana črta). V izseku je prikazana žvekalna površina prvega spodnjega meljaka kratkouhe voluharice z označenimi relevantnimi dimenzijami.

Še pomembnejši kot tovrstna literatura je v tem smislu dostop do primerjalnih osteoloških zbirk (O'Connor 2000, 39; Chaix in Méniel 2005, 50; Peres 2010, 24; sl. 65). Večina živalskih kosti in zob v arheozooloških vzorcih je namreč fragmentiranih, zato jih je marsikdaj mogoče opredeliti šele na podlagi celovite neposredne primerjave z referenčnim gradivom. Pri tem kaže biti še posebej pozoren na tiste oblikovne posebnosti, ki so nastale kot razvojna prilagoditev na določen način premikanja, prehranjevanja ali pa denimo maso živali. Te lahko namreč najneposredneje "prišepetavajo" sistematsko pripadnost analizirane najdbe (sl. 66; glej tudi sl. 55). Na Slovenskem pomembnejše primerjalne zbirke hranijo Inštitut za arheologijo Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU, Oddelek za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Prirodoslovni muzej Slovenije in, denimo, Notranjski muzej v Postojni. Med nastajanjem te knjige je zbirka Inštituta za arheologijo vključevala blizu 10.000 živalskih ostankov, večinoma sesalcev.

Drug dragoceni vir informacij so podatki o velikosti analiziranih skeletnih elementov (Chaix in Méniel 2005, 57–61). V praksi jih še najpogosteje uporabljamo za razlikovanje med ostanki domačih živali in njihovih divjih zarodnikov, saj so ti po obliki marsikdaj med seboj skoraj nerazločljivi (npr. Payne in Bull 1988; Bökönyi 1995; Toškan in Štular 2008; Evin 2014). Prav tako lahko pomembno prispevajo k prepoznavanju taksonomskih

stopenj, nižjih od vrste (tj. podvrste, pasme, forme; npr. Bökönyi 1984, 66–92; Toškan in Dirjec 2011a, 333–342). Kot zelo koristni pa so se dimenzijski podatki med drugim izkazali tudi pri razlikovanju med vrstami dvojčicami. Gre za ozko sorodne in morfološko zelo podobne vrste, ki pa so praviloma ekološko jasno ločene in so tako dragocen vir podatkov za proučevanje nekdanjega okolja (sl. 67).

Ob uporabi dimenzijskih podatkov kot orodja za taksonomsko opredeljevanje arheozooloških najdb je zelo pomembno vedeti, ali med seboj primerjamo živali istega spola, **ontogenetske in geološke starosti**, geografskega porekla, pasme (...) ali ne. Pri marsikateri vrsti je namreč povezava med velikostjo živali in katero izmed naštetih okoliščin zelo poudarjena (npr. Riedel 1993; Alpak s sod. 2004; Debeljak 2007, 481–482), kar utegne zabrisati meje med posameznimi taksoni (npr. kosti samice pragoveda so po velikosti podobne kostem samca domačega goveda) in tako bistveno otežiti pravilno identifikacijo ostankov (npr. Bökönyi 1995). Poleg tega lahko izrazitejšo znotrajvrstno raznolikost v velikosti, če je seveda ne prepoznamo kot take, zmotno razumemo kot indic za prisotnost dveh (več) različnih vrst (primerjaj npr. Withalm 2004a in Toškan 2006; Wright in Viner-Daniels 2015).

Poglejmo si pomen podatkov o obliki in velikosti arheozooloških ostankov za njihovo taksonomsko opredelitev še v praksi. Najdba s slike 68 je na delu površine prekrita s sklenino, zato vemo, da imamo opravka z zobom. Oblikovno je ta plosk in oglat, zato gre zagotovo za kočnik. Na žvekalni površini lahko opazimo vzdolžno potekajoče polmesečaste gube sklenine, kar je značilno za prežvekovalce. Pri tem je sama krona sorazmerno visoka in tako izkazuje prilagoditev na uživanje žilavega rastlinja (trave). Zoba torej ne kaže pripisati kateri od vrst srnjadi ali jelenjadi, pač pa bržčas votlorogu. Primerek v širini meri 19 mm, zato zagotovo ne gre za drobnico ali, denimo, gamsa. Enako neutemeljena je njegova določitev za tura ali zobra, saj so njuni kočniki praviloma večji. Ker izvira zob z enega od slovenskih najdišč, ostaja tako zgolj še možnost, da gre za domače govedo, kar je v konkretnem primeru res pravilna rešitev.

Zgornji primer med drugim jasno kaže, da je pri sprejemanju dokončne odločitve o opredelitvi neke najdbe smiselno upoštevati tudi zoogeografske podatke. Če bi, denimo, ob raziskovanju koliščarske naselbine z Ljubljanskega barja naleteli na kosti bizona, bi te po logičnem sklepanju pripisali zobru (*Bison bonasus*). Ameriškega bizona (*Bison bison*) namreč v Evropi nikoli ni bilo, na Slovenskem



Sl. 68: Zgornji drugi meljak ( $M^2$ ) domačega goveda: pogled od zgoraj in s strani.

### ORIENTACIJA ZNOTRAJ OKOSTJA

Pri opisovanju skeletnih elementov je zelo pomembno, da za označevanje njihovih delov oziroma lege znotraj okostja uporabljamo uveljavljeno izrazoslovje. Med pogosteje uporabljenimi termini so (sl. 69; slovensko izrazoslovje, povzeto po Rigler [1985] in Brglez [2013]):

dorzalno (hrbno, zgornje) – proti hrbtni strani telesa  
ventralno (trebušno, spodnje) – proti trebušni strani telesa  
anteriorno (sprednje) – proti sprednji strani telesa (tj. kamor je žival usmerjena)  
posteriorno (zadnje) – proti zadnji strani telesa  
medialno (sredinsko) – proti sredinski (gledano vzdolžno) črti telesa  
lateralno (stransko) – stran od sredinske črte telesa  
proksimalno (bližnje) – proti mestu stika okončine s trupom  
distalno (oddaljeno, spodnje) – stran od mesta stika okončine s trupom  
kranialno (sprednje) – v smeri glave  
kavdalno (zadnje) – v smeri repa  
palmarno (dlansko) – dlančnična stran roke  
plantarno (stopalno) – stopalnična stran noge

Poimenovanja predelov ust so nekoliko drugačna:

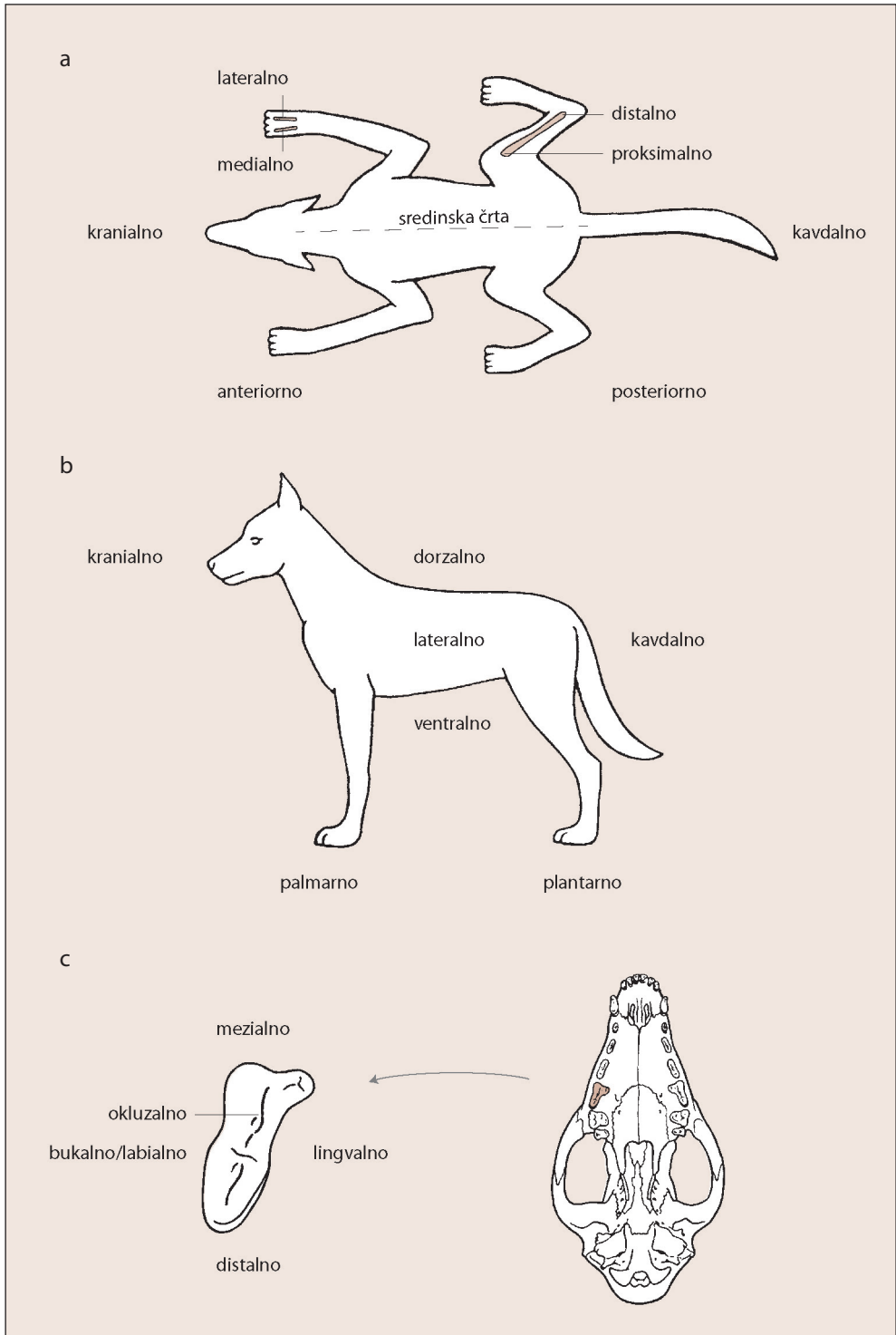
mezialno – proti sprednjemu delu ust (tj. proti ustni odprtini)  
distalno (zadnje) – proti zadnjemu delu ust (tj. v nasprotno smer od ustne odprtine)  
bukalno (lično) – v smeri notranje strani lic  
labialno (ustnično) – sinonim za bukalno, ko se poimenovanje nanaša na sekalce in podočnike oz. na medialni del ustne votline  
lingvalno (jezično) – v smeri jezika  
okluzalno – grizna površina zoba (okluzalna ploskev = grizna ploskev)

Kolenski sklep tako denimo sestavljajo distalni konec stegenice, proksimalni konec golenice in pogačica, pri čemer stoji slednja anteriorno od drugih dveh omenjenih kosti. Ali pa: pri širokem nasmehu pokažemo labialno površino sekalcev in podočnikov, medtem ko pri kočnikih, ki ležijo distalno od sekalcev, podočnikov in tudi ličnikov, lahko opazimo kvečjemu njihovo okluzalno površino.

sicer svoj čas prisotni stepski bizon (*Bison priscus*) pa je globalno izumrl že ob koncu ledene dobe. A pozor, v takšnih logičnih sklepanjih se včasih skrivajo tudi pasti: območja razširjenosti posameznih vrst se namreč s časom spreminjajo. Danes denimo dinarska voluharica (*Dinaromys bogdanovi*) na zahod seže zgolj do Velebita (Kryštufek 1991, 262), a še v začetku holocena je bila prisotna tudi v jugozahodni Sloveniji (Toškan 2009a). Podobno vse od konca pleistocena pri nas ni več, denimo severnega jelena (*Rangifer tarandus*; Pohar 1997), rdečega volka (*Cuon alpinus*; Malez in Turk 1990), žeruha (*Gulo gulo*; Pavšič in Turk 1989), velikih mačk (Toškan 2007a, 230–234 in tam navedena literatura) in še cele kopice globalno izumrlih vrst (Rakovec 1973).

→

Sl. 69: Izrazoslovje za označbo anatomske lege posameznih skeletnih elementov oziroma njihovih delov: (a) telo, pogled od zgoraj; (b) telo, pogled s strani; (c) lobanja, pogled od spodaj (desno) in kočnik, pogled od spodaj (levo). Po predlogi: Schmid 1972, sl. 11.



Pri drugih, predvsem seveda domačih živalih je problematika obratna. Kdaj je katera vrsta postala del lokalne favne na določenem območju, je namreč odvisno od hitrosti in smeri njene **diseminacije**, kar pa v marsikaterem primeru še ni v celoti pojasnjeno (npr. Mlekuž 2003; Toškan in Dirjec 2006b, 170). Pri tem se je treba zavedati, da je lahko človek v nek prostor vnesel tudi katero izmed bolj eksotičnih živali. To na ozemlju današnje Slovenije med drugim dokazujejo ostanki enogrbe kamele (*Camellus dromedarius*) iz antičnih plasti *Vipave* in *Hrušice* (Bartosiewicz in Dirjec 2001), repna bodica morskega goloba (*Myliobatis*) z bakrenodobnega kolišča *Hočevarica* pri Verdu (Pavšič in Dirjec 2004) ali pa zobje moškatnega goveda (*Ovibos moschatus*) iz starejšekamenodobnega jamskega najdišča *Potočka zijalka* (Brodar S. in Bordar M. 1983, 91). Med divjimi živalmi so t. i. holocenski prišleki na ozemlju Slovenije kuna belica (*Martes foina*), obe podgani (*Rattus rattus* in *R. norvegicus*) in, denimo, pritikava miš (*Micromys minutus*).

Ne glede na znanje in izkušnost posameznega arheozoologa pa je sicer dobro vedeti, da ostane del analiziranega gradiva skoraj vedno nedoločen. Nema lokrat je ta del celo večinski (npr. MacKinnon 2004, tab. 11). Je pa pri tem pomembno opozoriti, da so lahko tudi taksonomske ožje neopredeljene najdbe pomemben vir informacij. Zaradi tega jih je – če je to mogoče – smiselno razvrstiti vsaj v katerega izmed višjih taksonov ali v *ad hoc* oblikovane “taksonomske” skupine (npr. ovca/koza, mali rastlinojed; glej II. del/Uvod). Prav tako je tudi pri takšnih najdbah koristno navesti anatomsko opredelitev.

Opredeljevanje gradiva mora spremljati sprotno zapisovanje ugotovitev. Ob navedbi taksonomske in anatomske pripadnosti naj takšni zapisi vključujejo še kar največ drugih potencialno uporabnih podatkov (sl. 70). Njihov nabor se od raziskovalca do raziskovalca razlikuje in je v prvi vrsti seveda odvisen od vrste analiziranega gradiva, a nek železni repertoar vendarle obstaja. Če so predmet analize skeletni ostanki vretenčarjev, naj bi ta vključeval še vsaj podatke o anatomski orientiranosti najdbe (leva – desna stran telesa),

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Sonda	SE	Takson	Sk. element	Stran	Število	Opis	Mere	Starost
2	1	58	<i>Sus domesticus</i>	dens inf.	sin.	1	podočnik, samec		
3	1	58	<i>Sus domesticus</i>	mandibula	sin.	1 fr.	simfiza		
4	1	58	Caprinae	radius	dex.	1 fr.	dialfiza, 1 usek		
5	1	58	Caprinae	femur	dex.	1 fr.	dialfiza		
6	1	58	<i>Ovis aries</i>	phalanx 1		1		GL=37, Bp=13,5, Bd=12,5, SD=11	
7	1	58	<i>Bos taurus</i>	humerus dist.	sin.	1 fr.	distalni meta- in epifiza	BT=72	
8	1	58	<i>Bos taurus</i>	scapula	dex.	1 fr.	collum scapulae	BG=52	
9	1	58	<i>Equus caballus</i>	scapula	dex.	1 fr.	collum scapulae		
10	1	58	<i>Equus caballus</i>	phalanx 1		1 fr.			
11	1	58	<i>Equus caballus</i>	metatarsus	dex.	1 fr.	proks. epifiza		
12	1	58	nedoločeno	costa		3 fr.	3 MR		
13	1	58	nedoločeno	vertebrus lumb.		1 fr.			
14	1	58	nedoločeno	vertebrus lumb.		2 fr.			
15									
16	1	15	<i>Bos taurus</i>	phalanx 3		1		Ld=54, DLS=74, MBS=23	
17	1	15	<i>Bos taurus</i>	humerus	dex.	1 fr.	distalna epifiza		nezraščena
18	1	15	<i>Bos taurus</i>	calcaneus	dex.	1 fr.			
19	1	15	Caprinae	radius	dex.	1 fr.	proks. metafiza		
20	1	15	<i>Sus domesticus</i>	dens inf.	dex.	1	M3	M3L=34,5, B=15,5	M3=A
21	1	15	<i>Sus domesticus</i>	dens inf.	sin.	1	C, 1 samec		
22	1	15	<i>Sus domesticus</i>	mandibula		1 fr.			
23	1	15	nedoločeno	nedoločeno		23 fr.			
24									
25									
26									
27									




































Sl. 70: Primer podatkovne baze za zapisovanje relevantnih podatkov med opredeljevanjem arheozoološkega gradiva.



Sl. 71: Pri ocenjevanju starosti posameznih živali ob smrti nam lahko pomagajo podatki o zraščeni epifiz in diafiz dolgih kosti, saj je časovni potek osifikacije posameznih skeletnih elementov vrstno specifičen. Za prikazano stegenico jelena z nezraščeni epifizami tako vemo, da je zagotovo pripadala manj kot poltretje leto stari živali (Habermehl 1985, 36–37).

njenih dimenzijah, barvi (še posebej pri žganih fragmentih: glej sl. 60), stopnji ohranjenosti kostnine, prisotnosti morebitnih modifikacij (npr. zasekanine, urezi, ugrizi [sl. 58 a in b], patologija [sl. 75]), zraščeni oziroma nezraščeni epifiz (sl. 71) in stopnji obrabe žvekalne površine zob (glej uokvirjeno besedilo na strani 113). Pri fragmentiranih najdbah je treba navesti tudi, kateri del skeletnega elementa je dejansko ohranjen, in po potrebi opisati obliko loma.

Zajemanje teh podatkov je v številnih primerih standardizirano, kar je ne nazadnje tudi predpogoj za primerljivost rezultatov različnih raziskav. Tako je denimo pri zajemanju dimenzijskih podatkov (von den Driesch 1976; Reitz in Wing 2008, 367), izračunavanju plečne višine posameznih živali (npr. Teichert 1969; Matolcsi 1970), označevanju stopnje ohranjenosti kostnine (npr. Behrensmeyer 1978; Conard s sod. 2008) in obrušeni žvekalne površine zob (npr. Payne 1973; Grant 1982; Rolett in Chiu 1994; Greenfield in Arnold 2008; Jones in Sadler 2012; sl. 72). Po drugi strani o enotnem pristopu pri ocenjevanju mase živali, opisovanju vzorcev fragmentiranosti gradiva ali oblik loma in, denimo, pri spremljanju pogostnosti in mesta pojavljanja različnih modifikacij na posameznih kosteh (tj. useki, ugrizi ipd.) ni mogoče govoriti. V takšnih primerih oziroma takrat, ko se namesto sicer uveljavljenih načinov zajemanja in navajanja podatkov odločimo za uvedbo inovativnih lastnih pristopov, uporabljen postopek v spremljajočem besedilu jasno in natančno opredelimo (npr. MacKinnon 2004, 189–190 in tam navedena literatura; Petrucci 2006; Toškan 2006, 148–149).

		0	
		2A	
		4A	
		5A	
		6A	
		7A	
		8A	
		9A	
		10A	
		11A	
		12A	
		13A	
		14A	
		15A	
			



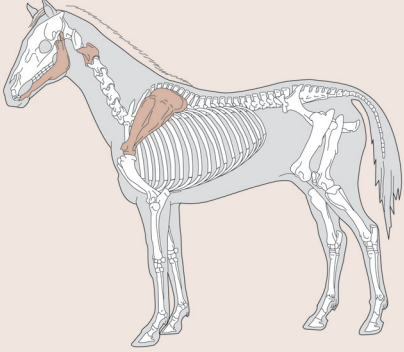
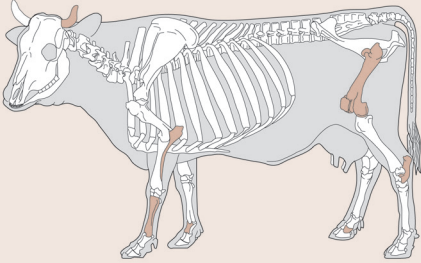
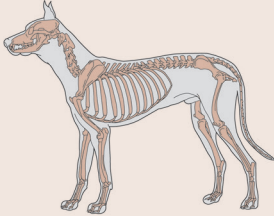
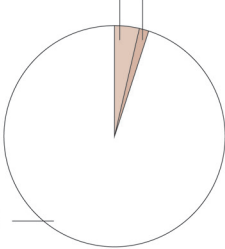
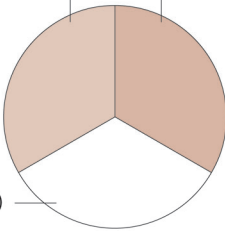
## DOLOČANJE STAROSTI ŽIVALI OB SMRTI

Zelo pomemben segment arheozooloških študij je ocenjevanje starosti posameznih živali ob smrti. To navadno počenjamo na podlagi ugotovitev o stopnji obrabe žvekalne površine zob (npr. Payne 1973; Grant 1982; Rolett in Chiu 1994; Greenfield in Arnold 2008; Jones in Sadler 2012) in podatkov o zraščeniosti epi- in diafiz dolgih kosti (npr. Silver 1969; Habermehl 1985; Popkin s sod. 2012). Pri slednjem izhajamo iz dejstva, da je skelet zarodka sprva v celoti hrustančen. Pokostevanje je pri dolgih kosteh najprej zaznavno na diafizi in zatem še na epifizah. Skoraj dorasle živali imajo t. i. rastni hrustanec ohranjen le še na meji med diafizo in posameznimi epifizami, pri odraslih pa so ti elementi že v celoti zraščeni. Hrustanec se v sedimentu praviloma ne ohrani, zato še ne v celoti okosteneli primerki slabše kljubujejo delovanju uničujočih tafonomskih dejavnikov. Podobno velja tudi za zgoraj omenjeni rastni hrustanec, zato kosti skoraj odraslih živali v sedimentu navadno razpadejo na epifize in diafize (sl. 71). Ker je časovni potek pokostevanja posameznih skeletnih elementov pri skoraj vseh arheozoološko zanimivih vrstah v grobem poznan, lahko na podlagi dovolj velikega števila (Lyman 1987) tovrstnih podatkov sklepamo o starostni strukturi za posamezno vrsto znotraj proučevane **tafocenoze**.

Ocene o starosti živali ob smrti so še natančnejše, če jih izpeljemo iz podatkov o obrabi žvekalne površine ličnikov in kočnikov. Dejstvo namreč je, da je hitrost brušenja zob sorazmerno stalna, zato lahko posamezne obrabne vzorce žvekalnih površin utemeljeno povezujemo s starostnimi razredi (glej npr. sl. 72). Pri mlajših živalih se lahko ob tem naslonimo tudi na število in vrsto (npr. prvi spodnji sekalci, tretji zgornji kočnik) že izraslih zob. Ti namreč izražajo pri točno določeni starosti in v točno določenem zaporedju, oboje pa je vrstno specifično (npr. Schmid 1972, tab. 10). Pri nekaterih vrstah je starost mogoče oceniti tudi na podlagi obrabe sekalcev (npr. Velbe 1954) ali višine zobne krone (npr. Levine 1982). Seveda pa je pri vseh omenjenih kazalcih starosti (npr. zraščanje epi- in diafiz, obraba žvekalne površine, izražanje zob) treba računati na določeno mero znotrajvrstne raznolikosti, ki je lahko vezana na pasmo, spol, zdravstveno stanje, življenjske razmere, vrsto hrane, kastracijo ipd. (npr. Moran in O'Connor 1994). Med najbolj zanesljive in objektivne metode ocenjevanja individualne starosti pri sesalcih zato sodi štetje tankih plasti cementa, ki se sezonsko nalagajo okoli zobnih korenin (gre za t. i. prirastnice; glej npr. Debeljak 2007). Se je pa vsekakor treba tudi tu – tako kot pri vseh drugih pristopih k ocenjevanju starosti živali ob poginu – vseskozi zavedati možnosti napake zaradi slabše obstojnosti še ne do konca oblikovanih zob. Med njihovim nastajanjem se namreč najprej oblikuje zgolj krhka krona, tudi pozneje pa je zob sprva votel in se z zobovino zapolnjuje le postopoma. Nesorazmerno obsežen propad krhkih zob mladičev zaradi, denimo, neugodnega sedimentacijskega okolja pa seveda pripelje do porušenega razmerja med starostnimi razredi, ki ga nobena metoda za oceno starosti ob poginu ne more popraviti.



Sl. 72: Ocenjevanje starosti drobnice ob smrti na podlagi obrabe žvekalne površine spodnjih kočnikov po metodologiji, ki jo je razvil Payne (1973). Prikazano je značilno zaporedje stopenj obrabe za prvi in drugi spodnji meljak ( $M_1$  in  $M_2$ ) s pripadajočimi simbolnimi in številčnimi oznakami (Payne 1973, 288; 1987, 610). Za ilustracijo so podani tudi trije konkretni primeri obrabe žvekalne površine drugega spodnjega meljaka ovce s stopnjami obrabe 5A, 9A in 15A (desno). Zobje so pripadali živalim, ki so poginile pri starosti med enim in dvema (5A), dvema in šestim (9A) oziroma šestim in desetim (15A) letom (Payne 1973, 295–296).

 <p>KONJ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- leva spodnja čeljustnica</li> <li>- vratno vretence</li> <li>- leva lopatica</li> </ul>	<p>NISP = 3 MNI = 1</p>	
 <p>GOVEDO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- leva rožnica</li> <li>- leva komolčnica</li> <li>- leva dlančnica</li> <li>- leva stegnenica</li> <li>- leva petnica</li>   <li>- desna prva prstnica</li> <li>- desna druga prstnica</li> </ul>	<p>NISP = 7 MNI = 1</p>	
 <p>PES</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- celoten skelet (pokop)</li> </ul>	<p>NISP = 181 MNI = 1</p>	
<p>NISP</p> <p>govedo (3,66 %)    konj (1,57 %)</p>  <p>pes (94,77 %)</p>		<p>MNI</p> <p>govedo (33,33 %)    konj (33,33 %)</p>  <p>pes (33,33 %)</p>	

### 3.6.1 Izražanje količine živalskih ostankov

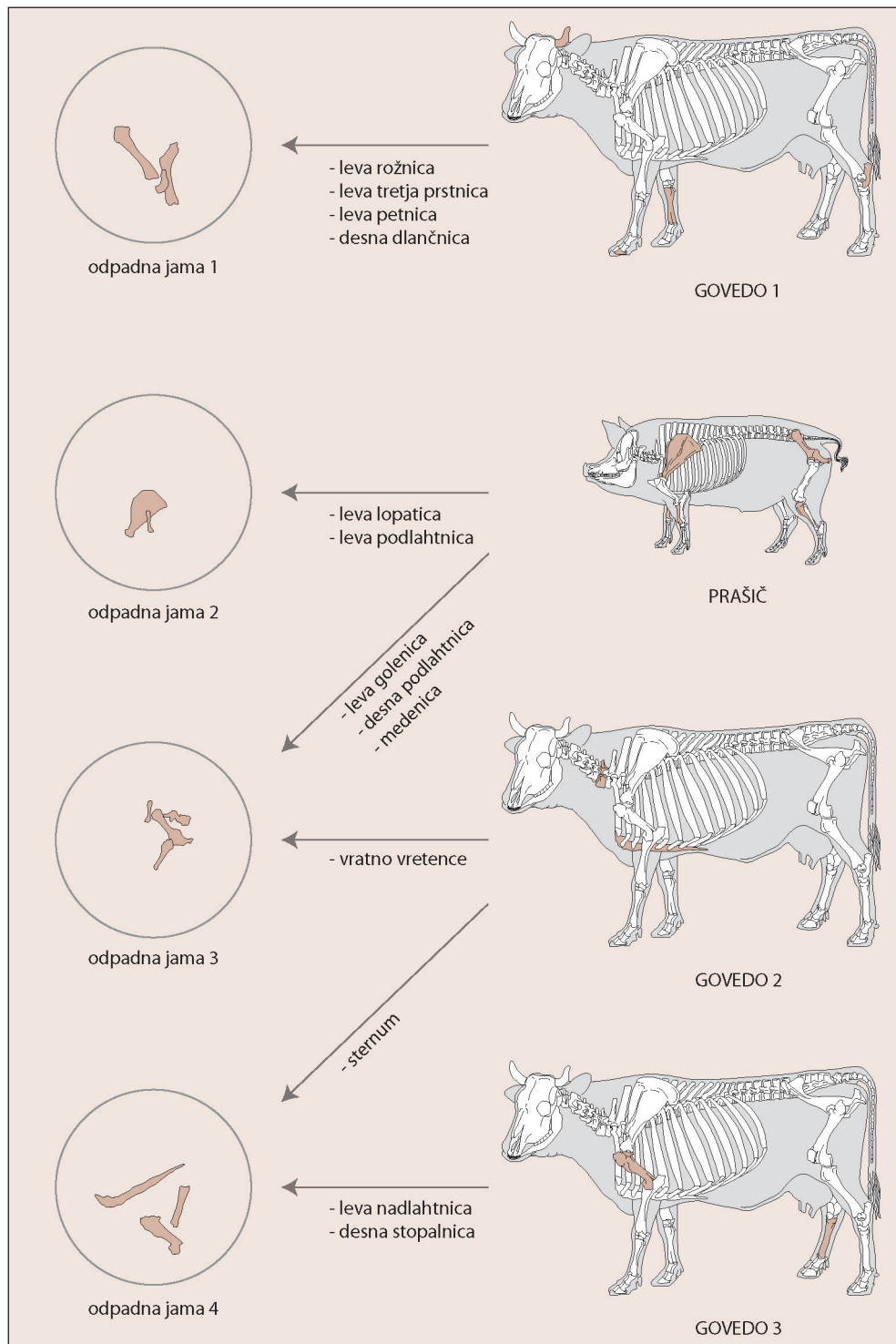
Izražanje količine živalskih ostankov je zelo pomemben korak pri proučevanju arheozoološkega gradiva. Na podlagi ocenjenih deležev zastopanosti posameznih taksonov lahko namreč poiščemo odgovore na nekatera najbolj ključna vprašanja o življenju ljudi v preteklosti, denimo ekonomski pomen posameznih živalskih vrst znotraj proučevane človeške skupnosti, spremembe v obsegu in načinu njihovega izkoriščanja skozi čas ter razlike v prehranskih navadah ljudi kot odsev socialne razslojenosti ali regionalne diferenciacije. Kljub obsežnem naboru različnih mogočih načinov izražanja količine najdb pa je treba poudariti, da ima vsak izmed njih tudi svoje slabosti in da idealnega pristopa k obravnavanju navedene problematike pač ni. Prav zaradi tega v nadaljevanju ne predstavljamo nujno najprimernejših rešitev, temveč zgolj najpogosteje uporabljene. Kakršno koli razvrščanje na podlagi strokovne ustreznosti bi namreč zahtevalo vsaj načelno enotnost pogledov znotraj arheozoološke skupnosti, o kateri pa za zdaj ni mogoče govoriti (Grayson 1984, 16–92; O'Connor 2000, 57, 61; Lyman 2008, 69–71). Tako tudi ni presenetljivo, da nekateri arheozoologi kot edino zares preudarno rešitev predlagajo hkratno uporabo več različnih pristopov, kar naj bi izrazilo zmanjšalo obseg metodološko pogojenih napak (Klein in Cruz-Urbe 1984, 25). Problematiko kvantifikacije arheozooloških ostankov podrobno obravnavajo številni avtorji, med njimi Grayson (1984), Klein in Cruz-Urbe (1984), Reitz in Wing (2008, 167–168) ter Lyman (2008, 21–82).

Najpreprostejše izrazno sredstvo količine najdb je brez dvoma t. i. najmanjše število določenih primerkov (angl. "Number of Identified Specimens"; NISP), s katerim podamo skupno število vseh opredeljenih ostankov (posameznega taksona) v analiziranem vzorcu (sl. 73). Prav preprostost je tudi poglavitna prednost navedenega kazalca; ne nazadnje je mogoče vrednosti NISP za posamezne stratigrafske enote, plasti, strukture in najdišča med seboj preprosto sešteti oziroma odšteti (npr. Audoin-Rouzeau 1995; Toškan 2013).

Kaj pa šibke točke? Mednje gotovo sodi dejstvo, da ugotovljene vrednosti vsaj do neke mere odsevajo znanje in izkušnost posameznega arheozoologa in ne zgolj dejanske sestave analiziranega gradiva. Napake se utegnejo zgoditi tudi zato, ker je mogoče pri nekaterih vrstah suvereno taksonomsko opredeliti (bistveno) manjši delež skeletnih elementov kot pri drugih, zaradi česar utegnemo NISP-vrednosti prvih podceniti. V ponazoritev: med kostmi/zobmi ovce in kože je pogosto zelo težko razlikovati (npr. Boesseneck s sod. 1964; Zeder in Pilaar 2010), zato njihove ostanke marsikdaj opredelimo zgolj kot pripadajoče drobnici. To pa seveda vodi v podcenjen delež zastopanosti vsake od obeh vrst v primerjavi z zastopanostjo, denimo, goveda ali psa, kjer tovrstnih težav s taksonomskim opredeljevanjem najdb ni. Podobne napake lahko povzročajo tudi razlike v številu skeletnih elementov, ki sestavljajo okostja različnih živali (glej npr. sl. 66). Tako se utegne zgoditi,



Sl. 73: Ilustracija ene poglavitnih slabosti kazalca "število določenih primerkov" (NISP): žival, ki je v vzorcu zastopana z večjim številom ostankov, bo "šteta" večkrat. Posledično bo seveda na podlagi NISP-vrednosti pomen nekaterih vrst v vzorcu podcenjen, pomen drugih pa precenjen. Če količino ostankov izrazimo kot "najmanjše število osebkov" (MNI), se takšni napaki ognemo (... a glej tudi sliko 74). Pri bogatih vzorcih je razlika v oceni količine ostankov med obema omenjenima kazalcema praviloma sorazmerno skromna.



da, denimo, delež prašiča v nekem arheozoološkem gradivu preseže delež goveda zgolj zato, ker skelet slednjega pač vključuje manjše število zob, dlančnic/stopalnic in prstnic.

Bržčas največ dvomov o primernosti izražanja količine najdb s številom določenih primerkov pa je sicer vezanih na dejstvo, da se iz posameznih NISP-vrednosti ne da izluščiti obsega delovanja tafonomskih dejavnikov. Z uporabo navedenega kazalca lahko tako sicer kolikor toliko verodostojno opišemo sestavo analiziranega gradiva kot takega, ne pa nujno tudi izvirne akumulacije živalskih ostankov (tj. **tanatocenoze**), iz katere je to gradivo nastalo. Razlika je ključna, saj je na interpretativni ravni še kako pomembno vedeti, ali je, denimo, pičlost najdb jagnjet in kozličev v primerjavi s tistimi odraslih ovac in koz posledica večjih tafonomskih izgub (glej I. del/3.3) teh sorazmerno slabo obstojnih ostankov, ali pa jo gre pripisati izbrani živinorejski politiki človeka, izraženi z usmerjenostjo k zakolu večinoma odraslih ovac in koz (npr. Munson 2000; Lupo 2007). Prav tako ni brez pomena, ali je, denimo, pet govejih najdb v nekem vzorcu ostanek petih različnih živali, ali pa – če vzamemo za primer nasprotno skrajnost – zgolj ene same kosti, ki je zaradi človekovih aktivnosti ali pod vplivom različnih poodložitenih dejavnikov pač razpadla na pet drobcev. Težave lahko pričakujemo tudi, ko so bili intenzivnemu razpadanju ali razbijanju podvrženi predvsem ostanki ene (nekaj) izmed živalskih vrst v analiziranem gradivu, druge pa ne. Tako so, denimo, raziskave vzorca razbijanja živalskih kosti z več starejšeželeznodobnih najdišč na Slovenskem pokazale, da je človek iz povsem praktičnih razlogov (npr. priprava manjših porcij, ki bi bile primerne za kuhanje v razpoložljivem posodju) kosti goveda razbijal intenzivneje kot kosti manjših živali (Bartosiewicz 1991). Zaradi posledično povečanega števila drobnih kostnih odlomkov (v zgornjem primeru govejih), ki večinoma ostanejo taksonomsko (ožje) neopredeljeni, lahko delež zastopanosti takšne vrste bistveno podcenimo (izjemoma je lahko v takšnih primerih delež zastopanosti tudi precejšen; glej npr. Turk s sod. 2004, 201–202). Ne nazadnje pa utegnejo pri izražanju količine živalskih ostankov z NISP-vrednostmi precej zmede povzročiti tudi primeri, ko velik (večinski) del kosti in zob določene vrste izvira iz enega oziroma kvečjemu nekaj bolj ali manj popolnih okostij. Pomen take vrste lahko namreč na interpretativni ravni močno precenimo (glej primer pokopa psa na sl. 73).

Slej ko prej najpogosteje uporabljena alternativa številu določenih primerkov je t. i. najmanjše število osebkov (angl. "Minimum Number of Individuals"; MNI). Izračunamo ga tako, da za vsak **takson** v nekem vzorcu preštejemo število vseh levih in desnih primerkov posameznega skeletnega elementa in nato največjo ugotovljeno vrednost razumemo kot najmanjše mogoče število živali te vrste, ki bi utegnile biti zastopane v pregledanem naboru najdb (sl. 74). To seveda velja zgolj za skeletne elemente, ki se v okostju pojavljajo v paru. Pri tistih, ki se pojavljajo posamič (npr. posamezno vretence, grodnica, penilna



Sl. 74: Poenostavljen prikaz motečega vpliva arbitrarne raziskovalčeve odločitve o načinu združevanja posameznih arheozooloških skupkov na ocenjevanje vrednosti "najmanjšega števila osebkov" (MNI). Nekaj kosti treh goved in enega prašiča je bilo odvrženih v štiri različne odpadne jame. Če se najmanjšega števila osebkov za navedeni dve vrsti lotimo izračunavati tako, da kosti iz vseh štirih jam združimo v enoten vzorec, dobimo obakrat vrednost  $MNI = 1$ . Po drugi strani privede ločena obravnava vsakega izmed štirih skupkov do vrednosti  $MNI_{\text{govedo}} = 3$  in  $MNI_{\text{prašič}} = 2$ . Pomenljivo: nobena od obeh ocen ni točna.

kost), namesto tega uporabimo kar podatek o številu vseh razpoložljivih ostankov danega elementa. Posamezni strokovnjaki so način izračuna MNI še nekoliko nadgradili (npr. Bökönyi 1970; Chaplin 1971; Reitz in Wing, 2008, 205–210), a na tem mestu se bomo omejili na obravnavo osnovne različice.

Uporaba najmanjšega števila osebkov je lahko dobra izbira za izražanje količine najdb takrat, ko je nekatere vrste mogoče specifično določiti na podlagi bistveno večjega števila skeletnih elementov kot druge (npr. Toškan in Kryštufek 2007, 198). Prav tako naj bi bilo po mnenju nekaterih strokovnjakov na podlagi navedenega kazalca mogoče učinkovito razlikovati med gradivi z enakim številom ostankov določene živalske vrste, ki pa so pripadali različnemu številu živali. Resnici na ljubo ni povsem tako, saj vodi uporaba MNI k precenjevanju pomena pičlo zastopanih vrst (sl. 73; glej tudi O'Connor 2000, 60). Sicer pa je najočitnejša slabost navedenega količinskega kazalca bržčas ta, da predstavljajo posamezne ugotovljene MNI-vrednosti nekakšno abstraktno kategorijo. Izražajo namreč najmanjše (in niti približno ne nujno tudi dejansko!) število živali, ki bi utegnile biti zastopane v nekem vzorcu. Poleg tega ugotovljenih vrednosti za posamezne stratigrafske enote, plasti, strukture ali najdišča ni mogoče seštevati/odštevati. Ob naknadnem (raz)združevanju vzorcev je zato treba izračunavanje izvesti znova. Ker je končni rezultat torej močno odvisen od arbitrarnih odločitev raziskovalca (npr. način oblikovanja posameznih vzorcev; sl. 74), se zdi MNI smiselno uporabljati predvsem pri manjših skupkih najdb iz funkcionalno pojasnjenih arheoloških kontekstov (npr. iz iste odpadne jame, groba; Toškan in Dirjec 2012, 146–148). Posebna različica obravnavanega kazalca, t. i. najmanjše število elementov (MNE; "Minimum Number of Elements"), je namenjena izražanju zastopanosti posameznih skeletnih elementov (Lyman 2008, 218–222).

Tretji na tem mestu predstavljeni pristop za ocenjevanje količine arheozooloških ostankov ima povsem drugačno izhodišče, saj meri maso (in ne števila) analiziranih ostankov. Ta podatek nato omogoči izvedbo vseh nadaljnjih količinskih medtaksonskih primerjav. Jasno je, da bodo ugotovljene vrednosti pri večjih živalih praviloma bistveno večje kot pri manjših. Vendar pa to naj ne bi bilo moteče, saj s tem pristopom prispevek posameznih vrst k ekonomiji človeških skupnosti izražamo s količino zaužitega mesa vsake izmed njih. Seveda ob predpostavki, da je razmerje med masama okostja in cele živali pri različnih skupinah sesalcev v grobem stalno. Prav to predpostavko pa so rezultati nekaterih podrobnejših analiz postavili pod vprašaj (O'Connor 2000, 58 in tam navedena literatura) in s tem vzbudili načelne dvome o primernosti metode. Poleg tega z opisanim pristopom ni mogoče zadovoljivo upoštevati tafonomske zgodovine analiziranih vzorcev (npr. kolikšen delež in katere vrste kosti so bile odvržene na neki drugi lokaciji od te, ki jo raziskujemo, kolikšen delež jih je v sedimentu propadel ipd.) in raznolikosti v prehrabnih navadah različnih kultur. Slednje je še posebej pomembno zato, ker ljudje praviloma zaužijemo le del vsega razpoložljivega mesa in maščob – odvisno od lastnih preferenc in zmožnosti ter morebitnih splošnih prepovedi v družbi. Ne nazadnje pa z opisanim kazalcem ne moremo izločiti niti vpliva sezonskih nihanj v masi uplenjenih/zaklanih živali, ki so sicer pri marsikateri vrsti vse prej kot zanemarljive (npr. Greif 1997, 36).

Število določenih primerkov, najmanjše število osebkov in maso ostankov prištevamo k osnovnim, t. i. primarnim kazalcem količine arheozooloških ostankov. Ti so temeljni podatek vsake arheozoološke analize, ki se praviloma uporabljajo tudi kot vstopni podatek za številne specialistične študije (npr. proučevanje vrstne raznolikosti ali obsega biomase; Peres 2010, 27–30 in tam navedena literatura).

### 3.7 Interpretacija arheozooloških rezultatov

Arheozoologija kot veda je v zadnjih nekaj desetletjih doživela nesluten razvoj. Nabor problematik, ki jih raziskuje, se z uvajanjem novih raziskovalnih orodij vseskozi širi, s tem pa se širijo tudi njene interpretativne možnosti. Nekatere tradicionalno najpomembnejše bodo na kratko predstavljene v tem poglavju, posamezne konkretne primere raziskav pa lahko bralec najde v drugem delu knjige (glej II. del/1.4, 3.4, 4.3, 5.3, 6.2 in 8.1).

Najpogosteje zastavljena vprašanja v arheozoologiji se bržčas nanašajo na gospodarstvo nekdanjih človeških skupnosti, začenši s prepoznavanjem virov hrane živalskega izvora. Sploh za starejša obdobja utegne v tem smislu zanimive iztočnice ponuditi proučevanje nabiralništva, tj. nabiranja majhnih živali in njihovih produktov (npr. jajca, polži, raki, školjke; Keepax 1981; Stiner 1999; Bar-Yosef Mayer [ur.] 2005). Enako velja tudi za raziskovanje pogostnosti in specifik človekovega poseganja po mrhovini, ki naj sicer v nekaj zadnjih desetisočletjih ne bi (več) bila količinsko pomemben vir živalskih beljakovin in maščob (Ready 2010, 69–73 in tam navedena literatura). Gledano v celoti pa so takšne študije seveda daleč najpogosteje osredotočene na proučevanje vloge živinoreje in (ribo)lova.

Prva udomaćena žival je bil pes, katerega najstarejši poznani ostanki bi utegnili soditi v obdobje med 33.000 in 36.000 leti pred sedanjostjo (Germonpré s sod. 2009; 2015). Sam začetek živinoreje sicer postavljamo v deveto tisočletje pr. n. št., ko naj bi na Bližnjem vzhodu udomaćili prašiča, ovco, kozo in govedo (Naderi s sod. 2008; Chessa s sod. 2009; Vigne s sod. 2011; Bollongino s sod. 2012). Z območij, kjer je do udomaćitev prišlo, je nato človek te živali postopoma poneseš še drugam. V osrednjeslovenskem prostoru so se govedo, drobnica in prašič pojavili sredi 5. tisočletja pr. n. št. (Toškan 2008b, 154; 2011a), na Krasu z okolico pa vsaj drobnica že nekoliko prej (Mlekuž 2003).

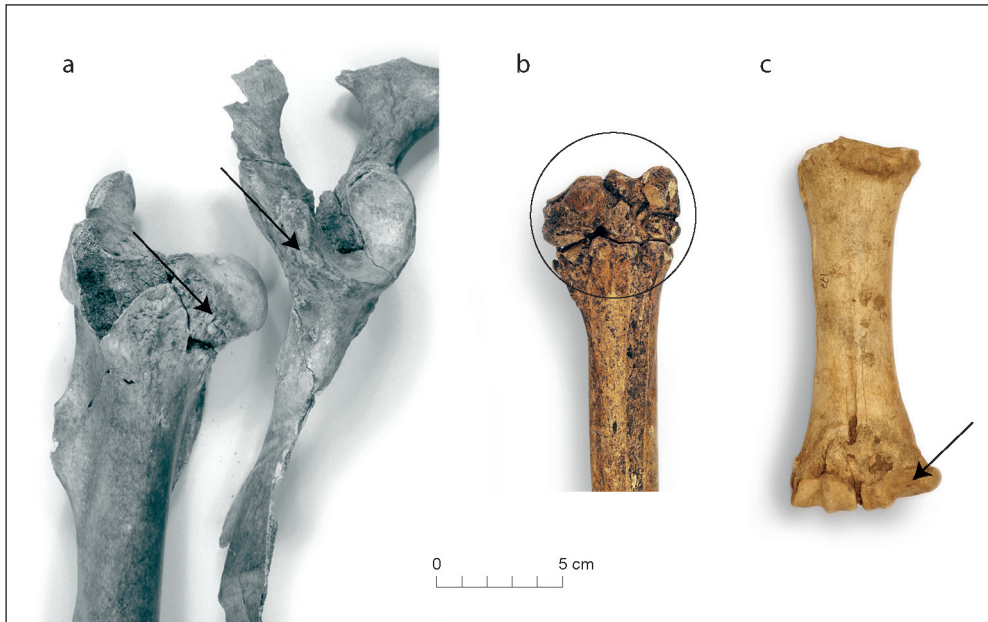
Sprva je bila živinoreja predvsem vir mesa in maščob, sčasoma pa so se pri večini vrst vse bolj v ospredje začeli prebijati različni sekundarni proizvodi (tj. mleko, volna, moč, gnoj; Sheratt 1981; Reynard in Hedges 2008; Greenfield [ur.] 2014). Časovni in prostorski okvir tega procesa je mogoče v zadnjem času natančno spremljati na podlagi rezultatov specifičnih biokemijskih analiz (npr. Mukherjee s sod. 2005; Kimpe s sod. 2005; Mlekuž s sod. 2012), ki med drugim začetke uživanja mleka tudi v srednjeevropskem prostoru postavljajo že v čas mlajše kamene dobe (npr. v drugo polovico 6. tisočletja pr. n. št.; Budja s sod. 2013). Zelo poveden pa je sicer v tem smislu lahko že sam vpogled v starostno strukturo posameznih populacij domačih živali (npr. Lupo 2007; glej tudi uokvirjeno besedilo na str. 113). Če je rejec stremel k izkoriščanju mesa, se je namreč za zakol praviloma odločal pri bistveno nižji starosti živine kot v primeru usmerjenosti v prirejo mleka in runa ali ob uporabi živali za delo na polju in v transportu. Prirastek telesne mase na enoto vložene človekovega dela namreč s staranjem živali upada bistveno hitreje, kot to velja za telesno moč, mlečnost ali kakovost runa. Ob tem je politika reje seveda določala tudi razmerje med spoloma znotraj čred. Posledično je tudi ta podatek arheozoološko dragocen. Delež samcev, samic in **kastratov** je mogoče oceniti na podlagi prisotnosti/odsotnosti nekaterih spolnospecifičnih skeletnih elementov (npr. penilna kost pri samcih številnih vrst placentalnih sesalcev, rogovje pri jelenih, podočniki pri konjih), razlik v oblikovanosti posameznih kosti in zob (npr. Boessneck s sod. 1964, Grigson 1982; Greenfield 2006a), dimenzijskih podatkov (npr. Riedel 1977, 152–154; Weinstock 2006; Debeljak 2007, 481–482) in seveda genetskih raziskav (npr. Svensson E. M. s sod. 2008).

Naraščajoče zanimanje za posamezne sekundarne proizvode živinoreje lahko razumemo kot enega izmed kazalcev dviga razvojne ravni te kmetijske panoge v nekem prostoru. Drugi takšni indikatorji so, denimo, povečana velikost posameznih živali, pojav (proto)pasem in dobro zdravstveno stanje čred. Raziskave procesa udomačevanja so pokazale, da so bili prvi **domestikati** opazno manjši kot njihovi divji zarodniki (Clutton-Brock 1999, 33–34). Seveda so bile primerjave vzpostavljene med primerki istega spola in starostnega razreda, tako da navedeni okoliščini na obstoj in obseg ugotovljenih razlik nista vplivali. Poglavitni razlog za upad velikosti naj bi tičal prav v človekovi nezmožnosti zagotavljanja dovolj dobrih življenjskih razmer, pri čemer je bila domnevno problematična predvsem zagotovitev zadostnih količin ustrezne zimske krme (npr. Greif 1997, 36; Munson 2000, 394–397; Toškan in Dirjec 2004b, 121–123). Delno je k velikostni, v določeni meri pa tudi oblikovni (npr. Bökönyi 1984, 66–92; Riedel 1993; Boschin in Toškan 2012) raznolikosti (okostja) domačih živali prispeval tudi bolj ali manj skrben in načrten nadzor parjenja, kar je privedlo do razvoja različnih form in pasem (npr. Bökönyi 1968; 1984, 24–28; De Grossi Mazzorin in Tagliacozzo 1997). Iz nihanj velikosti domestikativ v prostoru in času lahko tako sklepamo o sposobnosti in odločenosti posameznih skupnosti za celovito ukvarjanje z živinorejo, s tem pa posredno tudi na doseženo razvojno raven gospodarskega, intelektualnega, tehnološkega ali, denimo, politično-organizacijskega razvoja družbe (glej npr. MacKinnon 2004, 86–90; Grau-Sologestoa 2015). V našem prostoru je ta povezava lepo vidna ob bistvenem porastu velikosti (predvsem) goveda po prihodu Rimljanov, čemur je nato sledil enako izrazit upad ob začetku razpadanja rimske države na prehodu iz 4. v 5. stoletje. K navedenim nihanjem je v pomembni meri prispevala prav vpeljava in poznejše izginotje velike napredne rimske pasme goveda (Toškan 2013, 45–46, 59; glej tudi II. del/6.2).

Zelo neposredno lahko o življenjskih razmerah domačih živali v minulih obdobjih sklepamo tudi na podlagi prisotnosti eventualnih patoloških tvorb na kosteh oziroma zobeh. Podatki o vrsti in pogostnosti pojavljanja takšnih patologij nam namreč utegnejo razkriti marsikaj zanimivega o, denimo, kakovosti oskrbe s hrano (npr. **osteoporoza**, **hipoplazija**, motnje v rasti in razvoju kosti zaradi **rahitisa**; npr. Baker in Brothwell 1980; Rooney 1997; Teegen 2005; Bartosiewicz 2008; Bartosiewicz in Gál 2013; sl. 75a), kakor tudi o načinih in intenzivnosti izkoriščanja živali (npr. zraščanje ledvenih vretenc pri jezdni konjih, prekomerna rast kosti ob sklepni delih dlančnic, stopalnic in prstnic ter zraščanje kosti v sklepu pri intenzivno izkoriščanem delovnem govedu; Bartosiewicz s sod. 1997; Bendrey 2007a; Toškan 2011b, 48–49; sl. 75b, c). Znaki podhranjenosti na ostankih drobnice s koliščarskih naselbin Ljubljanskega barja (npr. resorpcija kostnine na rožnicah) tako denimo zelo nazorno pričajo o neustreznosti tedanjega mokrotnega okolja za rejo teh živali (Bartosiewicz s sod. 2009, 56). Navkljub temu pa naj bi tamkajšnji prebivalci zaradi specifičnih ekonomskih interesov (mleko, runo) obseg ovčjih čred postopoma celo povečevali (Toškan 2009c).

Ukvarjanje z živinorejo (in poljedelstvom) je vseskozi zahtevalo veliko vložene časa in energije, pri čemer iztržek seveda ni bil zagotovljen. Za zagotavljanje potrebnih količin mesa v prvih živinorejskih skupnostih sta bila zato še vedno zelo pomembna tudi ribarjenje in lov, ki sta (sploh slednji) pozneje ohranila predvsem vlogo statusnega simbola. Z vpogledom v številčnost in vrstno pestrost ostankov lovnih vrst lahko tako osvetlimo celo kopico zanimivih problematik, od povsem osnovnih razlik v strategiji preživetja med različnimi sicer sočasnimi človeškimi skupnostmi (npr. Velušček 2005; Toškan 2008b;

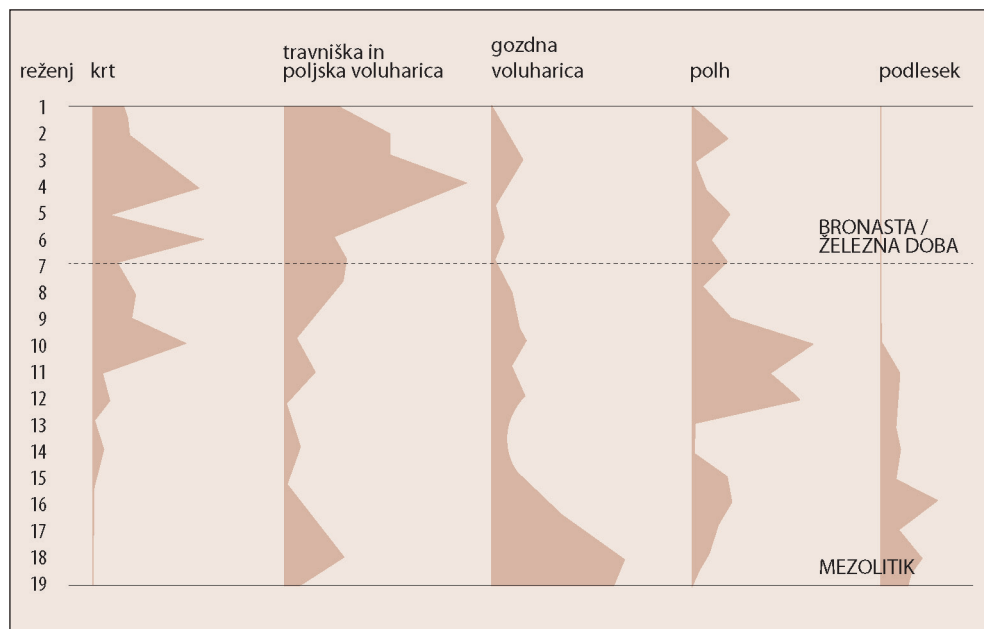




Sl. 75: Pri preučevanju zdravstvenega stanja živalskih populacij je pozornost usmerjena k ostankom s (sub)patološkimi spremembami. Nekaj primerov: a – koščeni izrastki (eksostoze) na stegenici in medenici konja, domnevno nastali zaradi vnetja pokostnice; b – zraščenosnartnic in proksimalnega dela stopalnice (bramor) pri konju kot posledica izpostavljenosti medkostnih ligamentov povečanemu ponavljajočemu stresu pri udarjanju noge ob tla med ježo; c – koščeni izrastki (eksostoze) in razširitev epifiz dlančnice domačega goveda (puščica), ki jih je povzročilo intenzivno izkoriščanje živali kot delovne živine.

2011a), funkcionalne oziroma socialne razslojenosti družbe (npr. Marti-Grädel s sod. 2004; MacKinnon 2004, 212–215; Krauskopf 2005, sl. 5; Schmitt in Lupo 2008) in časovnega umeščanja največkrat podnebno pogojenih izpadov v iztržku kmetijskih dejavnosti (npr. Schibler s sod. 1997) pa do raznolikosti nekdanje favne na proučevanem območju in študij podobe nekdanjega okolja (npr. Govedič 2004, 147–159; Janžekovič in Malez V. 2004, 163–166).

Enako kot živinoreja tudi lov ni zagotavljal zgolj dodatnih količin mesa in maščob. Pomemben je lahko bil tudi kot vir krzna in kož, kar lahko ugotovljamo s proučevanjem mest pojavljanja urezov na posameznih skeletnih elementih (npr. Binford 1981, 105–141; Zeiler 1987) ali na podlagi najdb specializiranega orodja (npr. pripomočkov za strojenje kož). Sledi urezov – vključno z zasekaninami, odtisi živalskih zob in vzorcem fragmentiranosti – so ključne tudi za razlikovanje med ostanki človekovega plena in mrhovine (npr. Blumenschine 1995; Capaldo 1998). Z analizo (pol)izdelkov živalskega izvora lahko ocenimo obseg uporabe kosti, zob in rogov/rogovja kot surovine za izdelavo orodij, orožja in okraskov (npr. Choyke in Bartosiewicz [ur.] 2001; Toškan 2009b). Nič manj dragocene niso študije podatkov o sezoni lova, ki lahko pomembno prispevajo k prepoznavanju obdobja zadrževanja človeka na nekem najdišču ali pa k ugotavljanju strategije oskrbovanja s



Sl. 76: Povečan delež zastopanosti vrst odprtih habitatov (travniška voluharica, poljska voluharica, tudi krt) ob sočasnem upadu deleža gozdnih (gozdna voluharica, polh, podlesek) na prehodu iz mezolitskih plasti (režnji 8–19) v plasti bronastodobne/železnodobne starosti (režnji 1–7) na najdišču Viktorjev spodmol pri Famljah priča o očitnih razlikah v gozdnatosti tamkajšnje širše okolice v obeh navedenih obdobjih (glej tudi II. del/5.3). Po predlogi: Toškan in Kryštufek 2004, 132.

hrano in samih tehnik lova (Greif 1997, 31–36; Reitz in Wing 2008, 260–266; Bartosiewicz s sod. 2009, 56). Za celovito razumevanje prednamcev pa so seveda še kako relevantna tudi spoznanja o simbolnem pomenu nekaterih divjih živali oziroma samega akta lovanja (npr. Odar 2012; Toškan 2010a, 95; Turk 2014).

Pomemben del arheozooloških raziskav je osredotočen na analizo manipuliranja s hrano živalskega izvora. Vzorčen primer takšnih študij je analiza izbire obdobja za zakol znotraj koledarskega leta, saj ima ta seveda pomembne implikacije za razumevanje gospodarstva neke skupnosti (npr. Monks 1981; Munson 2000; Toškan in Dirjec 2004b, 121–123). Zelo povedna utegnejo biti tudi med- ali znotrajnajdiščna razhajanja v postopkih razkosavanja živalskega trupa (npr. Maltby 1989, 2007; Riedel 1994, 60–61) in v načinih in intenzivnosti razbijanja kosti za pridobivanje maščob (Outram 2004). Tovrstni podatki lahko namreč med drugim pomagajo bolje razumeti poselitvene mreže (npr. Reitz in Wing 2008, 257–260), stopnje prehranske oskrbljenosti posameznih skupnosti (npr. Toškan 2011a, 277–279), etnične strukturiranosti prebivalstva (npr. Riedel 1994, 60–61; Barth 2001), ravni funkcionalne diferenciacije znotraj nekega območja (npr. Stokes 2000, 147; Dirjec s sod. 2012, 36–42) ali pa načinov in obsega prerazporejanja dobrin (npr. MacKinnon 2004, 198–199, 219–222; Oueslati s sod. 2006). Slednje ponuja zanimive iztočnice tudi za raziskovanje smeri, dolžine in prepletenosti trgovskih poti (npr. Bartosiewicz 1996;

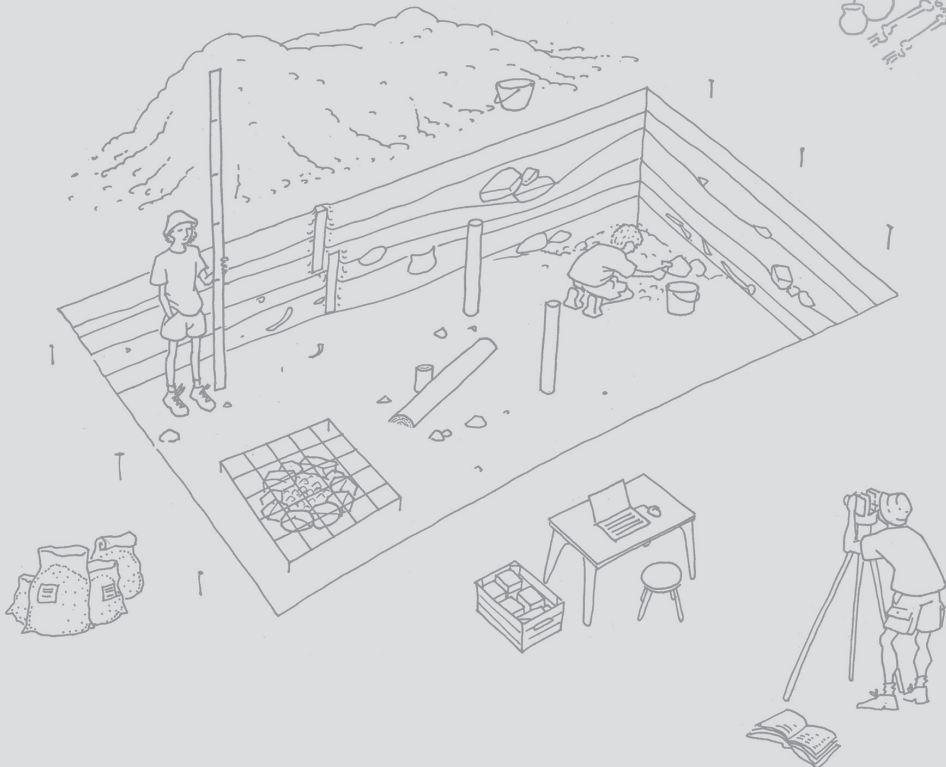
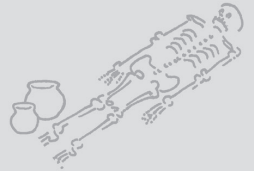
Roth 1999; Govedič 2004, 143–146) ter obstoja socialnih, funkcionalnih in etničnih razlik v družbi (npr. Audoin-Rouzeau 1995; Bartosiewicz 1999b, 146–148; Schibler s sod. 2011; Toškan in Dirjec 2010). V tem smislu so lahko zelo povedne študije o živalih kot statusnem simbolu oziroma hišnem ljubljencu (Bökönyi 1984, 66; Pucher 1989–90, 93; Dular 2007, 750 in tam navedena literatura; Bajnóczi s sod. 2012). Podobno je tudi pri analizah živalskih ostankov s svetišč in grobišč (npr. Lauwerier 1983; Wilson 1999; Dular 2007; Toškan 2013, 49–53), ki so sicer pomembne predvsem za razumevanje duhovnega sveta ljudi v preteklosti.

Ob koncu si na kratko pogledjmo še potencial arheozooloških raziskav v kontekstu študij podobe nekdanjega okolja. Tradicionalno se tega lotevamo s projiciranjem ekoloških toleranc današnjih populacij posameznih vrst na populacije minulih obdobij. Zaradi tega so, denimo, mali sesalci boljši kazalci nekdanjih habitatov kot veliki. Praviloma jih namreč označujejo ozke ekološke zahteve (tj. manj uspešno se prilagajajo na različne habitate) in sorazmerno skromna mobilnost (npr. Andrews 1990; Vigne in Valladas 1996; Toškan in Kryštufek 2007; sl. 76). Iz podobnih razlogov so lahko zelo povedni tudi podatki o zastopanosti različnih vrst mehkužcev, rib in ptic (npr. Goodfriend 1992; Slapnik 2004; Govedič 2004, 147–149; Janžekovič s sod. 2005). Za pravilno interpretacijo rezultatov tovrstnih študij je ključno prepoznati žive in/ali nežive dejavnike, ki so ključno prispevali h kopičenju analiziranih kosti (npr. Andrews 1990; Toškan 2012). Arheozoološki vzorec, ki je denimo skupek ostankov hrane neke živali ali celo človeka, ne kaže le sestave lokalne živalske združbe iz obdobja njenega nastanka, temveč tudi priljubljenost posameznega plena pri danem plenilcu. Poleg tega se je treba zavedati, da so se številne živali sposobne prilagoditi na različna okolja in so torej v preteklosti lahko naseljevale tudi drugačne habitate od tistih, v katerih živijo danes (npr. Musil 1985; Miracle in Sturdy 1991; Van Kolfshoten 1995; Varela s sod. 2010). V zadnjih desetletjih je bilo zato razvitih več novih pristopov k paleoekološkim študijam, kot so preučevanje mikromorfologije posameznih skeletnih elementov (npr. McGuire 2010), analiza izotopov (npr. Drucker s sod. 2009) ali obravnava prepleta različnih populacijskih lastnosti vrst znotraj proučevanih združb (npr. Hernández Fernández 2001; Toškan 2007a, 241–244).





**II. del:**  
**PRIMERI**  
**PALEOOKOLJSKIH**  
**RAZISKAV**





# Uvod

V drugem delu knjige predstavljamo nekaj primerov raziskav, s katerimi želimo ilustrirati teoretična izhodišča, predstavljena v prvem delu knjige. Pokazati želimo, kakšnih raziskovalnih problemov se palinologi, arheobotaniki in arheozoologi lotevamo ter kakšne so interpretativne možnosti in omejitve vsake vede. Predstavljena raziskovalna področja so komplementarna, s številnimi podobnostmi in razlikami med vedami. Razlike, ki so posledica drugačnih raziskovalnih tradicij, terminologije ter dogovorov in standardov znotraj vsake vede, smo v knjigi deloma poenotili, deloma pa smo jih ohranili in razložili, da bi tako bralcu olajšali branje znanstvene literature, ki je navedena na koncu knjige.

Rdeča nit naših raziskav je, da jih vsi izvajamo v času in prostoru ter glede na taksonomske kategorije rastlin in živali. V nadaljevanju predstavljamo taksonomske kategorije in kronološke sheme, ki jih uporabljamo pri opisih primerov paleookoljskih raziskav.

## Taksonomija rastlin in živali

**Taksonomija** je veda, ki v sistematski biologiji hierarhično razvršča živa bitja glede na medsebojno sorodnost. Taksonomske skupine (= **taksoni**) in z njimi razvrščanje živih bitij so se skozi čas postopno spreminjale oz. dopolnjevale, saj so se odkrivale nove in nove življenjske "oblike". Najstarejša in najpreprostejša taksonomska delitev organizmov je bila na dve kategoriji, in sicer kraljestvi (Regnum): rastlin (Plantae) in živali (Animalia). Danes vemo, da takšna delitev ne pomeni dveh **filogenetsko** povezanih (sorodnih) skupin, ampak temelji na načinu življenja (pritrjeno, gibljivo) in/ali prehranjevanja ter s tem povezano zgradbo organizma (npr. Jogan 2003).

Do pred nekako 20 leti se je sistematika živega sveta postopno dograjevala in zdelo se je, da je slika vse bolj jasna. Z uvedbo **kladističnih** konceptov v molekularni sistematiki, ki večinoma temelji le na analizi nukleinskih kislin v genomu in prepoznava taksonomskih skupin, se je ta splošno sprejeti koncept na najvišjih taksonomskih ravneh (tj. od kraljestva do razreda [Classis] rastlin/živali) začel rušiti in žal še vedno ni splošno sprejetega novega modela klasifikacije (Jogan, osebna komunikacija). V okviru palinologije, arheobotanike in arheozoologije so te akademske razprave pravzaprav nepomembne, zato ohranjamo koncepte sistematike iz druge polovice 20. stoletja, konkretno pri rastlinah sledimo Mali flori Slovenije (Martinčič [ur.] 1999/2007), pri živalih pa Ključu za določanje vretenčarjev Slovenije (Kryštufek in Janžekovič 1999).

Izraz takson, ki ga v tej knjigi večkrat uporabljamo, je tako katera koli taksonomska "oblika" oz. sistematska skupina živali ali rastlin, torej formalno prepoznana skupina medsebojno sorodnih organizmov (npr. Jogan 2003). Največkrat pa se nanaša bodisi na

TAKSONOMSKE SKUPINE	PRIMER RASTLINSKE VRSTE	PRIMER ŽIVALSKÉ VRSTE
kraljestvo (Regnum, reg.)	Plantae (rastline)	Animalia (živali)
deblo (Phylum, phyl.)	Spermatophyta (semenke)	Chordata (strunarji)
razred (Classis, cl.)	Magnoliatae (dvokaličnice)	Mammalia (sesalci)
red (Ordo, or.)	Santalales (lanikovci)	Carnivora (zveri)
družina (Familia, fam.)	Vitaceae (vinikovke)	Canidae (psi)
rod (Genus, gen.)	<i>Vitis</i> (trta)	<i>Canis</i> (psi)
vrsta (Species, sp.)	<i>Vitis vinifera</i> (vinska trta)	<i>Canis lupus</i> (volk)
podvrsta (Subspecies, ssp.)	<i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>sylvestris</i> (divja vinska trta)  <i>Vitis vinifera</i> ssp. <i>vinifera</i> (udomačena vinska trta)	<i>Canis lupus dingo</i> (dingo)

Sl. 77: Osnovne hierarhično podane taksonomske skupine v sistematski biologiji (po Jogan 2003; Batič in Košmrlj-Levačič [ur.] 2011; Martinčič [ur.] 1999/2007; Kryštufek in Janžekovič 1999) z navedenimi primeri. Poudarjene so značilne končnice znanstvenih (latinskih) imen za posamezno skupino (kategorijo).

podvrsto (Subspecies), vrsto (Species), rod (Genus) ali družino (Familia) (glej sl. 77). Od prepoznavnosti in ohranjenosti rastlinskih in živalskih ostankov je odvisno, kako natančno nam bo uspelo arheobiološki ostanek identificirati. V palinologiji je to najpogosteje do rodu ali družine, v arheobotaniki in arheozoologiji pa do vrste (tudi podvrste) ali rodu (glej sl. 77).

Kadar nam uspe arheobiološki ostanek določiti do družine natančno, se latinsko ime rastline konča na “-aceae” (npr. Vitaceae), živali pa na “-idae” (npr. Canidae). Imena družin in vseh drugih višjih taksonomskih skupin pišemo v navadni “pokončni” pisavi in z veliko začetnico. Rodovna latinska imena, ki jih ravno tako podajamo z veliko začetnico in imena vseh drugih nižjih taksonomskih skupin (tj. vrst, podvrst) pišemo v “ležeči” pisavi (sl. 77). Če nam uspe ostanek določiti do vrste ali celo do podvrste (ssp.) natančno, podamo celotno znanstveno ime rastline/živali (npr. *Pinus sylvestris* [rdeči bor], *Sus scrofa* [divji prašič], *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris* [udomačena vinska trta], *Canis lupus dingo* [dingo]) (sl. 77). V primeru določitve zgolj do rodu natančno, na koncu rodovnega imena dodamo še kratico “sp.” (species; npr. *Vitis* sp. [trta], *Canis* sp. [psi]). Vrstne in podvrstne pridevke pišemo z malo začetnico. Pri tem je treba poudariti, da sta nomenklaturna kodeksa za botaniko in zoologijo nekoliko različna. V botaniki npr. “tavtonimi” – ko se v vrstnem pridevku ponovi rodovno ime – niso dovoljeni (Jogan 2003), medtem ko so v zoologiji sorazmerno pogosti (npr. *Alces alces* [los], *Bufo bufo* [krastača]). V botaniki pred podvrstnim imenom zapišemo kratico “ssp.”, medtem ko v zoologiji ni tako (glej sl. 77).



Včasih pri poimenovanju skupin rastlin/živali uporabljamo tudi netaksonomske kategorije, ki so ljudem bolj poznane, npr. žita (*Cerealia*) – ta bi po nomenklaturi slovenske flore spadala v družino trav (*Poaceae*). Vendar pa bi s takšnim, taksonomsko sicer pravilnim poimenovanjem izgubili podatek, da gre za ostanke kulturnih rastlin (natančneje žit). Podobno uporabljamo tudi netaksonomski izraz monoletne spore praproti (*Filicales*) in npr. drobnica za taksonomsko ožje nedoločene kosti in zobe ovce (*Ovis aries*) in koze (*Capra hircus*).

## Časovne skale

Zaradi različne tradicije raziskav in metod datiranja se v literaturi uporabljajo različne časovne skale (glej sl. 78). Različico, ki čas meri v letih pred našim štetjem (pr. n. št. = BC, angl. "Before Christ") in našega štetja (n. št. = AD, lat. "*Anno Domini*"), pogosto uporabljajo zgodovinarji, arheologi, arheobotaniki in arheozoologi, ki se ukvarjajo s holocenom, medtem ko se časovni skali, ki čas merita v letih pred sedanostjo (BP, b2k), uporabljata pri proučevanju starejših arheoloških obdobj (paleolitik) in z njimi povezanih naravoslovnih raziskavah ter pri geoloških, paleoekoloških, paleoklimatoloških in palinoloških raziskavah.

Prvi izmed omenjenih sistemov temelji na krščanskem štetju let. Zasnovan je bil v 6. stoletju n. št., vendar so ga začeli širše uporabljati šele nekaj stoletij pozneje. Bil je osnova za gregorijanski koledar, ki ga je leta 1582 uvedel papež Gregorij XIII. Po tem koledarskem sistemu se leta našega štetja štejejo od leta rojstva Jezusa Kristusa iz Nazareta, ki ga zgodovinarji sicer postavljajo med letoma 6 in 4 pr. n. št. (Maier 1989). Začne se z letom 1 n. št. (1 po Kr., AD 1), ki neposredno sledi letu 1 pr. n. št. (1 pr. Kr., 1 BC). Ta sistem štetja let leta 0 ne pozna. Namesto okrajšav BC in AD se lahko uporabljata tudi versko nevtralni oznaki BCE (angl. "Before Common/Current Era") in CE (angl. "Common/Current Era"). Kronološki sistem je vezan na zgodovino pisne vire, s katerimi dogodke pogosto lahko datiramo do leta/desetletja natančno, zato se je takšno štetje let uveljavilo tudi pri proučevanju holocenskih arheoloških obdobj.

Drugi sistem merjenja časa, ki je nastal v petdesetih letih 20. stoletja, je povezan z uvedbo datiranja z radioaktivnim ogljikovim izotopom  $^{14}\text{C}$  (t. i. **radiokarbonsko datiranje**, glej I. del/1.6). Časovna skala starost meri v letih pred sedanostjo (BP, angl. "Before Present"), pri čemer je bila sedanost (leto 0) določena kot 1. januar 1950 n. št. Leto 1950 je bilo izbrano za izhodišče časovne skale, ker so bile takrat objavljene prve radiokarbonske datacije (konec leta 1949, Arnold in Libby 1949). Poleg tega se je zaradi jedrskih poskusov po drugi svetovni vojni razmerje ogljikovih izotopov ( $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) v atmosferi tako porušilo, da je datiranje dogodkov, mlajših od leta 1950, postalo težavno (Currie 2004; Hua s sod. 2013).

Tretja časovna skala (angl. "Greenland Ice Core Chronology 2005", GICC05), ki čas meri v tisočletjih pred letom 2000 n. št. (b2k, angl. "before 2 kiloyears"), temelji na štetju letnih plasti v ledu grenlandske vrtine *NGRIP*. Ta časovna skala je bila uporabljena za sinhronizacijo vrtin *DYE-3*, *GRIP* in *NGRIP* (Rasmussen s sod. 2006, glej II. del/6.1) in se v zadnjih letih uporablja za sinhronizacijo globalnih podnebnih dogodkov (Lowe s sod. 2008).

Radiokarbonsko datiranje je ena najpogosteje uporabljenih metod za določanje starosti pri arheoloških in paleoekoloških raziskavah (glej I. del/1.6). Zemeljsko ozračje vsebuje

NAŠEGA ŠTETJA PRED NAŠIM ŠTETJEM		PRED SEDANJOSTJO	PRED SEDANJOSTJO – KRONOLOGIJA NGRIP	ARHEOLOŠKA OBDOBJA V SLOVENIJI		
n. št. = AD (Anno Domini) pr. n št. = BC (Before Christ)		BP (Before Present)	B2K (Before 2 Kilo years)			
AD	2000	0	1950	0	2000	NOVI VEK
	1000	-1000		-1000		POZNI SREDNI VEK VISOKI SREDNI VEK ZGODNJI SREDNI VEK POZNA ANTIKA SREDNI VEK
	0	0		-2000	-2000	RIMSKA DOBA
						MLAJŠA STAREJŠA ŽELEZNA DOBA
	-1000	-3000		-3000	-3000	POZNA MLAJŠA SREDNJA BRONASTA DOBA
	-2000	-4000		-4000	-4000	STAREJŠA
	-3000	-5000		-5000	-5000	ENEOLITIK BAKRENA DOBA
	-4000	-6000		-6000	-6000	
	-5000	-7000		-7000	-7000	NEOLITIK MLAJŠA KAMENA DOBA
	-6000	-8000		-8000	-8000	
	-7000	-9000		-9000	-9000	MEZOLITIK SREDNJA KAMENA DOBA
	-8000	-10.000		-10.000	-10.000	
	-9000	-11.000		-11.000	-11.000	
HOLOCEN						
	-10.000	-12.000		-12.000	-12.000	
	-11.000	-13.000		-13.000	-13.000	
	-12.000	-14.000		-14.000	-14.000	PALEOLITIK STAREJŠA KAMENA DOBA
	-13.000	-15.000		-15.000	-15.000	
	BC -14.000	BP -16.000		B2K -16.000	-16.000	
PLEISTOCEN						

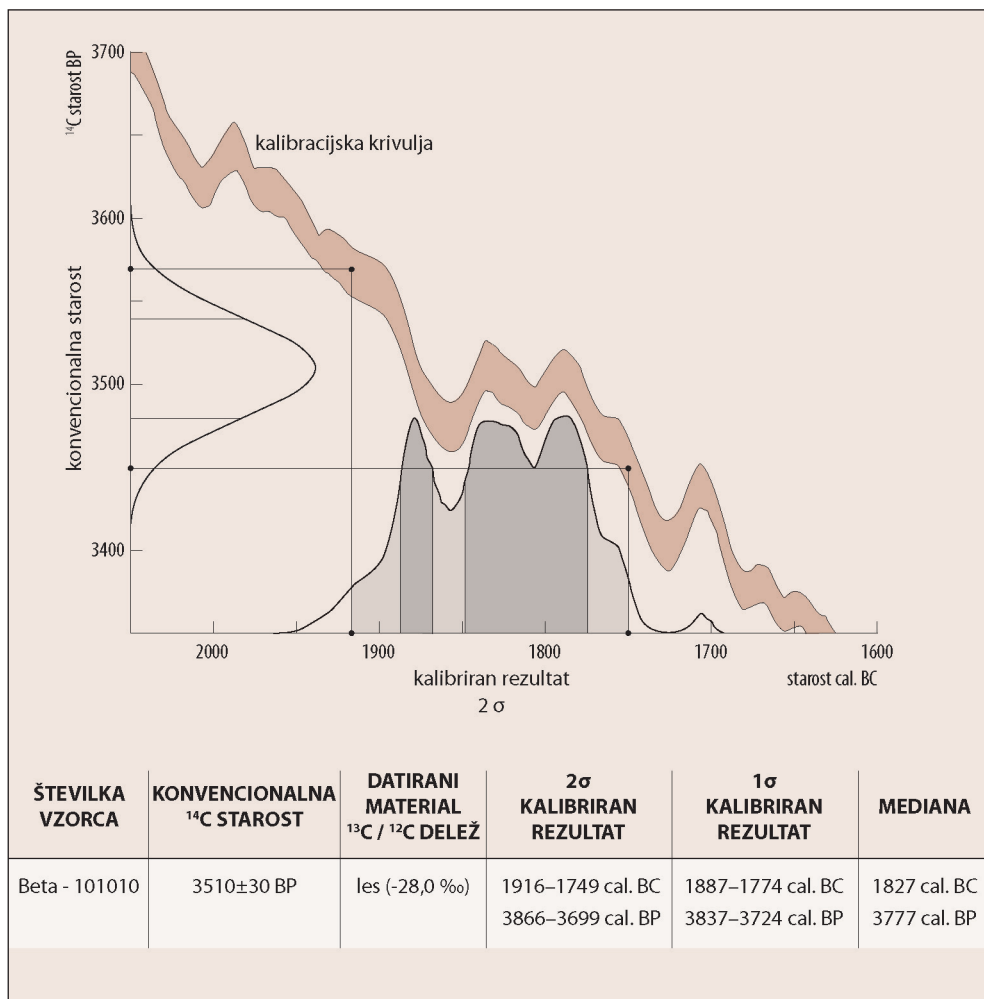
stabilni ( $^{12}\text{C}$ ) in radioaktivni ( $^{14}\text{C}$ ) ogljikov izotop. Oba se vgrajujeta v žive organizme, ko pa ti umrejo, začne nestabilni radioaktivni ogljik ( $^{14}\text{C}$ ) razpadati v dušik ( $^{15}\text{N}$ ). Glede na količino preostalega radioaktivnega ogljika ( $^{14}\text{C}$ ) v organizmu (če je ta mlajši od pribl. 50.000 let) lahko določimo njegovo starost. Ker se je količina ogljikovega izotopa  $^{14}\text{C}$  v zraku v zemeljski zgodovini spreminjala, dolžina radiokarbonskega “leta” ni enaka dolžini koledarskega “leta”. Zato je radiokarbonske meritve (t. i. radiokarbonske datacije) treba umeriti (kalibrirati), da postanejo primerljive s koledarsko časovno skalo. Rezultat radiokarbonske meritve (konvencionalno starost  $^{14}\text{C}$ , ki je bila izračunana na osnovi rezultatov meritve in razpolovne dobe za ogljik, <http://www.radiocarbon.com/PDF/Beta-AMS-Methodology.pdf>) pretvorimo v koledarski sistem tako, da jo primerjamo z vrednostmi na kalibracijski krivulji (glej sl. 79). Kalibracijske krivulje so statistično obdelane zbirke radiokarbonskih meritev v izbranih paleookoljskih arhivih (drevesa, jezerski in morski sedimenti, korale, stalagmiti), katerih starost je bila določena z neodvisno metodo, npr. štetjem branik, **lamin** ali datiranjem **U/Th** (npr. Reimer s sod. 2013). Zaradi že omenjenega nihanja koncentracije  $^{14}\text{C}$  v atmosferi kalibracijska krivulja ni premica, ampak na nekaterih delih zaniha oz. tvori platoje, zato je na teh delih krivulje kalibracija nekoliko manj natančna (glej sl. 79). Ker se kalibracijske krivulje stalno izboljšujejo, je pomembno, da se objavijo celotni, surovi podatki meritev, ki vključujejo ime laboratorija, vrsto/tip datiranega materiala in konvencionalno starost  $^{14}\text{C}$ , ne pa samo  $2\sigma$  kalibriran rezultat (glej sl. 79). Z radiokarbonskim datiranjem starosti predmeta ali trajanja dogodka (obdobja) ne moremo določiti do koledarskega leta natančno. Govorimo lahko le o verjetnosti, da “prava” starost (čas trajanja) sodi v določeno koledarsko leto ali obdobje (glej še I. del/1.6).

Pri objavljanju rezultatov radiokarbonskega datiranja je pomembno, da navedemo številko vzorca. Tako ob večkratni objavi iste radiokarbonske datacije oz. objavah več zelo podobnih/enakih datacij z istega najdišča vemo, ali gre dejansko za isti vzorec. Pred številko stoji oznaka laboratorija, kjer je bila meritev opravljena (npr. “Beta-” za Beta Analytic ali “Poz-” za Poznan). Pomembno je, da se poleg številke vzorca objavi še konvencionalna starost  $^{14}\text{C}$  in pripiše, kateri material je bil datiran. Vzorci, ki vsebujejo organski ogljik vodnih rastlin, imajo nizke vrednosti  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  (npr.  $-32\text{‰}$ ). Ker vodne rastline organski ogljik lahko jemljejo tudi iz geološke podlage, so takšne radiokarbonske datacije lahko nekoliko “prestare” (glej I. del/1.6 in II. del/2.2).

Konvencionalno starost  $^{14}\text{C}$  pretvorimo v koledarski sistem tako, da jo kalibriramo, tj. primerjamo z vrednostmi na kalibracijski krivulji (glej I. del/1.6). Kalibriran rezultat  $2\sigma$  pomeni 95-odstotno verjetnost, da “prava” starost datiranega vzorca leži med navedenima vrednostma, tj. v našem primeru (glej sl. 79) med 1916 in 1749 cal. BC. Pri razponu  $1\sigma$  (1887–1774 cal. BC) je ta verjetnost le 68-odstotna. Razmeroma širok razpon  $2\sigma$  (167 let) v našem primeru je posledica t. i. “platoja” (= položnega dela na kalibracijski



Sl. 78: Primerjava različnih časovnih skal/koledarskih sistemov in arheoloških obdobj. Čeprav je na časovni skali BC/AD zaradi lažje primerjave med koledarskimi sistemi označeno leto 0, to pravzaprav ne obstaja, ker letu 1 pr. n. št. takoj sledi leto 1 n. št. Arheološka obdobja niso točno zamejena, čas trajanja in poimenovanje posameznih obdobj se v različnih delih Evrope pogosto razlikujeta. Včasih so tovrstne razlike opazne tudi znotraj slovenskega ozemlja.



Sl. 79: Primer navajanja radiokarbonske datacije, ki je bila kalibrirana s programom Calib 7.0.2 (<http://calib.qub.ac.uk/calib/>), in kalibracijsko krivuljo Intcal 13 (Reimer s sod. 2013).

krivulji), ko je bila koncentracija radioaktivnega ogljika v ozračju v nekaterih letih zelo podobna (enaka). **Mediana** (sredinska vrednost meritev; glej II. del/3.2) se včasih uporablja pri izdelavi časovnih modelov za palinološke vrtime (glej II. del/1.1).

# 1 Primerna izbira osnovnih metod dela

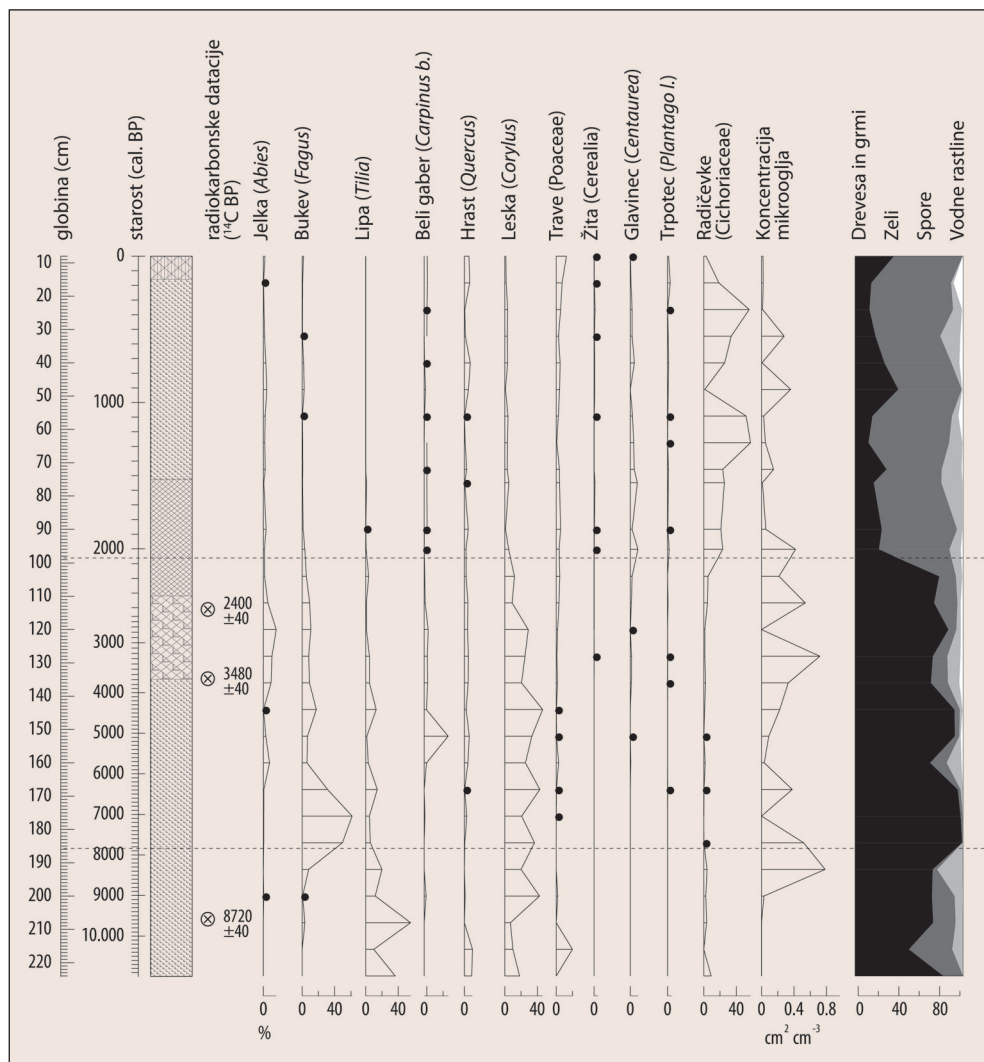
## 1.1 Vpliv števila vzorcev na kakovost palinološke raziskave

Izbira raziskovalnih metod vpliva na kakovost raziskave in posledično natančnost, s katero proučujemo okoljske razmere v preteklosti. Kratkotrajne spremembe nekdanjega okolja so dobro vidne le pri palinoloških raziskavah, ki imajo veliko **resolucijo** (gostoto, ločljivost) vzorčenja in dober kronološki nadzor.

Tafonomski procesi (glej I. del/1.3) na paleoekoloških najdiščih so navadno preprostejši kot na arheoloških najdiščih. V jezerih in močvirjih se sediment in z njim pelod bolj ali manj enakomerno odlagata v daljšem časovnem obdobju. Tako nastaja kronološko zaporedje plasti, starejše plasti ležijo pod mlajšimi. Izjemoma, če je bil sediment zaradi delovanja vode, erozije ali kakšnih drugih procesov preložen in premešan, del zaporedja lahko manjka (glej spodaj; II. del/1.1) ali pa pride do t. i. "inverznih datacij", ko starejše plasti oziroma datirani material ležijo nad mlajšimi.

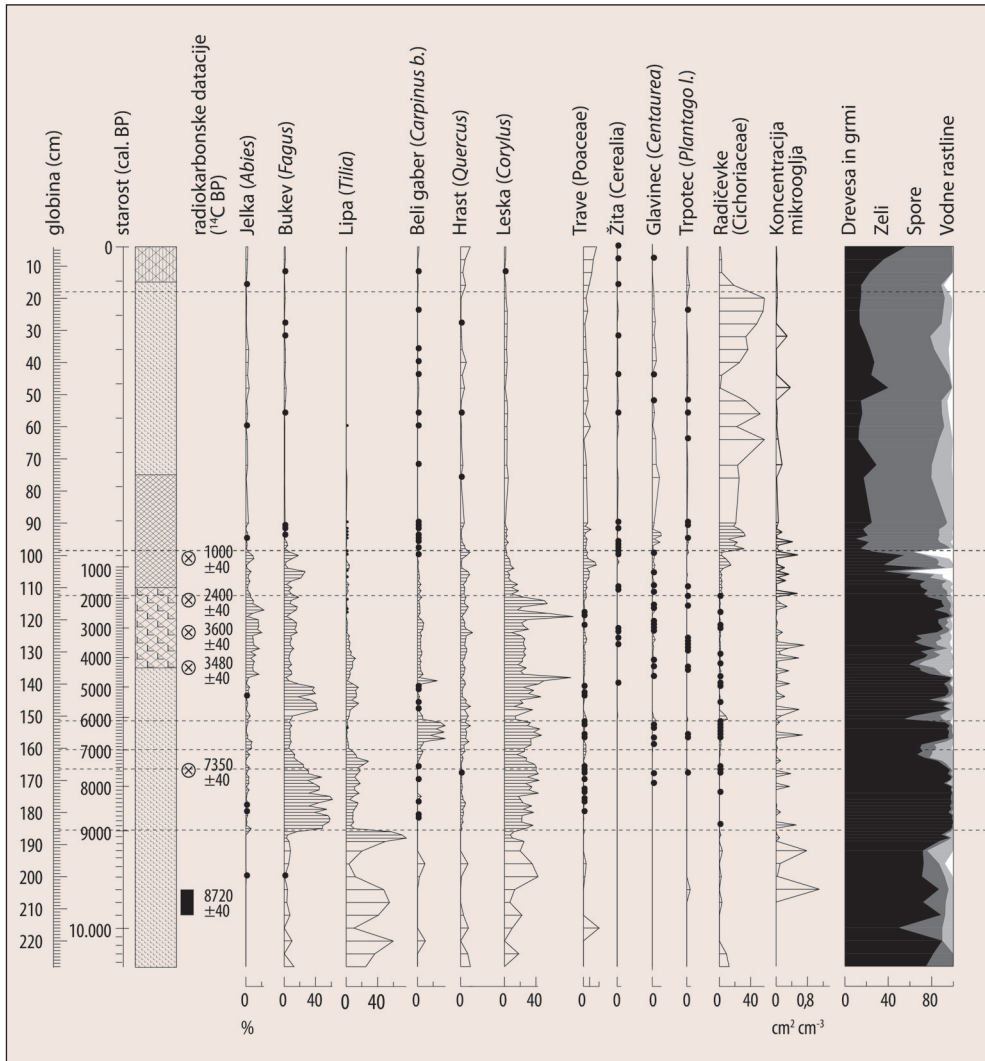
Več palinoloških vzorcev ko v zaporedju sedimentov analiziramo pri najdiščih brez tafonomskih problemov, podrobneje lahko rekonstruiramo razvoj nekdanje vegetacije, in več vzorcev ko radiokarbonsko datiramo, bolj natančno vemo, kdaj so se zgodile spremembe v sestavi rastlinstva. Čeprav je natančnost raziskave, ki jo bomo izvajali, odvisna od našega vsakokratnega raziskovalnega vprašanja, so minimalni standardi kakovosti raziskave nujno potrebni. V nadaljevanju predstavljamo nekaj primerov, s katerimi želimo pokazati, kako število vzorcev in radiokarbonskih datacij (glej I. del/1.6) vpliva na našo interpretacijo.

Na sliki 80 sta prikazana dva pelodna diagrama s paleoekološkega najdišča *Mlaka*, prvi (a) ima manjšo, drugi (b) večjo resolucijo vzorčenja. Na pelodnem diagramu z manjšo resolucijo vzorčenja (sl. 80a) je bilo v dobra dva metra dolgi vrtini analiziranih 28 palinoloških vzorcev, starost sedimenta pa je bila ocenjena z **linearno interpolacijo** median treh radiokarbonskih datacij (sl. 81, označene z rastrom, model a), ki predvideva, da se je sediment na odsekih med globinami 115, 136 in 208 cm odlagal enakomerno. Po oceni starosti (model a) lahko sklepamo, da se je v spodnjem delu vrtine (pod 136 cm globine) vsakih 1000 let odložilo približno 12 cm sedimenta (0,12 mm letno), medtem ko je bila v zgornji polovici (nad 136 cm) hitrost odlaganja sedimenta nekajkrat večja (47 cm v 1000 letih, 0,47 mm na leto). Ker so bili palinološki vzorci pobirani enakomerno (vsakih 8 cm), je časovna ločljivost diagrama v spodnjem delu vrtine skoraj petkrat slabša kot v zgornjem, kar pomeni, da z diagrama lahko razberemo, kakšna je bila sestava vegetacije vsakih 960 let (oziroma vsakih 170 let v zgornji polovici vrtine, kjer je bila sedimentacija hitrejša). Po pelodnem diagramu (sl. 80a) lahko sklepamo sledeče: v zgodnjem holocenu pred pribl. 11.000–8500 leti je v okolici paleoekološkega najdišča uspeval večinoma listnat gozd, v katerem so rasli lipa (*Tilia*), leska (*Corylus*), hrast (*Quercus*), breza (*Betula*)



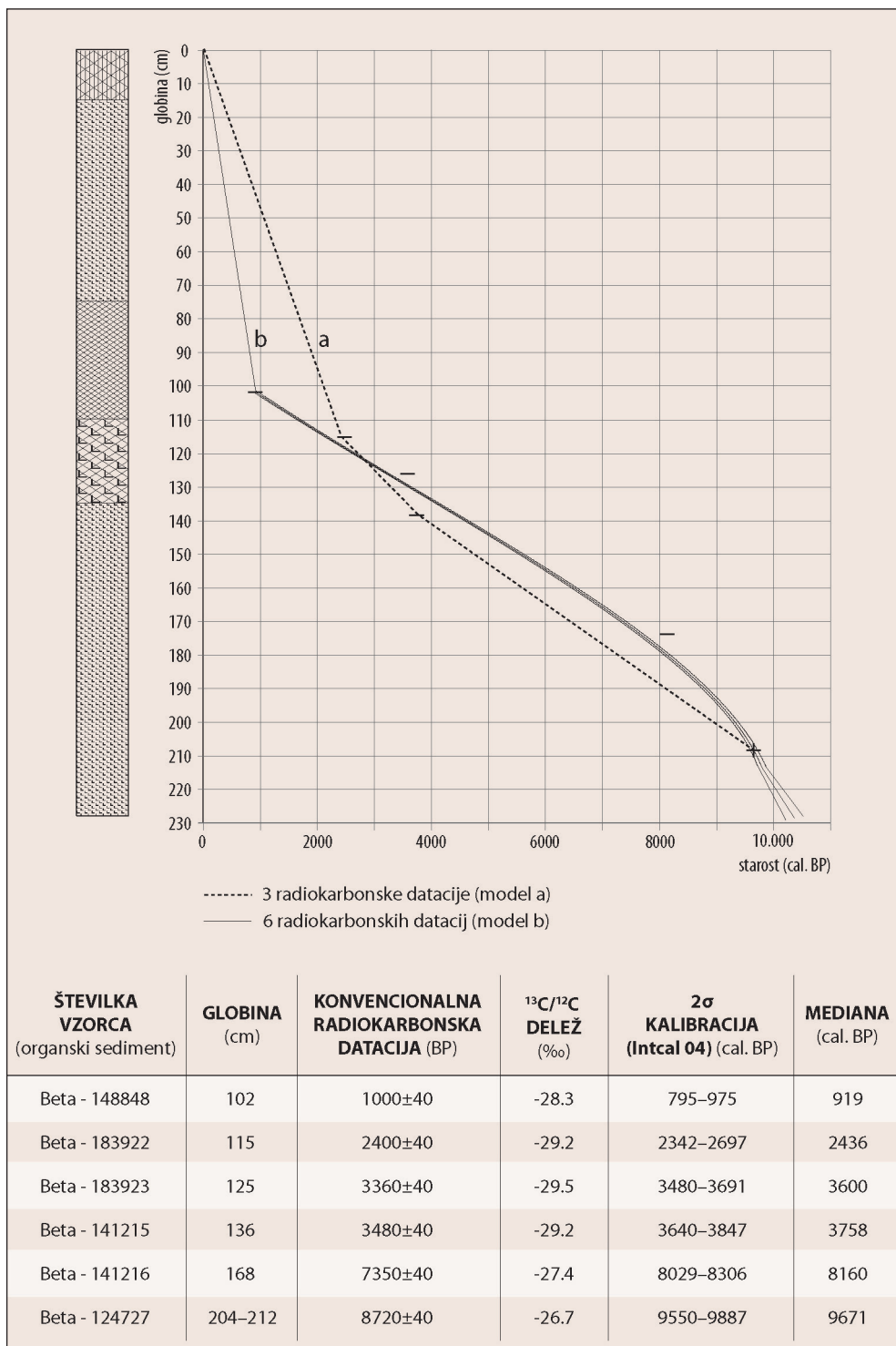
Sl. 80a: Pelodni diagram s povprečno resolucijo vzorčenja in oceno starosti na osnovi treh radiokarbonskih datacij. Po predlogi: Andrič 2007, sl. 3, tab. 3.

in bor (*Pinus*). Pred 8500 leti se je sestava gozda močno spremenila, skoraj 2000 let je prevladoval bukov gozd. Sledil je upad bukve (*Fagus*), nato pa se je pred pribl. 5000 leti za kratek čas (največ nekaj stoletij) razširil beli gaber (*Carpinus betulus*). V tem obdobju izrazitega človekovega vpliva na okolje ni mogoče zaznati. Od antropogenih indikatorjev je bil najden le pelod glavnca (*Centaurea*), prvi pelod žit (*Cerealia*) pa se je pojavil šele pred dobrimi 3000 leti. Močnejše izsekavanje/požiganje gozda lahko zaznamo šele pred pribl. 2000 leti, ko je nastala zelo odprta, današnji podobna pokrajina.



Sl. 80b: Pelodni diagram z iste lokacije z visoko resolucijo vzorčenja in oceno starosti na osnovi šestih radiokarbonskih datacij. Po predlogi: Andrič 2007, sl. 3, tab. 3.

Pelodni diagram (sl. 80b) z iste vrtine, ampak z večjim številom radiokarbonskih datacij (6) in večjo resolucijo vzorčenja (127 vzorcev), pove nekoliko drugačno in predvsem natančnejšo zgodbo o nekdanjem dogajanju v pokrajini. Večje število radiokarbonskih datacij je omogočilo natančnejšo oceno starosti sedimenta (sl. 81, model b), pri čemer smo upoštevali možnost neenakomernega odlaganja sedimenta. Dodatne radiokarbonske datacije so pokazale, da se je sediment v spodnjem in zgornjem delu vrtine odlagal hitreje, kot je bilo predvideno najprej. V srednjem delu vrtine se starost sedimenta po





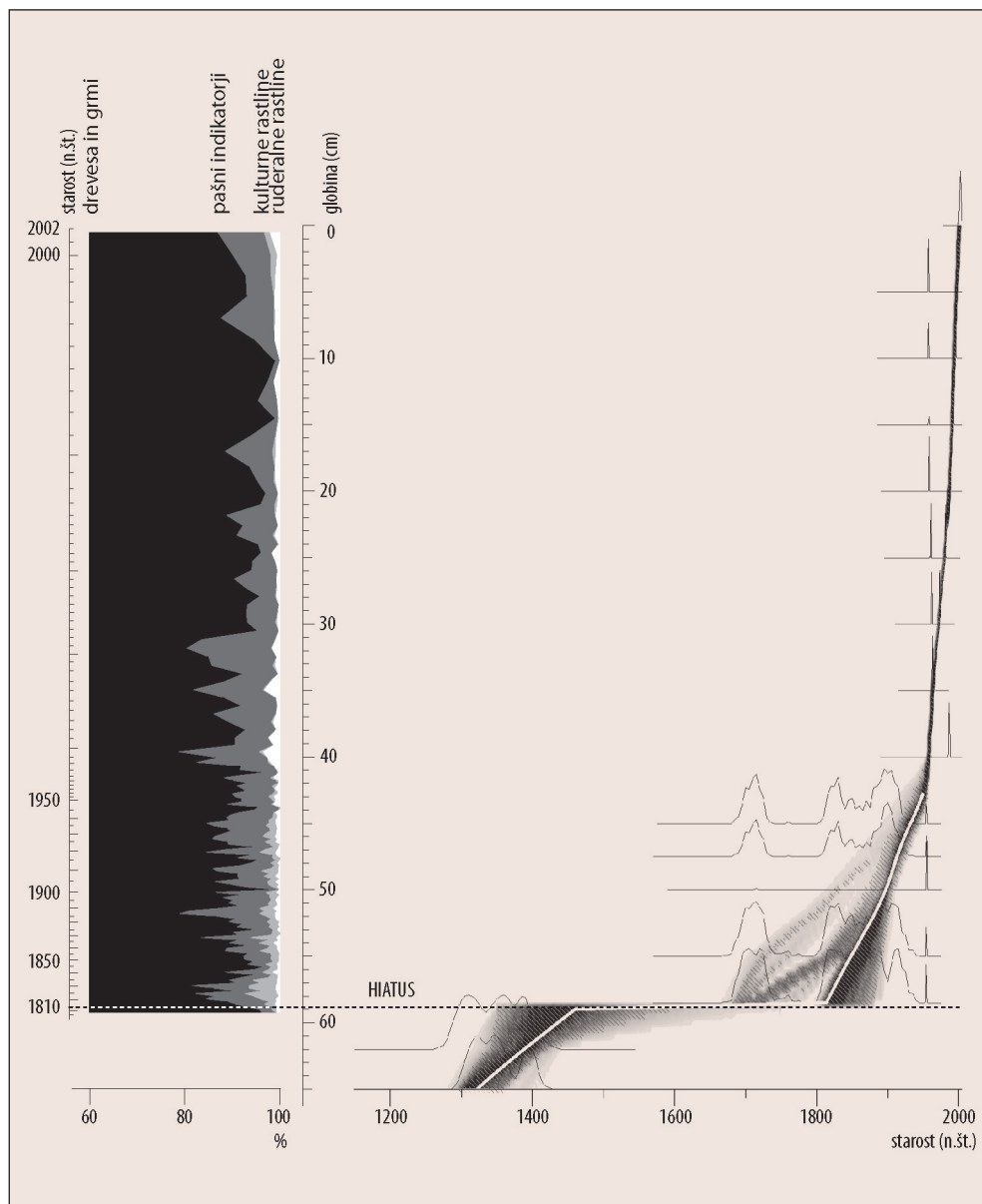
prvem (a) in drugem (b) modeliranju razlikuje za nekaj stoletij. Nova ocena starosti in večje število analiziranih vzorcev (s časovno ločljivostjo 25–80 let, v srednjem delu je bil analiziran vsak centimeter vrtine) je pokazalo, da se je bukev razširila že pred pribl. 9000 leti, natančneje pa je bila datirana tudi razširitev gabrovega gozda (6700–6100 let pred sedanostjo). Podrobnejša pelodna analiza je tudi razkrila, da je bil gabrov gozd požgan pred 5800 leti, ko se je hkrati z drugimi “antropogenimi indikatorji” pojavil tudi prvi pelod žit, kar lahko povežemo z neolitskimi arheološkimi najdišči v bližini. Takšna kratkotrajna obdobja intenzivnega izsekavanja in/ali požiganja gozda za potrebe poljedelstva in živinoreje, ki jim je sledilo hitro zaraščanje gozda, so vidna le na podrobnejšem pelodnem diagramu (sl. 80b), medtem ko so obsežnejša dogajanja (razširitev bukve in nastanek srednjeveške, današnji podobne pokrajine) vidni na obeh diagramih. Podrobnejši opis sprememb holocenske vegetacije, okoljskih procesov in človekovega vpliva na okolje v neolitiku v okolici močvirja *Mlaka* v Beli krajini si lahko preberete v drugem delu knjige (II. del/4.1).

Raziskave z visoko resolucijo vzorčenja in večjim številom vzorcev nam omogočajo podrobnejšo časovno opredelitev in boljšo vidnost kratkotrajnih sprememb okolja. Natančne, visokoresolucijske palinološke raziskave so seveda dražje (stroški kemikalij, radiokarbonskega datiranja in dela) in trajajo dlje kot manj podrobne raziskave. Medtem ko izdelava pelodnega diagrama z majhno resolucijo vzorčenja (sl. 80a) obsega “le” štiri do pet mesecev dela, traja palinološka raziskava in izdelava diagrama z velikim številom analiziranih vzorcev (sl. 80b) leto in pol. Kljub temu so raziskave z visoko resolucijo vzorčenja na najdiščih, kot je *Mlaka*, vsekakor vredne truda.

Opredelitev, kaj je visoka resolucija vzorčenja, je seveda relativna in se spreminja glede na raziskovalno vprašanje, ki si ga zastavimo. Za mlajša arheološka in še zlasti zgodovinska obdobja, kjer so na voljo pisni viri, ki posamezne dogodke datirajo do leta/desetletja natančno, gostota vzorčenja, ki je bila uporabljena na najdišču *Mlaka*, ne zadošča. Primer raziskave, ki se je približala letni gostoti vzorčenja, je visoko barje *Šijec* na Pokljuki (Andrič s sod. 2010), kjer je zaradi hitre rasti šote časovna ločljivost fosilnega pelodnega zapisa dobra, vendar pa je pri tako mladih plasteh šote določanje starosti z radiokarbonskim datiranjem prav poseben izziv (Goslar s sod. 2005). Razmerje ogljikovih izotopov v ozračju se je zaradi jedrskih poskusov po drugi svetovni vojni spremenilo (glej I. del/1.6, uokvirjeno besedilo na str. 34), največja koncentracija izotopa  $^{14}\text{C}$  v ozračju je bila leta 1963, medtem ko je bila npr. leta 1957 podobna kot leta 1988 (Goslar s sod.

←

Sl. 81: Radiokarbonske datacije in primerjava obeh časovnih modelov za palinološko vrtino. Prvi model (a) temelji na linearni interpolaciji median treh radiokarbonskih datacij. Pri drugem modelu (b), kamor je bilo vključenih šest radiokarbonskih datacij, je bila linearna interpolacija uporabljena le za spodnji in zgornji del vrtine, medtem ko je bila starost srednjega dela vrtine ocenjena z uporabo linearne interpolacije s singularnim razcepom (angl. “general linear line-fitting by singular value decomposition”). Prvi model predvideva, da se hitrost odlaganja sedimenta med dvema radiokarbonskima datacijama ni spreminjala, medtem ko drugi matematični model v srednjem delu vrtine predvideva manjše spremembe hitrosti sedimentacije tudi na odsekih med posameznimi radiokarbonskimi datacijami. Po predlogi: Andrič 2007, sl. 2.



Sl. 82: Ocena starosti šote na visokem barju Šijec (Pokljuka) po Goslar s sod. 2005 in Andrič s sod. 2010. Pri vsaki radiokarbonski dataciji je označena razporeditev verjetnost  $2\sigma$  (glej II/Uvod). Za časovni model je bil razvit poseben algoritem za vijugaste krivulje, ki jih je težko opisati s preprosto matematično funkcijo (angl. “free-shape algorithm”; Goslar s sod. 2009). Časovni model poteka skozi točke z največjo verjetnostjo (bela črta na globini pod 43 cm), s sivo je označena nezanesljivost modela. Kratek pelodni diagram na levi prikazuje delež dreves in antropogenih indikatorjev. Po predlogi: Andrič s sod. 2010, sl. 2 in 4.

2005). V takih primerih nam pri izdelavi časovnega modela (sl. 82) pomaga veliko število radiokarbonskih datacij in njihova **stratigrafska** lega. Starejši vzorci ležijo pod mlajšimi, zato lahko upravičeno sklepamo, da je vzorec z globine 40 cm starejši kot vzorec z globine 20 cm, pa čeprav se odstotek izotopa  $^{14}\text{C}$  v obeh vzorcih ne razlikuje bistveno (Andrič s sod. 2010; sl. 82). V spodnjem delu časovnega modela (= pod globino 43 cm) je zaradi platoja na kalibracijski krivulji in (več desetletij/stoletij) širokega razpona  $2\sigma$  med letoma 1650 in 1950 n. št. natančnost datiranja nekoliko manjša. Posebnost časovnega modela za šotni profil z barja *Šijec* je tudi to, da šota, ki bi se morala odlagati med letoma 1460 in 1815, manjka. Razloga za to ne poznamo. Domnevamo, da je bila šota odstranjena zaradi procesov erozije ali pa so jo v 18./19. stol. n. št., ko je baron Ž. Zois preučeval možnosti za kurjenje šote v metalurških pečeh, porezali ljudje (vir: Gozdnogospodarski načrt za GGE Pokljuka).

Kmetijska dejavnost na Pokljuki je bila v 19. in na začetku 20. stoletja n. št., ko je bila agrarna prenaseljenost Slovenije največja, zelo intenzivna. Zaradi visoke resolucije vzorčenja na pelodnem diagramu v tem obdobju jasno vidimo visok odstotek peloda kulturnih rastlin (sl. 82). Po drugi svetovni vojni, ko se je poljedelstvo opuščalo, so ruderalne rastline v petdesetih in šestdesetih letih 20. stol. porasle opuščena polja. Leta 1958 je bila uzakonjena prepoved paše v gozdu, kar se na pelodnem diagramu pozna šele nekaj desetletij pozneje, v sedemdesetih letih 20. stoletja, ko si je gozd opomogel in so mlada drevesa začela proizvajati pelod in postala vidna na pelodnem diagramu. Pravilnost časovnih modelov za tako mlade vzorce, kot je šotni profil s *Šijca*, lahko preverjamo tudi z znanimi dogodki: porast drobcev kroglastega ogljika po letu 1955 lahko povežemo s povojno industrializacijo in onesnaževanjem okolja, takrat pa se začne pojavljati tudi pelod invazivne rastline ambrozije (Andrič s sod. 2010), ki se je v Sloveniji razširila šele po drugi svetovni vojni (Wraber 1983).

Na arheoloških najdiščih je poleg naravnih tafonomskih procesov treba upoštevati še vpliv človeka. Npr. zaradi velike količine odpadkov in rastlinskega materiala, ki so ga v koliščarska naselja na Ljubljanskem barju prinašali ljudje, je bila hitrost odlaganja sedimenta, ko so v naselbini živeli ljudje, večja kot pred poselitvijo ali po opustitvi naselbine. Čeprav je večina koliščarskih naselij četrtega tisočletja pr. n. št. živela le dobro desetletje ali dve (po dendrokronološki dataciji, Čufar s sod. 2010), se je v tem kratkem obdobju na najdiščih odložila tudi po več deset centimetrov debela plast (Tolar s sod. 2011; Andrič [v pripravi]), kar je treba upoštevati pri oceni starosti sedimenta.

Poleg radiokarbonskih datacij in dendrokronoloških raziskav sta na arheoloških najdiščih za določanje starosti fosilnega peloda pomembni še stratigrafska lega plasti in ocena starosti najdišča z arheološko tipologijo. Obe metodi zelo pomagata pri dataciji pelodnega stratigrafskega stolpca (ali posamičnega vzorca), ne moreta pa popolnoma nadomestiti neodvisnega radiokarbonskega datiranja palinološke sekvence. Številni arheologi zmotno menijo, da radiokarbonsko datiranje palinoloških vzorcev iz arheoloških kontekstov ni potrebno, ker naj bi bilo, vsaj za obdobja, ki ležijo na t. i. platuju kalibracijske krivulje, manj natančno kot datacija na osnovi arheološke tipologije. Drugi razlog za odklanjanje radiokarbonskega datiranja, s katerim se na tem mestu ne bomo ukvarjali, je finančne narave.

Kljub zgoraj navedenim pomislekom arheologov je neodvisno datiranje palinološke **sekvence** vsekakor priporočljivo. V nekaterih primerih natančnost datiranja lahko izboljšamo z večjim številom radiokarbonskih datacij z različnih globin (kot je bilo to narejeno



na visokem barju Šijec; glej II. del/1.1), drugje (kot je primer vodne kotanje *NUK*; glej II. del/2.2), bi dodatne radiokarbonske datacije morda lahko nekoliko izboljšale datacijo, ki je bila postavljena na osnovi arheološke tipologije in stratigrafske situacije. V nadaljevanju bomo z raziskavami na kolišču *Resnikov prekop* pokazali, zakaj potrebujemo neodvisno palinološko kronologijo in do kakšnih napačnih interpretacij bi privedlo, če profila z arheološkega najdišča *Resnikov prekop* ne bi radiokarbonsko datirali.

Leta 2002 je ekipa Inštituta za arheologijo ZRC SAZU na *Resnikovem prekopu* izkopal tri arheološke sonde (Velušček 2006). Cilj raziskave je bil, da bi (štirideset let po prvih raziskavah na Resnikovem prekopu; Jesse 1955; Šercelj 1963; Bregant 1964; Korošec 1964) podrobneje in z novejšimi raziskovalnimi metodami proučili arheološko najdišče ter okolje in gospodarstvo nekdanjih prebivalcev Ljubljanskega barja. Del teh raziskav so bile tudi palinološke raziskave zahodnega profila sonde 1 (sl. 83).

Najdišče *Resnikov prekop* je bilo glede na radiokarbonske datacije kolov in tipološke značilnosti keramike časovno umeščeno v obdobje 4600–4500 pr. n. št. (Velušček 2006). Arheološka kulturna plast, v kateri so bili najdeni ostanki lesnega drobirja, arheološke najdbe (keramika, kamnita orodja, kosti) in hišice mehkužcev, je ležala na globini pribl. 120 cm, nad plastjo karbonatnega, sivkastega melja (t. i. “polžarice”, 123–148 cm) in pod dober meter debelo plastjo **meljastega aluvialnega** oz. **fluvialnega** sedimenta. V karbonatnem sedimentu pod arheološko kulturno plastjo je bilo na globini med 123 in 148 cm najdenega veliko peloda dreves, prevladuje bukev (*Fagus*). V kulturni plasti in zgornjem delu profila nad njo je bil delež dreves mnogo manjši, nekoliko več je bilo le peloda hrasta (*Quercus*), jelše (*Alnus*) in leske (*Corylus*), najdena pa sta bila tudi pelod žit (tip *Cerealia*) in ozkolistnega trpotca (*Plantago lanceolata*), ki nakazujeta poljedelsko in živinorejsko gospodarstvo (Andrič 2006; sl. 83). Arheološka kulturna plast vsebuje nizek odstotek peloda dreves, kar kaže, da se je zaradi človekovega vpliva na okolje okrog *Resnikovega prekopa* izoblikovala odprta poplavna ravnica. Na osnovi pelodnega diagrama brez radiokarbonskih datacij bi lahko zmotno skleпали, da je ta zelo odprta, današnji podobna pokrajina nastala že v času arheološke naselbine (4600–4500 pr. n. št.). Radiokarbonske datacije (datiran je bil organski ogljik sedimenta iz profila) pripovedujejo drugačno zgodbo (sl. 83). Izkazalo se je, da sta sediment in pelodni zapis v t. i. “kulturni plasti” na globini pribl. 120 cm mnogo mlajša kot eneo- oz. neolitske arheološke najdbe in sta se začela odlagati šele na začetku drugega stoletja pred našim štetjem. Del sedimenta, ki se je odlagal v obdobju med 6000 in 200 pr. n. št., je bil iz profila verjetno odnesen zaradi delovanja tekoče vode, medtem ko so večji in težji predmeti (keramika, kosti, les) ostali na mestu oz. se niso premaknili daleč. Starost sedimenta (in peloda v njem) in arheoloških artefaktov torej nista vedno enaki, zato je neodvisno določanje starosti sedimenta zelo pomembno.



Sl. 83: *Resnikov prekop*, zahodni profil sonde 1 z označenim mestom palinološkega vzorčenja in radiokarbonskimi datacijami in kratki pelodni diagram izbranih taksonov. Po predlogi: Andrič 2006, 106–107, sl. 2. Foto: M. Turk.

## 1.2 Odvzem vzorcev za arheobotanične raziskave

Arheobotanika lahko klasični arheologiji prida zanimiva spoznanja, predvsem o rastlinski prehrani, krmi, izrabi naravnih (rastlinskih) materialnih virov kot tudi o nekdanji vegetaciji v bližini naselbine (glej tudi I. del/2.7 in II. del/4.2, 5.2, 7). Izpovednost in reprezentativnost rezultatov v arheobotaniki sta odvisni od raziskovalnega vprašanja (glej tudi I. del/2.7 in II. del/3.2, 4.2, 5.2, 7), razmer, v kakršnih so se rastlinski ostanki ohranjali skozi tisočletja (glej I. del/2.3.1 in II. del/2.3), in uporabljenih raziskovalnih metod (glej I. del/2.4, 2.5 in 2.6). Slednjim se bomo s primeri tujih in domačih raziskav posvetili v tem poglavju.

Primerna izbira metode arheobotaničnega vzorčenja na terenu je odvisna od raziskovalnega vprašanja, velikosti arheološkega izkopnega polja in ohranjenosti rastlinskih makroostankov. Izbiramo lahko med tremi osnovnimi načini vzorčenja na terenu (I. del/2.4.1):

1. površinsko, z odvzemom vzorcev sedimenta iz vsake poglobitve (primeri: Hosch in Jacomet [2001]; Jacomet s sod. [ur.] (2004); Tolar s sod. [2011]),
2. vzorčenje z odvzemom stratigrafskih stolpcev sedimenta (primeri: Jacomet s sod. [ur.] (2004); Maier in Harwath [2011]; Tolar in Andrič [v pripravi]),
3. vzorčenje po presoji, pri katerem zbiramo vse vidne arheobotanično zanimive najdbe (npr. ostanke žitnih zalog, hrane, tekstila, lesenih predmetov, **koprolitov** ipd.), katerih primeri bodo podrobneje obravnavani v II. delu/7.

### Odvzem površinskih vzorcev sedimenta

Na najdišču *Arbon-Bleiche 3* v Švici (južna obala Bodenskega jezera) so naleteli na ostanke sedemindvajsetih poznoneolitskih hiš na kolih, ki so bile zgrajene v izredno kratkem časovnem obdobju, tj. med 3384–3370 cal BC. Hosch in Jacomet (2001) sta pri arheobotaničnih raziskavah omenjene naselbine med drugim primerjala dve strategiji izbire mest za površinsko vzorčenje (glej tudi I. del/2.4.1). Želela sta ugotoviti, ali se rezultati pomembno razlikujejo, če uporabimo enega od dveh mogočih načinov vzorčenja. Prvega, tj. sistematičen odvzem površinskih vzorcev na vsak drugi m<sup>2</sup>, ali drugega, tj. odvzem površinskih vzorcev na naključno izbranih (izžrebanih) mestih znotraj celotnega izkopnega polja (tako kot je bilo to izvedeno npr. na kolišču *Stare gmajne* v Sloveniji, izkopavanja 2007 [Tolar s sod. 2011; glej tudi I. del/2.4.1, sl. 39a in II. del/4.2]).

Po vsaki od obeh metod sta analizirala po deset vzorcev sedimenta in rezultate primerjala. Ugotovila sta, da ni bistvenih razlik med rezultati, pridobljenimi s sistematično ali z naključno izbranimi mesti odvzema površinskih vzorcev.

Vzorci sta odvzela na sedemnajstih mestih (10 po sistematičnem in 10 po naključnem izboru; 3 mesta vzorčenja so bila skupna obema načinoma). Ugotovila sta, da z zgolj sedemnajstimi mesti površinskega vzorčenja na pribl. 1100 m<sup>2</sup> (Leuzinger [ur.] 2000) velikem predhodno raziskanem izkopnem polju ni bilo mogoče reprezentativno zajeti vseh, tudi redkih, rastlinskih taksonov. Ugotovljenih je bilo namreč le 75 % pričakovanih taksonov. Manjkali so predvsem ostanki vrst, ki so pomembne npr. pri interpretaciji vegetacijskih razmer (glej II. del/5.2) in tudi nekaterih poljedelskih aktivnosti (npr. tistih, ki so na določenih mestih znotraj celotnega [tj. pribl. 2000 m<sup>2</sup> velikega] najdišča skoncentrirani). Več o arheobotaničnih rezultatih z obravnavanega najdišča je predstavljeno v II. delu/4.2. Raziskava sedemnajstih predhodno odvzetih vzorcev iz kulturne plasti kratkotrajne (tj.

15 let trajajoče) naselbine *Arbon-Bleiche 3* je kljub temu zadostovala za interpretacijo dogajanj (predvsem človekovih aktivnosti) v dveh hišah in v prostoru med hišami. Tako je bilo npr. v vzorcih iz hiše št. 14 odkritih več ostankov pšenice (*Triticum* sp.) in lanu (*Linum usitatissimum*), medtem ko so v vzorcih iz hiše št. 24 prevladovali ostanki divjih sadežev, predvsem divjega jabolka (*Malus sylvestris*), želoda (*Quercus* sp.) in bele omele (*Viscum album*). V vogalih obeh raziskanih hiš je bilo mogoče zaznati večje koncentracije ostankov semen/plodov jagod (*Fragaria vesca*), malin (*Rubus idaeus*) in robid (*Rubus fruticosus* agg.) (Hosch in Jacomet 2001).

### Odvzem stratigrafskih stolpcev sedimenta

Ta metoda je zelo primerna na organsko bogatih, z vodo prepojenih najdiščih. Arheobotanične raziskave na poznoneolitskem objezerskem najdišču *Bad Buchau-Torwiesen II* v jugozahodni Nemčiji (blizu jezera Federsee; Maier in Harwath 2011) so dober primer sistematičnega odvzema stratigrafskih stolpcev sedimenta. Na vsak m<sup>2</sup> celotnega izkopnega polja so na vrhu kulturne plasti (tj. po odstranitvi vrhnjih plasti šote) in pred začetkom arheoloških izkopavanj v tla zabili plastične cevi premera 10 cm in dolžine 20–30 cm. Med izkopavanjem so se tako zabitim plastičnim cevem izogibali in sediment v njih pustili nedotaknjen (sl. 84). Podoben način odvzema vzorcev je bil izveden npr. tudi na najdiščih *Hornstaad-Hörnle IA* (Maier 2001) in *Chalain Station 3* (Petrequin [ur.] 1997).

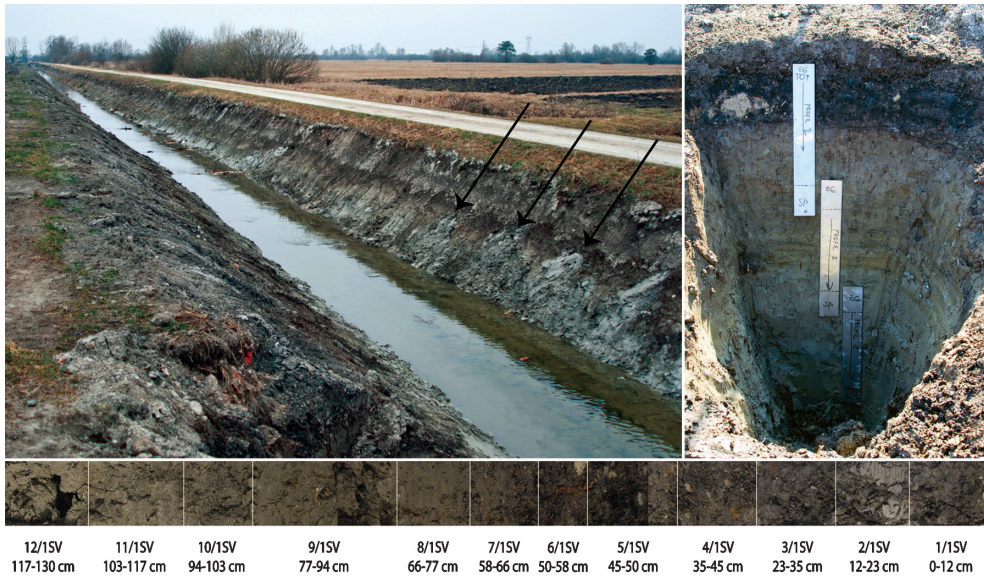


Sl. 84: Vzorcenje z odvzemom stratigrafskih stolpcev sedimenta. *Bad Buchau-Torwiesen II* v jugozahodni Nemčiji. Povzeto po: Schlichtherele s sod. [ur.] 2011, 16, slika 12 (©Landesamt für Denkmalpflege Baden-Wuerttemberg, foto: W. Hohl).

Vse vzorce (tj. plastične cevi, v katerih je bil ujet sediment iz kulturne plasti; skupno 1102 vzorca) so po končanem izkopavanju skrbno zapakirali in do analiz v laboratoriju hranili v hladnem prostoru. Poleg arheobotaničnih so na istih vzorcih potekale tudi druge analize: oglja, peloda, fosfatov, majhnih živalskih ostankov (npr. žuželk, črevesnih parazitov; Schlichtherle s sod. 2010; Schlichtherle s sod. [ur.] 2011). Rastlinski makroostanki so bili analizirani le na določenih stratigrafskih stolpcih sedimenta (skupno 537 vzorcih), ki sta jih arheolog in arheobotanik, glede na že znana arheološka dejstva (npr. potek poti, lokacija hiš, dvorišč, ograj, kurišč/ognjišč) in glede na raziskovalna vprašanja določila skupaj (npr. Schlichtherle s sod. 2010; glej II. del/4.2, sl. 117 in 118). Po odprtju plastičnih cevi v laboratoriju so najprej določili debelino kulturne plasti in jo ločili od zgoraj in spodaj ležečega sedimenta. Debelina kulturne plasti se je v različnih stolpcih sedimenta močno razlikovala (tj. od 2 do 30 cm), tako so se razlikovale tudi prostornine pregledanih vzorcev sedimenta iz kulturne plasti (od 60 do 920 cm<sup>3</sup>). Ti so bili mokro presejani po standardni metodi (glej I. del/2.5.1) s siti petih velikosti (s premerom odprtin od 4 do 0,25 mm). Rezultati so bili temu primerno prikazani v koncentracijah semen/plodov na liter sedimenta in ne v absolutnih številih (glej I. del/2.6, zadnji odstavek). Arheobotanične raziskave dovolj gosto odvzetih stratigrafskih stolpcev sedimenta z najdišča *Bad Buchau-Torwiesen II* so tako, poleg splošnega seznama odkritih rastlinskih **taksonov**, ki kaže poljedelske in prehranske navade tedanjih naseljencev, skupaj z arheološkimi odkritji (npr. velikostmi hiš, načini gradenj in drugimi arheološkimi najdbami [Schlichtherle s sod. 2010]) dokazale tudi socialne (ekonomske in kulturne) razlike med hišami in diferenciacijo aktivnosti znotraj naselbine (več o tem v II. delu/4.2, str. 200 in dalje).

Poskus vzorčenja z odvzemom stratigrafskega stolpca sedimenta iz profila za arheobotanične raziskave (Tolar in Andrič [v pripravi]) na eneolitskem kolišču *Strojanova voda* na Ljubljanskem barju (izkopavanja 2012), se je izkazal kot zelo obetavna metoda tudi v Sloveniji (sl. 85; glej tudi II. del/5.2). Kljub majhni količini raziskanega sedimenta, ujetega v profilnih škatlah (skupna prostornina sedimenta: 7 x 7 x 130 cm = 6370 cm<sup>3</sup> = 6,370 litra), so rezultati analiz rastlinskih makroostankov zadovoljivi. To potrjujeta visoka koncentracija (povprečno 6448 identificiranih makroostankov v litru sedimenta) in raznovrstnost (61 identificiranih) rastlinskih taksonov (več o rezultatih glej II. del/5.2, str. 218 in dalje). 130 cm dolg stratigrafski stolpec sedimenta je, za razliko od površinsko odvzetih vzorcev iz kulturne plasti, zagotavljal vpogled v dogajanje na tem mestu skozi daljše časovno obdobje, ne samo med odlaganjem kulturne plasti, torej tudi v čas pred naselitvijo in po njej. Stratigrafski stolpec sedimenta iz profila smo pred spiranjem natančno pregledali in subjektivno določili vidne "meje" oz. plasti različnih tipov sedimentov, npr. od kod do kod sega temneje obarvana kulturna plast (sl. 85, spodaj). Vsako od tako določenih dvanajstih **sekvenc** sedimenta smo ločeno sprali na sitih z najmanjšim premerom odprtin 0,355 mm in ujete ostanke pregledali pod stereomikroskopom. Tako smo lahko rezultate pozneje združevali/razdruževali in ugotavljali vertikalno (tj. v navpični smeri oz. v globino sedimenta), torej tudi časovno pojavljanje posameznih rastlinskih taksonov (rezultati so natančneje predstavljeni v II. delu/5.2). Rezultate teh analiz je mogoče tudi kronološko primerjati z rezultati palinoloških raziskav, izvedenih na bližnji vrtini "*Na mahu*" (Andrič s sod. 2008) in na palinoloških stratigrafskih stolpcih, odvzetih z bližnjega, prav tako eneolitskega najdišča *Maharski prekop* (izkopavanja 2005; Tolar in Andrič [v pripravi]).





Sl. 85: *Strojanova voda*, zaščitna izkopavanja 2012. Odvzem stratigrafskega stolpca sedimenta s profila s pomočjo profilnih škatel (premera  $7 \times 7$  cm; skupna dolžina: 130 cm). Foto: D. Veranič. Spodaj: subjektivno **sekvenciran** (1/1SV–12/1SV) stratigrafski stolpec sedimenta (130 cm; glej tudi II. del/5.2; str. 218 in dalje).

#### Odvzem površinskih vzorcev ali stratigrafskih stolpcev sedimenta? (glej tudi I. del/2.4.1)

Na najdišču *Arbon-Bleiche 3* so Jacomet in sodelavci (ur.) [2004] za arheobotanične raziskave poleg površinskega vzorčenja (opisano na str. 142 tega poglavja) vzorčili tudi stratigrafske stolpce sedimenta. Primerjali so rezultate, pridobljene z dvema različnima metodama vzorčenja sedimenta na terenu, in ugotavljali njune prednosti in pomankljivosti.

1. Po metodi površinskega vzorčenja sedimenta s kulturne plasti so bili z vsako poglobitvijo odvzeti vsaj trilitrski površinski vzorci sedimenta na triintridesetih mestih znotraj izkopnega polja (velikosti pribl. 2000 m<sup>2</sup>).

2. Po metodi vzorčenja z odvzemom stratigrafskih stolpcev sedimenta so bili na dvanajstih mestih iz profila izkopnega polja odvzeti stolpci sedimenta ( $2r = 15$  cm).

Vzorci obeh metod so izhajali tako iz nekdanjih hišnih prostorov kot tudi zunaj njih.

Že pred samo raziskavo so se zavedali dveh bistvenih razlik med primerjanima metodama:

1. Gosto površinsko vzorčenje na triintridesetih mestih je ustrežnejše za pridobitev reprezentativnih arheobotaničnih rezultatov iz kulturne plasti in z njimi horizontalne razporeditve posameznih, predvsem prehransko pomembnih taksonov. Drugi način, z redkejšimi, zgolj dvanajstimi stratigrafskimi vzorci iz profila izkopnega polja, pa je primernejši za opisovanje formiranja plasti sedimentov in okoljskih sprememb ter stanja vegetacije v času.

2. Bistven vpliv na končne razlike in reprezentativnost rezultatov imajo tudi prostornine odvzetih vzorcev sedimenta. Te so bile po metodi površinskega vzorčenja bistveno večje.

V raziskavo je bilo skupno iz vseh dvanajstih stratigrafskih stolpcev vključeno le 7,3 litra sedimenta, medtem ko je bilo iz vseh triintridesetih površinsko odvzetih vzorcev skupno analiziranih kar 185 litrov sedimenta iz kulturne plasti.

Metodološka raziskava (Jacomet s sod. [ur.] 2004) zaključuje:

Prostorninsko večji, površinsko odvzeti vzorci sedimenta iz kulturne plasti so reprezentativnejši. Bolj reprezentativne so koncentracije in navzočnosti rastlinskih makroostankov (glej I. del/2.6, str. 72), predvsem prehransko pomembnih taksonov z večjimi semeni/plodovi.

V stratigrafskih vzorcih sedimenta so bile koncentracije večjih rastlinskih makroostankov (npr. lešnikov, žirov, želodov, jabolk, črnega trna) v primerjavi s površinskimi vzorci sedimenta prenizke, prav tako tudi koncentracije nekaterih manjših rastlinskih makroostankov. Nekateri taksoni so bili zato v stratigrafskih stolpcih sedimenta premalo zastopani v primerjavi s prostorninsko večjimi površinsko odvzetimi vzorci iz kulturne plasti.

Konkreten rezultat na primeru pšenice: v vseh dvanajstih stratigrafskih stolpcih sedimenta je bilo odkritih le 25 zoglelenih žitnih ostankov, medtem ko jih je bilo v vseh 33 površinsko odvzetih vzorcih skupno izločenih kar 411. V koncentracijskih enotah bi to pomenilo: povpr. 2,2 ostanka pšenice v litru sedimenta iz stratigrafskih stolpcev in povpr. 48,1 ostanek pšenice v litru sedimenta iz površinskih vzorcev. Podobno kažejo tudi rezultati navzočnosti (glej I. del /2.6). Navzočnosti taksonov z večjimi makroostanki so bile v stratigrafskih stolpcih v primerjavi s površinsko odvzetimi vzorci prenizke, še več, ostanki nekaterih taksonov so v stolpcih sedimenta večkrat celo manjkali. Le ostanki lešnikov in jabolk so bili prisotni v vseh dvanajstih stratigrafskih stolpcih iz profilov (navzočnost = 100 %, kar pomeni, da so bili navzoči na celotnem najdišču). Razlike v navzočnostih manjših makroostankov so bile odvisne od taksona, tako se npr. navzočnosti ostankov lanu, maka (*Papaver somniferum*), ogrščice (*Brassica rapa*) in **birnih plodov** (npr. malina, robida, jagoda) iz stratigrafskih stolpcev niso bistveno razlikovale od navzočnosti, odkritih v površinsko odvzetih vzorcih. Očitne razlike v navzočnostih pa so bile opazne npr. pri žitnih ostankih. Medtem ko je bila v profilnih stolpcih povpr. navzočnost 25-odstotna, je bila navzočnost istega taksona v površinskih vzorcih kar 70-odstotna.

Jacomet in sodelavci (ur.) [2004] zaključujejo, da prostorninsko večji površinsko odvzeti vzorci sedimenta, ki vsi izvirajo iz kulturne plasti in so dovolj gosto razpršeni po celotnem najdišču, lahko zajamejo širši spekter bioloških ostankov, več dogodkov in aktivnosti med življenjem naselbine (enako ugotavljata tudi Jacomet in Brombacher [2005]). Prostorninsko manjši vzorci (pri čemer iz kulturne plasti izvira manj kot liter sedimenta) – kot npr. pri vzorčenju s stratigrafskimi (ali profilnimi) stolpci – lahko reprezentativno ponazarjajo le deleže taksonov z manjšimi semeni/plodovi (tj. manjšimi od 1 mm). Zato so ti primernejši za interpretacijo v bližnji okolici rastoče (naravne) vegetacije in ne toliko človekove prehrane in gospodarstva (glej primere v II. delu/5.2). Stratigrafski stolpci zaradi majhne prostornine sedimenta iz kulturne plasti, ujetega v profilno škatlo ali plastično cev, nerepresentativno zajamejo ostanke žit in drugih redkeje prisotnih (ali skoncentriranih) taksonov ter tistih z večjimi makroostanki. Treba se je zavedati, da so rezultati, pridobljeni z majhnim številom (npr. manj kot 20 vzorcev/2000 m<sup>2</sup> izkopnega polja) prostorninsko manjših vzorcev (tj. manj kot 2 litra sedimenta z najdišč, prepojenih z vodo), močno naključni, zato je pri interpretacijah tovrstnih rezultatov (predvsem gospodarsko pomembnih taksonov) potrebna previdnost!

	<b>POVRŠINSKI VZORCI SEDIMENTA IZ KULTURNE PLASTI</b>	<b>STRATIGRAFSKI STOLPCI SEDIMENTA IZ KULTURNE PLASTI</b>	<b>STRATIGRAFSKI STOLPCI SEDIMENTA S PROFILA</b>
Primeri raziskav na koliščih	- Arbon-Bleiche 3 - Stare gmajne	Bad Buchau-Torwiesen II	- Arbon-Bleiche 3 - Strojanova voda
Rezultati	- reprezentativni rezultati o prehranskih rastlinah/ gospodarstvu - delno reprezentativni rezultati o vegetacijskih razmerah v času in prostoru življenja kolišča	- reprezentativni rezultati o prehranskih rastlinah/ gospodarstvu - prepoznavanje socio-kulturnih razlik med hišami	- delno reprezentativni rezultati o prehranskih rastlinah/gospodarstvu - reprezentativni rezultati o vegetacijskih razmerah na območju vzorčenja
Prednosti	dovolj veliki vzorci sedimenta iz kulturne plasti	ob dovolj gostem vzorčenju mogoča zelo natančna vertikalna in horizontalna razporeditev rastlinskih makroostankov	dolžina profilnega stolpca omogoča vpogled v dogajanje pred naselitvijo in po njej
Pomankljivosti	- slabše nakazana vertikalna razporeditev ostankov - pomankljiv vpogled v dogajanja pred naselitvijo in po njej	vzorci sedimenta količinsko omejeni s premerom cevi	vzorci sedimenta (zlasti iz kulturne plasti) količinsko omejeni s premerom profilne škatle

Sl. 86: Povzetek prednosti in pomanjkljivosti arheobotaničnih rezultatov, pridobljenih z različnimi metodami vzorčenja na terenu.

Poleg prostornine odvzetega vzorca sedimenta je izjemnega pomena tudi gostota je-manja vzorcev. Zgolj 12 stratigrafskih stolpcev sedimenta iz 2000 m<sup>2</sup> velikega izkopnega polja ne dovoljuje reprezentativnega vrednotenja vseh arheobotaničnih ostankov, saj rastlinski makroostanki niso enakomerno razporejeni po celotnem najdišču, temveč so skoncentrirani na določenih mestih znotraj izkopnega polja. Le redki taksoni so namreč imeli pribl. enak rezultat navzočnosti po različnih metodah vzorčenja: 1. površinsko in 2. s stratigrafskimi stolpci (kar bi pomenilo, da so bili enakomerno razporejeni po celotnem najdišču). Zaradi zelo omejenih možnosti zajetja "skoncentriranih" makroostankov s tako redkim (12 stolpcev/2000 m<sup>2</sup>) vzorčenjem imajo takšni rezultati nereprezentativen značaj. Podobne rezultate so prispevale tudi raziskave drugih objezerskih naselbin (npr. Märkle 2000; Maier 2001; Favre 2002).

Za prihodnje arheobotanične raziskave na z vodo prepojenih najdiščih Jacomet in sodelavci (ur.) [2004] predlagajo smiselno kombinacijo vseh treh načinov vzorčenja (sl. 86).

Za doseg reprezentativnih rezultatov, predvsem navzočnosti taksonov z večjimi semeni/plodovi in kulturnih rastlin, je priporočljivo odvzemati površinske vzorce sedimenta z večjo prostornino, tj. pribl. trilitrske dovolj gosto razporejene vzorce iz kulturne plasti.

Hkrati je priporočljivo tudi vzorčenje s stratigrafskimi stolpci ( $2r = 15$  cm), ki naj bo izvedeno čim bolj na gosto. Cevi za vzorčenje naj se zabije v tla pred začetkom izkopavanja (tj. pred odstranitvijo plasti "kulturnih" sedimentov). Stratigrafske stolpce sedimenta lahko odvajamo tudi iz profila/profilov izkopanih sond – torej po izkopavanju s profilnimi škatlami.

V vsakem primeru vzorčimo tudi po presoji, pri čemer pobiramo vse naključno odkrite arheobotanično zanimive najdbe (tj. akumulacije bioloških ostankov, kot so kopoliti, ostanki tekstila, ognjišča ipd.).

Glede na arheološko poizkopno interpretacijo naselbinskega vzorca in pomembnejših struktur poselitve ter aktivnosti nato skupaj z arheologom izberemo najprimernejše reprezentativne, tako stratigrafsko kot tudi površinsko odvzete vzorce za arheobotanično in druge analize.

### 1.3 Primerne metode dela za vzorce sedimenta, prepojene z vodo

V drugem delu arheobotaničnega poglavja bomo v okviru metodološke raziskave obravnavali primerjavo treh načinov ravnanja z mokrimi (tj. z vodo prepojenimi) arheološkimi sedimenti po odvzemu s terena, ki smo jo izvedli Tolar in sodelavci (2010):

1. Grobo spiranje sedimenta s sušenjem frakcij, pri čemer so bile večje količine (več 10 litrov/vzorec) vzorcev sedimenta s terena grobo mokro sejane oz. spirane na dveh sitih s premerom odprtin 3 in 1 mm. Spiranje je potekalo na terenu z močnim curkom vode in z gnetenjem z rokami (sl. 87a). Po spiranju so bili organski ostanki, ujeti na sitih (v nadaljevanju: frakcije), zaradi lažjega pregledovanja posušeni na zraku (sl. 87c).

2. Grobo spiranje sedimenta z ohranjanjem frakcij v vodnem mediju, pri čemer je prva stopnja podobna prvi metodi, tj. spiranje večjih količin sedimenta na terenu, grobo in na sitih z najmanjšim premerom por 1 mm (sl. 87a). Druga stopnja te metode pa se od prve razlikuje v tem, da se mokre organske frakcije s sit ne prepusti izsušitvi, pač pa se jih do pregledovanja ohrani v mokrem in hladnem mediju (sl. 87d).

3. Nežno spiranje s polflotacijo in ohranjanje frakcij s sit v vodnem mediju, pri čemer so bile manjše količine (pribl. 2–3 litri/vzorec) vzorcev z vodo prepojenega ilovnatega sedimenta sprva globoko zamrznjene, kar je olajšalo kasnejše nežno spiranje s polflotacijo na sitih z velikostjo odprtin 2 in 0,355 mm (sl. 87b; glej tudi I. del/2.5.1, str. 66 in dalje). Po spiranju (oz. mokrem sejanju) so bile frakcije s sit (sl. 87d) hranjene v neprodušno zaprtih plastičnih vrečkah v vodnem mediju in na hladnem vse do pregledovanja.

Kot najboljša (tj. arheobotanično najreprezentativnejša) se je izkazala tretja opisana metoda (sl. 87b), ki smo jo povzeli po uveljavljenih evropskih arheobotaničnih laboratorijih (npr. IPNA [Institut für Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie], Basel). Zaradi nežnega spiranja s tušem in polflotiranja (glej I. del/2.5.1, str. 68) ter zaradi ohranjanja rastlinskih makroostankov tako, da so prepojeni z vodo, so se ohranili tudi najbolj krhki in na propad občutljivi rastlinski ostanki, kot so stebelca in lističi mahov,



Sl. 87: Grobo spiranje na terenu po prvi in drugi metodi (a); nežno spiranje s polflotacijo v laboratoriju po tretji metodi (b); posušena organska frakcija s sit po prvi metodi (c); z vodo prepojena organska frakcija s sit po drugi in tretji metodi (d).

praproti, iglice iglavcev, bodice robid in ostali vegetativni (tj. zeleni) deli rastlin, ki pri grobem spiranju in sušenju organskih ostankov navadno propadejo oz. se deformirajo do neprepoznavnosti. Nezogleneli majhni, nežni in krhki ostanki semen/plodov (npr. ostanki plodnih glavic lanu, lanena in makova semena, žitne pleve [Cerealia], perikarpi jabolk/hrušk [Maloideae] in želodov) so bili ohranjeni v veliko večjem številu. Ohranili so se tudi krhki živalski ostanki (ribje luske, ostanki žuželčjih "oklepov" in jajčec ter "hišic" njihovih ličink in mehkužcev ter koproliti). Uvedeno najmanjše sito z 0,355-milimetrskimi odprtini se je izkazalo kot izredno primerno za sedimente, prepojene z vodo, saj se na njem ujamejo tudi najmanjši ostanki najrazličnejših rastlinskih vrst, tako kulturnih (npr. semena maka) kot tudi divje rastočih (npr. trav [Poaceae]).

Metoda nežnega spiranja s polflotacijo s predhodnim zamrzovanjem je omogočila najzgodnejše odkritje kulture lanu na slovenskih arheoloških najdiščih (Tolar in Velušček 2009) in, na podlagi ohranjenih nezoglenelih žitnih plev (glej I. del/2.2, str. 50 in dalje), natančnejšo taksonomsko opredelitev rodu pšenice (*Triticum*) do dveh vrst: enozrne (*T. monococcum*) in dvozrne pšenice (*T. dicoccum*).

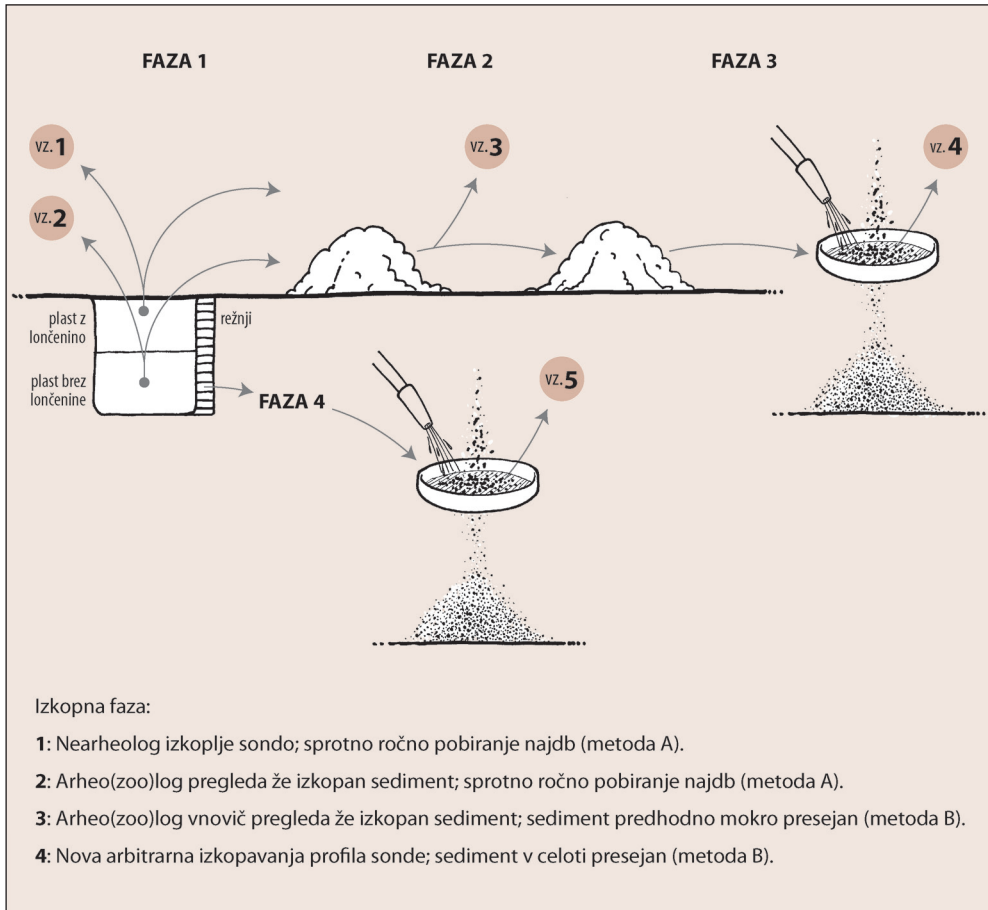
Po rezultatih obeh metod z grobim načinom spiranja so prevladovali odpornejši, oleseneli (npr. semena/plodovi dreva [*Cornus* sp.], lešnika [*Corylus avellana*], robide) ter zogleneli rastlinski makroostanki, medtem ko so bili že zgoraj omenjeni "fragilni" (tj. krhki) ostanki premalo zastopani ali celo manjkajoči. Zato so ti rezultati ne samo slabši (tj. z manj identificiranimi taksoni) pač pa tudi nereprezentativni in neprimerljivi, torej brez potenciala za nadaljnje ali prihodnje primerjave z drugimi z vodo prepojenimi arheološkimi najdišči, obravnavanimi s primernejšimi metodami. Izkazalo se je pravilo "manj je več". Z nežnim polflotiranjem smo analizirali manjši vzorec (2–3 litre) sedimenta (v nasprotju s 30-litrskimi vzorci pri grobem spiranju), s katerim smo ustrezno ravnali, in dosegli bistveno več: večji spekter odkritih taksonov in, kar je še pomembnejše, reprezentativne deleže posameznih rastlinskih vrst (tako tistih z bolj krhkimi rastlinskimi tkivi kot tudi tistih z odpornejšimi). Samo rezultate v takšni obliki (tj. reprezentativne) lahko primerjamo med seboj in jih vključimo v svetovne podatkovne baze ali kompilacije arheobotaničnih rezultatov z arheoloških najdišč, prepojenih z vodo.

Zgoraj opisan primer raziskave Tolar s sod. (2010) je ključnega pomena za ravnanje z arheobotaničnimi vzorci, odvzetimi iz mokrotnih arheoloških terenov, kakršni so npr. na barjih, močvirjih, ob rekah, jezerih, morjih, v vodnjakih ipd. Kadar gre za arheološka najdišča na suhih tleh in so se torej rastlinski ostanki skozi tisočletja ohranjali (če sploh) v suhem okolju, se lahko frakcije s sit pred pregledovanjem tudi posuši. V teh primerih je priporočljivo odvzeti večje količine vzorcev sedimenta (več 10 litrov), saj so rastlinski ostanki s sušnih najdišč prej redkost kot pravilo in največkrat ohranjeni zgolj v zoglenelem stanju (več o načinih ohranjanja arheobotaničnih ostankov in metodologiji dela z vzorci sedimenta s suhih terenov glej I. del/2.3–2.5 in II. del/2.3).

#### 1.4 Pomen vzorčenja z mokrim sejanjem v arheozoologiji

Metodologija arheo(zoo)loškega dela se deli na terensko in potersko, pri čemer so izsledki druge v zelo veliki meri odvisni od rezultatov prve. Seveda se spodrseljaji dogajajo tudi pri izvajanju poterskih postopkov, vendar lahko te pozneje z uporabo ustrežnejših metod do neke mere odpravimo. Če pa se napake zgodijo pri, denimo, terenskem zajemanju živalskih ostankov, neželenih posledic naknadno ni več mogoče odpraviti. Z drugimi besedami: reprezentativnost takšnih vzorcev je nepopravljivo okrnjena. V nadaljevanju zato predstavljamo ključni rešitvi za odpravo tovrstnih težav, spiranje (vzorcev) izkopanega sedimenta na sitih in strokovno pregledovanje posameznih pri tem pridobljenih velikostnih frakcij. Naslonili se bomo na rezultate raziskovanj dveh spodmolov s Krasa: *Male Triglavce* pri Divači in *Viktorjevega spodmola* pri Famljah (Turk [ur.] 2004).

*Viktorjev spodmol* leži ob vnožju Vremščice v dolini reke Reke nedaleč od vasice Famlje. Leta 1997 in 1999 so ga sondažno raziskali jamar V. Saksida in ekipa z Inštituta za arheologijo ZRC SAZU pod vodstvom arheologa I. Turka. Pri tem sta bili v štirih fazah terenskega raziskovanja uporabljeni dve različni metodi vzorčenja najdb (glej spodaj in



Sl. 88: Shematski prikaz poteka terenskega raziskovanja v *Viktorjevem spodmolu*. Uporabljeni sta bili različni metodi vzorčenja najdb: sprotno ročno pobiranje, ki je potekalo sočasno s poglobljanjem sonde oziroma pregledovanjem deponije (metoda A), in pobiranje iz posameznih frakcij sedimenta, ki je bil predhodno spran na sitih (metoda B). V skupno štirih izkopnih fazah je bilo pridobljeno pet različnih arheozooloških vzorcev.

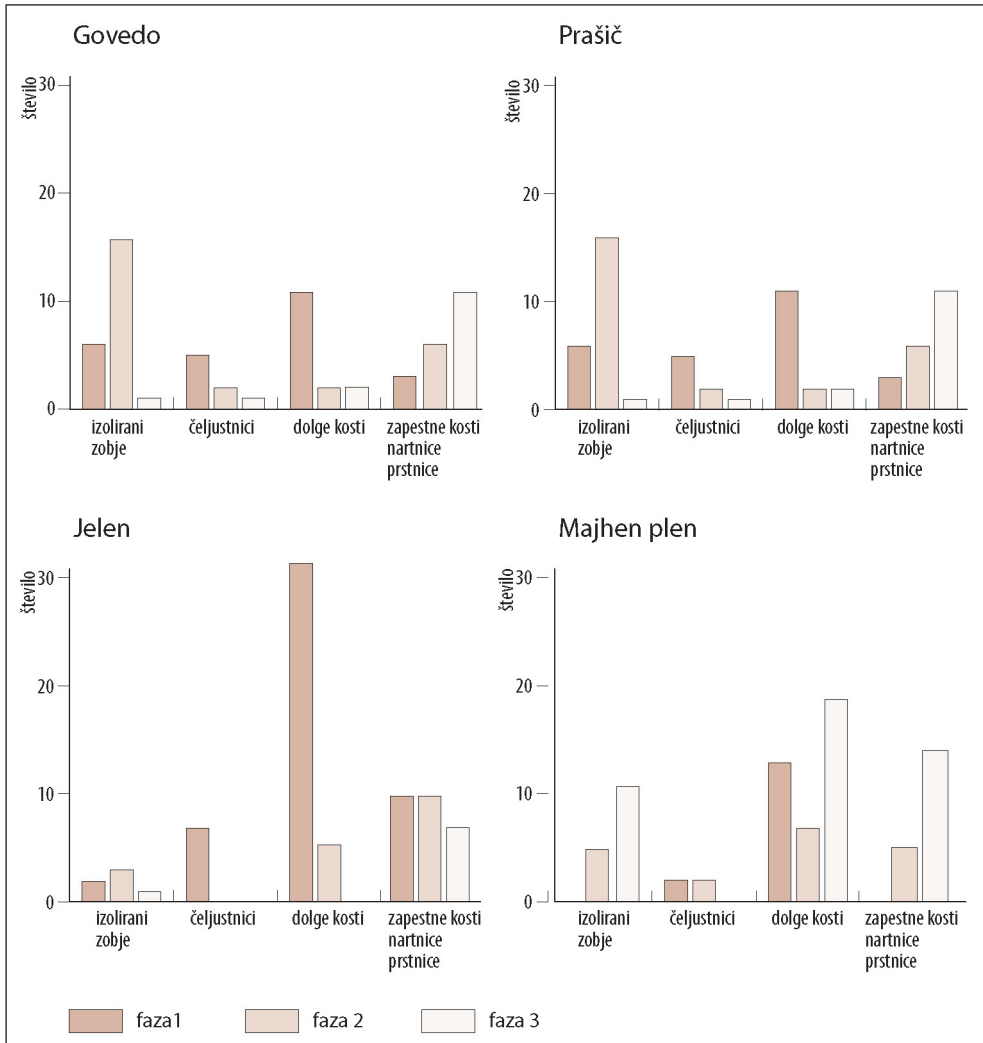
sl. 88). Sondiranje je prineslo ostaline mezolitske in bronastodobne/železnodobne starosti (Turk 2004a, 74–81; Turk in Velušček 2004). Med dobrimi 30.000 izkopanimi živalskimi ostanki prevladujejo sesalci (Toškan in Kryštufek 2004; Toškan in Dirjec 2004a), če seveda ne upoštevamo približno 58.000 **dermalnih ploščic** kuščarjev.

Terensko raziskovanje je začel V. Saksida, ki je na površini 1 x 2 m postopoma odstranil po nekaj 20 do 30 cm debelih vodoravnih reznjev sedimenta. Končna globina sonde je znašala približno meter. Sediment je med kopanjem in po njem sproti pregledoval, a brez sejanja. Globin, na katerih so ležale posamezne najdbe, ni označeval. Namesto

TAKSON	Vzorec 1 NISP	Vzorec 2 NISP	Vz. 1+2 NISP	Vzorec 3 NISP	Vzorec 4 NISP	Vzorec 5 NISP
Navadni jelen ( <i>Cervus elaphus</i> )	21 (33,9 %)	39 (57,2 %)	60 (46,2 %)	9 (27,4 %)	10 (11,0 %)	74 (27,1 %)
Divji prašič ( <i>Sus scrofa</i> )		17 (25,2 %)	29 (22,3 %)	4 (12,1 %)	15 (16,5 %)	76 (27,8 %)
Domači prašič ( <i>Sus domesticus</i> )	12 (19,3 %)					
Poljski zajec ( <i>Lepus europaeus</i> )	7 (11,3 %)		7 (5,4 %)	5 (15,1 %)	30 (33,0 %)	58 (21,2 %)
Lisica ( <i>Vulpes vulpes</i> )	5 (8,1 %)		5 (3,8 %)	7 (21,4 %)	9 (9,9 %)	5 (1,8 %)
Jazbec ( <i>Meles meles</i> )	2 (3,2 %)	1 (1,5 %)	3 (2,3 %)		5 (5,5 %)	15 (5,5 %)
Srna ( <i>Capreolus capreolus</i> )	2 (3,2 %)	3 (4,3 %)	5 (3,8 %)	2 (6,0 %)	3 (3,3 %)	10 (3,7 %)
Mačka ( <i>Felis sp.</i> )	1 (1,6 %)	1 (1,5 %)	2 (1,5 %)	1 (3,0 %)	5 (5,5 %)	2 (0,7 %)
Drobnica ( <i>O. aries, C. hircus</i> )	6 (9,7 %)		6 (4,7 %)	2 (6,0 %)	6 (6,6 %)	14 (5,1 %)
Domače govedo ( <i>Bos taurus</i> )	6 (9,7 %)		6 (4,6 %)			1 (0,4 %)
Pragovedo ( <i>Bos primigenius</i> )		4 (5,8 %)	4 (3,1 %)			1 (0,4 %)
Rjavi medved ( <i>Ursus arctos</i> )		1 (1,5 %)	1 (0,8 %)	2 (6,0 %)	5 (5,5 %)	1 (0,4 %)
Kuna ( <i>Martes sp.</i> )					3 (3,3 %)	6 (2,2 %)
Pes ( <i>Canis familiaris</i> )		1 (1,5 %)	1 (0,8 %)			7 (2,6 %)
Evrazijski ris ( <i>Lynx lynx</i> )				1 (3,0 %)		
Vidra ( <i>Lutra lutra</i> )		1 (1,5 %)	1 (0,8 %)			1 (0,4 %)
Los ( <i>Alces alces</i> )						1 (0,4 %)
Navadni dihur ( <i>Mustela putorius</i> )						1 (0,4 %)
<b>SKUPAJ</b>	<b>62</b>	<b>68</b>	<b>130</b>	<b>33</b>	<b>91</b>	<b>273</b>

Sl. 89: Zastopanost posameznih taksonov velikih sesalcev v vsakem izmed petih vzorcev, ki so jih prispevale terenske raziskave v *Viktorjevem spodmolu*. Količina ostankov je podana kot število določenih primerkov (NISP; glej I. del/3.6.1). Predstavitev vzorcev: vzorec 1 – Saksidova sonda: prvi pregled plasti z lončenino, ročno pobiranje najdb (tj. metoda A); vzorec 2 – Saksidova sonda: prvi pregled plasti brez lončenine, ročno pobiranje najdb (tj. metoda A); vzorec 3 – deponija Saksidove sonde: ponovni pregled brez predhodnega sejanja, ročno pobiranje najdb (tj. metoda A); vzorec 4 – deponija Saksidove sonde: pregled presejanega sedimenta deponije (tj. metoda B); vzorec 5 – arbitrarna izkopavanja profila Saksidove sonde: v celoti presejan sediment (tj. metoda B).





Sl. 90: Učinkovitost pobiranja živalskih ostankov pri prvem (izkopna faza 1) in drugem (izkopna faza 2) pregledovanju nepresejanega sedimenta Saksidove sonde v Viktorjevem spodmolu in pri še tretjem pregledovanju istega vzorca, ki pa je potekalo po predhodnem sejanju (izkopna faza 3). Za podrobnejši opis posameznih izkopnih faz glej besedilo in sliko 88. Kategorija "majhen plen" vključuje ostanke zajca, podlasice, kune, jazbeca, vidre, divje mačke, risa in lisice.

tega je izkopane ostaline razdelil glede na to, ali so ležale v t. i. plasti z ostanki lončeni-  
ne (bronasta/železna doba) ali v tisti brez njih (mezolitik). Pridobljeno arheozoološko  
gradivo je vključevalo 624 ostankov sesalcev, izmed katerih jih je bilo mogoče ožje ta-  
ksonomsko opredeliti 130 (sl. 89: vzorca 1 in 2). Ti so bili pripisani 14 vrstam iz osmih  
družin, kar je primerljivo z ročno nabranim gradivom iz drugih sočasnih kontekstov v

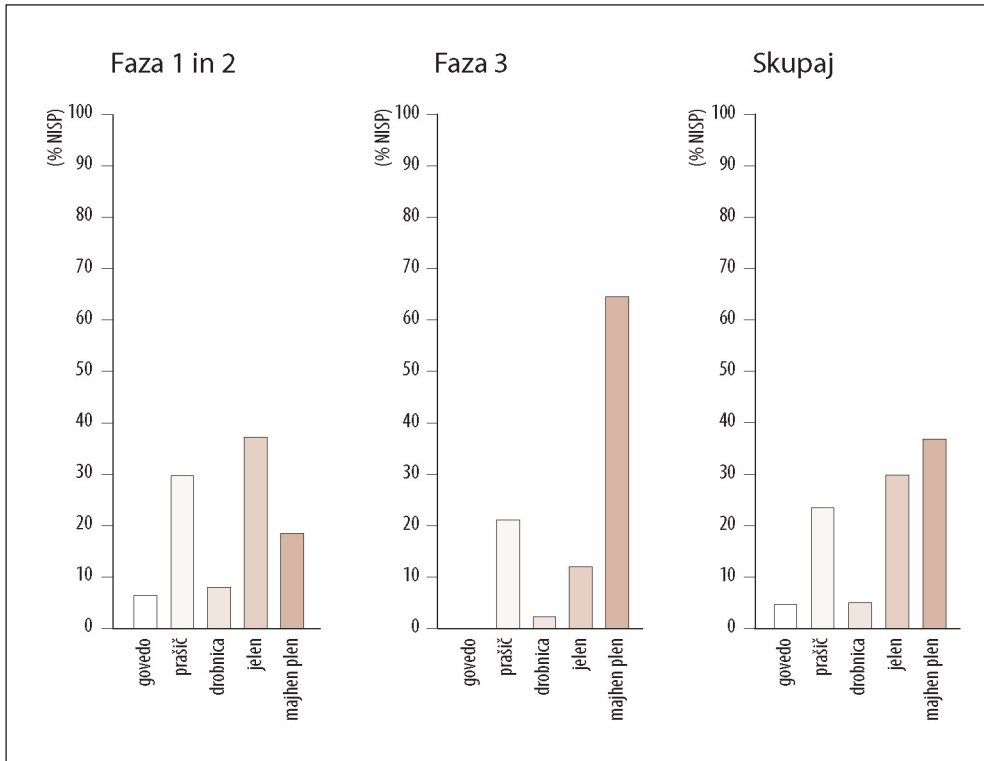
regiji (prim. Pohar 1990, tab. 1; Turk s sod. 1992, 34–35; 1993, 71–73). Med najdbami iz plasti brez ostankov lončenine po številu najdb pričakovano prednjačita jelen in divji prašič, saj se lokalne mezolitske skupnosti z živinorejo še niso ukvarjale. V bronasti in železni dobi je bilo seveda drugače, zato je med arheozoološkim gradivom iz plasti z lončenino delež domačih živali že tretjinski. Pri tem je analiza zastopanosti posameznih skeletnih elementov pokazala količinsko prevlado (odlomkov) dolgih kosti, mnogo pa je tudi ostankov čeljustnic in izoliranih zob velikih rastlinojedov (sl. 90: izkopna faza 1). V gradivu torej prevladujejo sorazmerno velike najdbe.

V naslednji, tj. drugi fazi terenskih raziskav je bil sediment iz Saksidove sonde pregledan znova, tokrat s strani ekipe arheologov z Inštituta za arheologijo ZRC SAZU. Ker je šlo za že prekopan sediment z deponije, nastale ob sondiranju V. Saksida (glej zgoraj), ga je bilo treba obravnavati kot celoto; delitev na mezolitski in bronastodobni/železnodobni del namreč ni bila več mogoča. Ponoven pregled je prispeval dodatnih 137 ostankov sesalcev (sl. 89: vzorec 3), tako da se je celotni nabor izkopanih živalskih kosti in zob povečal kar za petino. Na novo pridobljenih je bilo 91 taksonomsko opredeljenih najdb, kar znaša več kot 70 odstotkov vseh opredeljenih ostankov iz "Saksidovih" vzorcev 1 in 2 (tj. vzorcev, pridobljenih med izkopno fazo 1).

Med skeletnimi elementi so tokrat prevladovali izolirani zobje goveda in prašiča, pomemben pa je bil tudi delež zapestnic, nartnic in prstnic (sl. 90: izkopna faza 2). Vnovični pregled je prav tako navrgel veliko ostankov t. i. majhnega plena. Če je bilo med taksonomsko opredeljenimi najdbami iz prve faze raziskav ostankov zajca, podlasice, kune, jazbeca, vidre, divje mačke, risa in lisice namreč le slabih 15 odstotkov, se je ob vnovičnem pregledu ta delež dvignil na 25 odstotkov (sl. 89). Vključitev strokovno usposobljenega kadra v proces pobiranja arheozooloških ostankov je torej bistveno prispevala k učinkovitejšemu zajemanju (predvsem manjših) najdb, in to brez sprememb v metodologiji dela. Živalski ostanki so bili namreč tudi med izkopno fazo 2 pobirani le ročno.

Dejanske prilagoditve terenske metodologije so se zgodile šele v naslednji, tretji fazi raziskav, ko je bil dotlej že dvakrat pregledan sediment sprva v celoti spran skozi sita (velikost odprtin: 3 in 1 mm), nato pa pregledan še v tretje (sl. 88). Pri tem se je skupno število zajetih arheozooloških ostankov povečalo za 4960 primerkov in se tako več kot posedmerilo (sl. 89: vzorec 4). Večinskega dela teh, zgolj nekaj milimetrov velikih najdb sicer ni bilo mogoče taksonomsko in/ali anatomsko opredeliti, a povečanje števila vseh dotlej opredeljenih kosti in zob je bilo kljub temu precejšnje (tj. z 221 na 312). Številni so bili predvsem ostanki t. i. majhnega plena, najdenih pa je bilo tudi sorazmerno veliko drobnih kosti večjih živali (npr. zapestnic, nartnic, prstnic; sl. 90: izkopna faza 3). Posledično sta se močno spremenila tudi oba ključna vstopna podatka sleherne arheozoološke raziskave: delež zastopanosti posameznih taksonov (sl. 91) in število ostankov različnih skeletnih elementov (sl. 90).

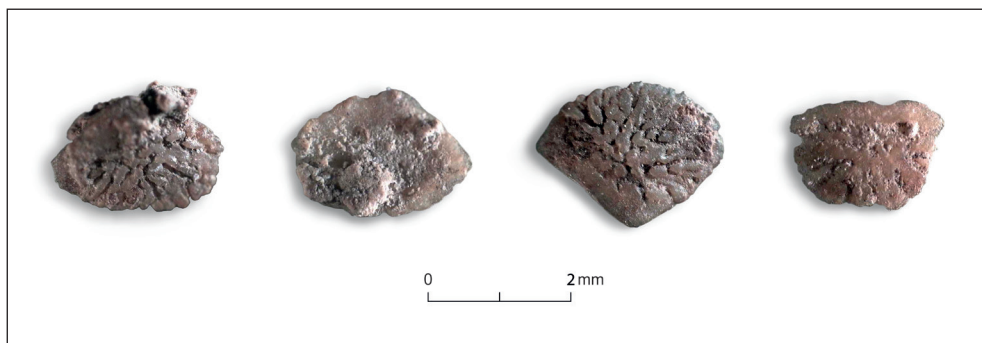
Sklepna faza terenskih raziskav *Viktorjevega spodmola* so bila arbitrarna izkopavanja profila t. i. Saksidove sonde (izkopna faza 4, glej sl. 88). Pri tem je bil odstranjen blok sedimentov velikosti 0,2 x 2 x 1 m, in sicer po vodoravnih režnjih enotne debeline 5 cm. Izkopan sediment je bil v celoti spran na že zgoraj omenjenih sitih, posamezne frakcije pa pregledane pod lupo. Pri tem niso bili izločeni le ostanki velikih sesalcev (N = 12.376; Toškan in Dirjec 2004a), temveč tudi malih sesalcev (3717 zob in več sto odlomkov kosti; Toškan in Kryštufek 2004), kač (N = 259), kuščaric (N = 4828, ob tem pa še dodatnih pribl. 58.000 **dermalnih ploščic**), dvoživk (N = 59), rib (N = 30; vse Paunović 2004) in



Sl. 91: Delež (% NISP; glej I. del/3.6.1) ostankov nekaterih živalskih taksonov v gradivu iz Viktorjevega spodmola, pobranem pri pregledovanju nepresejanega sedimenta iz Saksidove sonde (izkopni fazi 1 in 2) in pri vnovičnem pregledovanju istega materiala, tokrat po predhodnem sejanju (izkopna faza 3). Za podrobnejši opis posameznih izkopnih faz glej besedilo in sliko 88. Kategorija "majhen plen" je opredeljena v podpisu slike 90.

mehkužcev (N = 8979; Mikuž 2004; Slapnik 2004). Vse skupaj iz zgolj 0,4 m<sup>3</sup> sedimenta, kar je petkrat manj kot prostornina Saksidove sonde.

Nujo po sejanju vsaj dela izkopanih sedimentov zelo prepričljivo ponazarjajo tudi raziskave v *Mali Triglavci*, izrazitem spodmolu v manjši vrtači na Divaškem krasu. Med letoma 1979 in 1985 je tu izkopavala ekipa z Inštituta za arheologijo ZRC SAZU, ki jo je vodil F. Leben (1988). Pri tem so bile najdbe večinoma pobirane ročno. Izmed nekaj čez tisoč izkopanih živalskih ostankov iz različnih arheoloških obdobjev so bili doslej objavljeni le rezultati študije gradiva mezolitske starosti (Pohar 1990). Poldrugo desetletje po končanih sistematskih izkopavanjih je I. Turk, prav tako z Inštituta za arheologijo ZRC SAZU, opravil manjšo kontrolno raziskavo. Ta pa ni imela namena poseči v še neizkopane plasti, temveč le pobrati drobne arheološke in druge najdbe, ki bi lahko ostale v deponiranem odkopu Lebnovih izkopavanj t. i. mezolitske plasti. Nabor arheozooloških najdb, pridobljenih z omenjeno raziskavo, vključuje več kot 3000 kosti in zob sesalcev



Sl. 92: Dermalne ploščice kuščarjev. Foto: I. Debeljak.

(Turk s sod. 2004; Toškan 2009a) ter več deset tisoč ostankov drugih živalskih taksonov. Pogledajmo si nekatere podrobnosti.

V znova pregledani deponiji sedimentov je bilo ugotovljenih kar 9 izmed skupno 11 vrst, navedenih v objavi gradiva Lebnovih izkopavanj (Pohar 1990, tab. 1). Ob tem je bilo odkritih 5 “novih” vrst velikih in 21 vrst malih sesalcev, 6 vrst morskih mehkužcev (Mikuž in Turk 2004) in najmanj 1 vrsta kuščarjev (sl. 92; Turk 2004b). Poleg tega je kontrolna raziskava prispevala še 15 ostankov taksonomsko ožje neopredeljenih rib (Turk 2004b), ki dotlej na tem najdišču sploh še niso bile poznane, in več deset tisoč hišic kopenskih polžev (Mikuž in Turk 2004, 199). Število opredeljenih ostankov velikih sesalcev, pridobljenih med izkopavanji v letih 1979–1985, se je skoraj potrojilo (tj. s 370 na 943), in to brez upoštevanja več kot 2200 majhnih fragmentov jelenjega rogova. Če upoštevamo tudi nepregledan del deponije, so bili torej določljivi ostanki velikih sesalcev med t. i. sistematskimi izkopavanji v osemdesetih letih prejšnjega stoletja pobrani v bistveno manj kot 40-odstotkih! Ob upoštevanju ostankov vseh živalskih skupin (tj. tudi malih sesalcev, plazilcev, rib, mehkužcev) bi bila ta razlika seveda še veliko večja.

Negativne posledice površnega pobiranja arheozooloških najdb pa se ne kažejo le v popačenih deležih zastopanosti posameznih taksonov, skeletnih elementov, starostnih razredov ali, denimo, izgubi sicer dragocenih taksonomsko opredeljivih ostankov manjših živali (glej npr. II. del/5.3). Pomembne negativne posledice na izid raziskave utegne imeti tudi slaba zastopanost tistih ostankov, ki zaradi svoje fragmentiranosti taksonomske opredelitve niso omogočali. Ti so največkrat manjši kot 1 cm, zato jih pri ročnem pobiranju večinoma spregledamo. So pa zato tovrstne najdbe lahko izredno številne v presejanem gradivu. Ob pregledani deponiji v *Mali Triglavci* je bila tako denimo teža vseh nedoločljivih živalskih ostankov velikosti nad 3 mm ocenjena na 43 kg, pri čemer znaša masno razmerje med določljivimi in nedoločljivimi ostanki kar 1 : 15. Z drugimi besedami: v raziskanem delu deponije so bile določljive najdbe zgolj petnajstina mase vseh izkopanih kostnih in zobnih fragmentov.

Kaj to pomeni v praksi? Med drugim to, da je ocenjevanje količine zaužitega mesa v okviru neke skupnosti zgolj na podlagi ročno pobranih (= velikih) živalskih ostankov še bistveno bolj problematično kot sicer. Prav tako je treba na podlagi zgornjih ugotovitev

znova premisliti o tem, kako zanesljivi so izsledki ugotavljanja dejavnikov akumulacije arheozooloških najdb ali, denimo, rezultati tafonomskih analiz. Kot so prepričljivo pokazali Turk in sodelavci (2004, 202), pa so ti drobni fragmenti lahko zelo pomembni tudi pri obravnavi povsem arheoloških problematik, kot je odkrivanje spektrov aktivnosti nekdanjih človeških skupnosti. Vrnimo se torej na koncu še enkrat v *Malo Triglavco* in omenimo, da je bilo v mezolitskih plasteh najdenih več izdelkov iz jelenjega rogovja (Leben 1988). Bi lahko ti ostanki kazali obstoj obrtnih delavnic za izdelke iz te surovine? Na podlagi gradiva, pridobljenega med raziskavami v letih 1979–1985, se ne zdi tako. V takšnih delavnicah je namreč zagotovo nastajalo veliko odpadkov (tj. drobnih fragmentov) jelenjega rogovja, v gradivu z Lebnovih izkopavanj pa so ti ostanki predstavljali zgolj skromnih 16 odstotkov vseh taksonomsko opredeljenih jelenjih najdb. A z vnovičnim pregledovanjem deponije sedimentov se je ta delež povzpел na kar 82 odstotkov. V *Viktorjevem spodmolu*, kjer je bil jelen ravno tako kot v *Mali Triglavci* za časa mezolitika glavna lovna divjad, je bilo teh najdb zgolj 31 odstotkov (upoštevano je gradivo, ki so ga prispevala arbitrarna izkopavanja profila Saksidove sonde, tj. izkopna faza 4; glej vzorec 5 na sl. 89). Tu so bili bistveno manj številni tudi izdelki iz rogovja. Na podlagi najdb iz presejanih frakcij sedimenta lahko torej vendarle sklenemo, da je v *Mali Triglavci* specializirana delavnica za izdelke iz jelenovega rogovja bržčas dejansko obstajala, medtem ko je bila v *Viktorjevem spodmolu* takšna dejavnost domnevno zgolj postranskega pomena.



## 2 Nekatere rastline so v fosilnem zapisu vidnejše kot druge

### 2.1 Ledenodobni srednjeevropski gozdovi

Hladno in domnevno suho podnebje v zadnji ledeni dobi, ko je bila večina severne Evrope prekrita z ledom, je omejevalo rast dreves. Drevesne vrste, ki danes uspevajo vse do severa Evrope (sl. 93), so se ob viških poledenitev ohranile na jugu Evrope, v t. i. "refugijih", to je območjih z nekoliko toplejšim in vlažnejšim podnebjem (mikroklimo) v hribovitih predelih Balkana, Italije in Španije, pa tudi srednje Evrope (Bennett s sod. 1991; Culiberg 1991; Huntley in Birks 1993; Culiberg in Šercelj 1998; Petit s sod. 2003; Willis in van Andel 2004; Magri s sod. 2006; Cheddadi s sod. 2006). Podatki o rastlinstvu teh toplejših območij so zaradi pomanjkanja palinoloških raziskav dolgih sekvenc



Sl. 93: Današnja vegetacija severne Finske je le deloma podobna nekdanji ledenodobni vegetaciji srednje in vzhodne Evrope (npr. Madžarske, Avstrije, Češke, tudi Slovenije), kjer je pred 22.000 leti uspevalo več zmerno toploljubnih in toploljubnih listavcev kot v današnji Skandinaviji.

skopi (za pregled stanja raziskav glej Willis in van Andel 2004; Feurdean s sod., 2014; Moreno s sod. 2014). Ob višku poledenitve, pred približno 22.000 leti, se tako v južni kot srednji Evropi na pelodnih diagramih pojavlja zelo malo peloda dreves. Pelodna zrna na svoji poti od rastline do mesta odložitve v sediment prepotujejo različne razdalje (glej I. del/1.2 in 1.7), zato maloštevilna pelodna zrna lahko izvirajo od posameznih rastlin v neposredni bližini paleoekološkega najdišča (< 1 %, Bennett s sod. 1991) ali pa nakazujejo prisotnost večje populacije na več sto kilometrski oddaljenosti. V palinološki literaturi je dolgo veljalo prepričanje, da moramo ledenodobne refugije iskati le v južni Evropi, medtem ko naj bi bilo podnebje v srednji Evropi prehladno za rast dreves, posamična pelodna zrna dreves pa naj bi v sediment prišla s kontaminacijo ali naletom peloda od daleč (Huntley s sod. 2003).

K. J. Willis in sodelavci (2000) so, da bi ugotovili izvor peloda dreves, uporabili multidisciplinarni raziskovalni pristop, ki je poleg analize peloda vključeval tudi analizo makrooglja. Makroskopski koščki oglja so večji in težji kot pelod, zato ne potujejo na daljše razdalje in bolje kažejo lokalno prisotnost dreves. Analiza oglja z 31 arheoloških (paleotla pod publico) in paleoekoloških najdišč (jezerski sediment) na Madžarskem je pokazala, da je ob višku poledenitve tam uspevalo najmanj osem vrst dreves: rdeči bor (*Pinus sylvestris*), cemprin (*Pinus cembra*), breza (*Betula* sp.), smreka (*Picea* sp.), brin (*Juniperus* sp.), macesen (*Larix* sp.), navadni gaber (*Carpinus betulus*) in vrba (*Salix* sp.). Vsi v raziskavo vključeni vzorci so bili radiokarbonsko datirani v čas med pribl. 32.000–17.000 cal. BP. Takratna sestava vegetacije je bila podobna današnjim borealnim gozdom, radiokarbonsko datirane ostanke oglja iglavcev in listavcev (42.000–19.000 cal. BP) pa so odkrili še na 40 različnih lokacijah v sedmih različnih državah v srednji in vzhodni Evropi (Willis in van Andel 2004). Na nekaterih najdiščih na Madžarskem so se v talnih profilih ohranili celo obrisi pooglenelih debel in koreninskega sistema. Na paleoekoloških najdiščih se poleg oglja pojavlja tudi pelod vseh omenjenih taksonov, najden pa je bil tudi pelod bresta (*Ulmus*), hrasta (*Quercus*), kraškega (črnega) gabra (*Carpinus orientalis/Ostrya*) in leske (*Corylus*). Nekateri izmed naštetih vrst (npr. gaber) so topoljubne.

Podobno sliko kaže tudi analiza ledenodobnih mehkužcev (Willis s sod. 2000): na Madžarskem so prevladovala stepske vrste, prisotnih pa je bilo tudi precej gozdnih vrst. Največ je bilo mezofilnih (= zmerno topoljubnih) in termofilnih (= topoljubnih) vrst, medtem ko so mehkužci, ki lahko prenesejo hladne razmere, prevladovali le na enem najdišču. Raziskovalci so glede na sestavo vrst sklepali, da je bila povprečna julijska temperatura med 16 °C in 18 °C, z vlažnimi do polvlažnimi razmerami, kar se ne ujema s paleoklimatskim modeliranjem, ki za srednjo/vzhodno Evropo predvideva mnogo nižje temperature in bolj sušno podnebje (Kutzbach s sod. 1993). To neskladje verjetno govori o obstoju mikroklimatsko ugodnih razmer znotraj v splošnem hladnejšega ledenodobnega podnebja. V prid tezi o toplejši in bolj poraščeni pokrajini, ki je ponujala dovolj hrane za velike poznopleistocenske rastlinojede živali (Guthrie 1990), govorijo tudi najdbe sesalske favne (npr. gozdna voluharica) v srednji Evropi (Sommer in Nadachowski 2006; Kotlík s sod. 2006).

Navedeni argumenti podpirajo tezo, da je bila ledenodobna pokrajina v Evropi bolj pogozdena, kot smo domnevali do zdaj in kot bi nedvoumno lahko sklepali samo po rezultatih palinoloških raziskav. V hladnih podnebnih razmerah, ko je bilo dreves malo in so proizvajala manj peloda (Hicks 1985), je vidnost lokalnih populacij drevja slabša, kar lahko bistveno okrne našo interpretacijo in razumevanje nekdanjega okolja ledenodobnih



prebivalcev Evrope. Opisani primer raziskave je pokazal, da na vidnost rastlin v fosilnem zapisu vplivata podnebje in način nastajanja in odlaganja fosilnih ostankov, raziskave, ki vključujejo več neodvisnih študij (npr. analiza oglja, peloda, mehkužcev, živalskih kosti in genskega materiala ter paleoklimatsko modeliranje), pa omogočajo boljšo rekonstrukcijo nekdanjih okoljskih razmer in procesov.

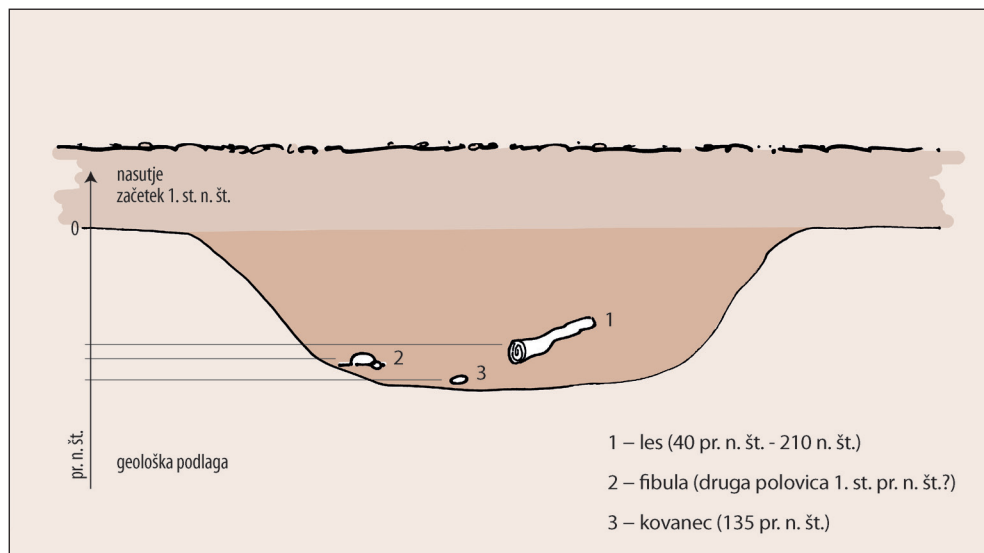
## 2.2 Možnosti in omejitve palinoloških raziskav vlažnih kontekstov na arheoloških najdiščih

Na nastajanje, odlaganje in ohranitev fosilnega peloda vplivajo podnebje in rastiščne razmere, način širjenja pelodnih zrn ter naravne značilnosti jezer in močvirij (glej I. del/1.7 in II. del/2.1, 4.1). Pelodna ovojnica je zelo občutljiva in se ohrani le v anaerobnih razmerah (npr. v jezerih in močvirjih). Na veliki večini arheoloških najdišč na suhem, za palinološke raziskave neprimernem terenu se pelod ni ohranil (glej I. del/2.3). Izjema so le vodni konteksti (npr. vodni jarki ali vodnjaki) znotraj bolj suhih arheoloških najdišč. V nadaljevanju predstavljamo primer palinološke raziskave rimskodobne vodne kotanje (Andrič s sod. 2012) in interpretativne možnosti in omejitve, ki jih taka raziskava ponuja.

Med arheološkimi izkopavanji rimske naselbine *Emone*, na lokaciji načrtovane Narodne in univerzitetne knjižnice med Zoisovo in Slovensko cesto v Ljubljani, je bila leta 2008 odkrita ovalna vodna kotanja (5,6 x 3,3 m, globina 0,7 m), kjer se je v anaerobnih razmerah odlagal siv, meljasto-glinit sediment (Gaspari 2010; sl. 94). V tej, verjetno umetno preoblikovani naravni poglobitvi v geološko podlago so se v spodnjih 30 cm kotanje ohranili arheološki predmeti, ostanki lesa (veje in tanke klane deske), kosti (konj, govedo), ostanki usnja in tudi pelod. Starost vodne kotanje je bila ocenjena z radiokarbonskim datiranjem,



Sl. 94: Vodna kotanja. Foto: M. Lavrič, arhiv ZVKDS OE Ljubljana.



Sl. 95: Starost vodne kotanje je bila ocenjena z radiokarbonskimi datacijami, arheološkimi predmeti, ki so bili uporabljani le kratek čas, in stratigrafsko lego kotanje. Arheološki predmeti na sliki niso narisani v stratigrafski legi, vsi so bili namreč najdeni v spodnjih 30 cm sedimenta vodne kotanje. Komentar k novcu: ti novci so bili zelo dolgo v obtoku, zato je v vodno kotanjjo lahko prišel ob njenem nastanku ali mnogo pozneje. Morda je starejši od sedimenta v katerem leži.

tipološkimi značilnostmi arheoloških predmetov in **stratigrafsko** lego vodne kotanje (uokvirjeno besedilo na str. 162 in 163, sl. 95). Radiokarbonska **datacija** vzorca hrastovega lesa iz kotanje ( $1930 \pm 50$  BP) je pokazala starost med 40 pr. n. št. in 210 n. št. (razpon  $2\sigma$ ), še natančneje kot radiokarbonsko datiranje pa nam starost vodne kotanje pomagajo določiti arheološki predmeti. V vodni kotanji je bil najden novc (republikanski denarij, kovan leta 135 pr. n. št.), bronasta sponka tipa Jezerine, keramika in bronast locen vojaške sponke, kar lahko povežemo s prisotnostjo rimske vojske. Kotanja je ležala pod nasutjem, datiranim v zadnje desetletje Avgustove (27 pr. n. št. – 14 n. št.) vladavine, na katerem so bili zgrajeni zidovi naselbine *Emone* v prvi fazi (Gaspari 2010). Na osnovi arheoloških najdb, stratigrafske lege kotanje in radiokarbonskega datiranja lahko sklepamo, da je bila vodna kotanja v uporabi ob koncu 1. stoletja pred našim štetjem in/ali na začetku 1. stoletja našega štetja (Gaspari 2010; Andrič s sod. 2012).

#### KAKO JE BILA DOLOČENA STAROST VODNE KOTANJE?

Na arheoloških najdiščih se starost plasti in najdb lahko določa na več načinov, z radiokarbonskim datiranjem, arheološko **tipologijo** in po stratigrafski legi plasti. V našem primeru je radiokarbonsko datirani kos lesa pokazal starost  $1930 \pm 50$  BP (Beta-249754, razpon  $2\sigma$ : 40 BC–AD 210,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ :  $-24,5\%$ ; Gaspari 2010). Radiokarbonsko datiranje, v nasprotju z zgodovinskimi arhivskimi viri, nekaterimi novci in

dendrokronološkimi raziskavami (glej I. del/2.6.1), starosti predmeta ne more določiti do leta natančno. Navedena datacija lesa (tj. razpon  $2\sigma$ ) tako pomeni 95-% verjetnost, da je "prava" starost lesa med letoma 40 pr. n. št. in 210 n. št. Glede na razmeroma visoko razmerje ogljikovih izotopov ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ , glej tudi II. del/Uvod) Gaspari (2010) dopušča tudi nekoliko starejšo datacijo.

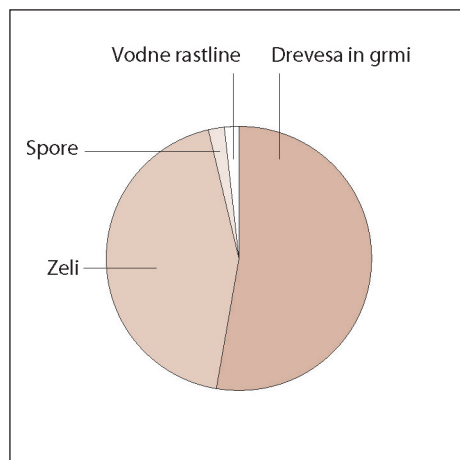
Poleg radiokarbonskih datacij je pomembna tudi stratigrafska lega plasti. Plasti, ki ležijo pod vodno kotanjo (oz. plasti, v katere je kotanja vkopana), so starejše, plasti nad vodno kotanjo pa mlajše kot naš vzorec. Vodna kotanja leži pod nasutjem za gradnjo zidov prve faze *Emone*, za katerega se na podlagi zastopanosti oblik žigov na terri sigilati in po novcih domneva, da sodi okvirno v čas med letoma 1 in 15 n. št. (Gaspari 2010; Andrič s sod. 2012; Gaspari s sod. 2014). Ti podatki, skupaj z radiokarbonsko datacijo, zožijo oceno starosti vodne kotanje na prvo stoletje pr. n. št. in začetek prvega stoletja n. št. (sl. 95).

Pri oceni starosti nam pomagajo tudi drugi najdeni arheološki predmeti. Republikanski denarij, ki je bil kovan leta 135 pr. n. št., je v sediment lahko prišel le po tem letu. V vodni kotanji je bila najdena tudi **fibula** (sponka) tipa Jezerine. Te sponke so značilne za sredino prvega stoletja pr. n. št., vendar se pojavljajo še v avgustejskih kontekstih (27 pr. n. št. – 14 n. št.).

Na vprašanje, kako dolgo (leta, desetletja, stoletje(a)?) se je v kotanji odlagal cvetni prah, na žalost prav natančno ne moremo odgovoriti. Zaradi zaščitne narave arheoloških izkopavanj vzorci za pelodno analizo iz profila kotanje niso bili pobrani s kovinskimi škatlami, kar bi omogočalo radiokarbonsko datiranje večjega števila vzorcev rastlinskih makrofosilov, in če se je sediment odlagal daljši čas, tudi podrobnejšo določitev starosti vodne kotanje in peloda v njej.

Zaradi zaščitne narave arheoloških izkopavanj je bil za pelodne analize odvzet le en vzorec sedimenta iz spodnjega, 20 cm debelega režnja na dnu vodne kotanje. Ker vzorec ni bil odvzet iz profila (glej I. del/1.4 in uokvirjeno besedilo na str. 162 in 163), s palinološko raziskavo nismo mogli slediti časovnemu razvoju vegetacije skozi čas, vendar pa na osnovi zgoraj navedenih podatkov domnevamo, da je vodna kotanja obstajala le krajši čas (leta, desetletja, morda stoletje). Sestava peloda je tako "posnetek" stanja vegetacije v, za palinološko raziskavo, razmeroma kratkem časovnem obdobju (Andrič s sod. 2012).

V prvotni objavi (Andrič s sod. 2012) so bili predstavljeni rezultati pelodne analize dveh vzorcev, ki smo jih vzeli (vsakič po  $1\text{ cm}^3$ ) iz osnovnega vzorca sedimenta. Ker se rezultati pelodne analize obeh vzorcev bistveno ne razlikujejo med seboj, tokrat na slikah 96 in 97 prikazujemo le rezultate pelodne analize enega vzorca (vzorec 1). Ker je bila vodna kotanja zelo majhna ( $< 30\text{ m}$ ), glede na palinološko teorijo (glej I. del/1.7) predvidevamo, da v sedimentu prevladuje pelod lokalne in ekstralokalne vegetacije (tj. pelod rastlin, ki so rasle na oddaljenosti od nekaj deset do nekaj sto metrov), medtem ko je peloda, ki bi na najdišče prišel z večje (nekaj km) oddaljenosti, manj. Naša rekonstrukcija nekdanje okoliške vegetacije zato zajema predvsem območje lokalne in ekstralokalne vegetacije. V vzorcu prevladuje pelod dreves in grmov (53 %), tudi delež peloda zeli je visok (44 %), medtem ko vodne rastline in spore mahov ter praproti skupno dosegajo le pribl. 3 % (sl. 96). Takšno razmerje med pelodom dreves in zeli nakazuje, da je bila okoliška pokrajina deloma pogozdena. Prevladovali so večinoma hrastovi (*Quercus*) gozdovi, z nekoliko nižjimi deleži so bili zastopani še bukev (*Fagus*), leska (*Corylus*), jelka (*Abies*) in navadni gaber (*Carpinus betulus*; sl. 97). V okolici najdišča so bile tudi razmeroma velike odprte, negoz-



Sl. 96: Rezultati pelodne analize vzorca 1 z lokacije NUK II. Delež dreves in grmov, nedrevesnih taksonov (zeli) kopenskih in vodnih rastlin ter spor praproti.

dne površine. Prisoten je pelod žit (*Cerealia*) in rastlin, ki rade poraščajo opuščene njivske površine in druga okolja, bogata s hranilnimi snovmi, npr. glavinec (*Centaurea*), metlikovke (*Chenopodiaceae*), pelin (*Artemisia*) in kopriva (*Urtica*). V vodni kotanji je bil najden tudi pelod ozkolistnega trpotca (*Plantago lanceolata*), kislice (*Rumex*) in (ripeče) zlatice (pelod tipa *Ranunculus acris*), ki so bili prisotni na pašnikih. Pelod žit, ki se le težko širi na večje razdalje (Behre 1981), govori o tem, da je pelod na najdišče najverjetneje prišel skupaj z žitnimi zrni in/ali slamo, čeprav dopuščamo tudi možnost, da so v neposredni bližini (na oddaljenosti nekaj deset/sto metrov) ležala polja. Podobno je s pašnimi indikatorji: zelo močan pašni signal lahko izvira iz pašnikov v bližini kotanje, mogoče pa je tudi, da je nekaj peloda pašnih indikatorjev v naselje prišlo z iztrebki živali, vodna kotanja pa se je morda uporabljala celo kot napajališče za živino.

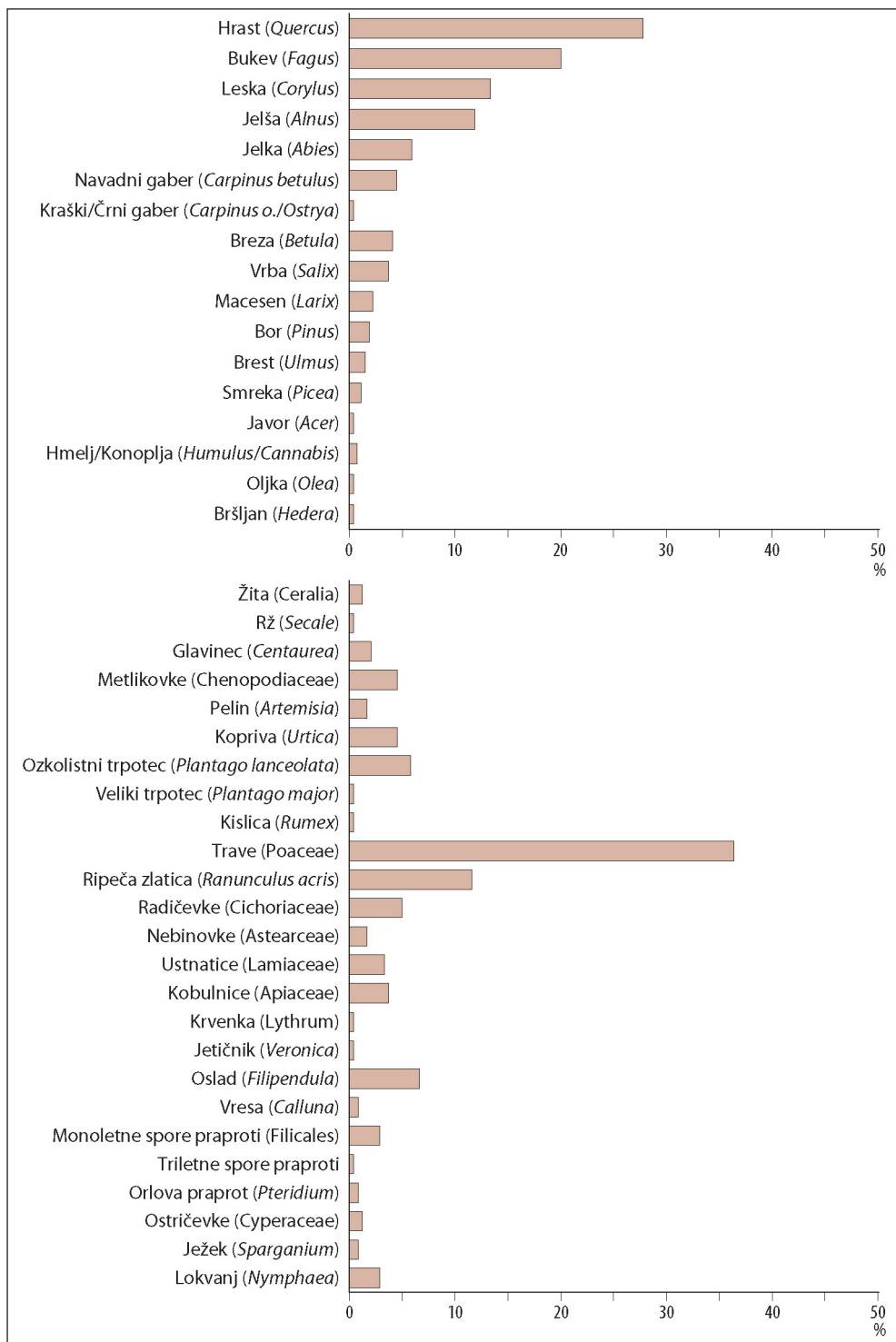
Na najdišču so v kontekstih iz časa pred gradnjo rimskega mesta poleg kosti prašiča, ki prevladuje, našli tudi kosti goveda, drobnice in konjev (Andrič s sod. 2012). Glede na pomembno prometno lego *Emone* in vsaj občasno zadrževanje večjega števila vojaštva, ki ga nakazujejo ostanki večjega dvofaznega tabora na lokaciji *Prule-Tribuna*, vadbene tabor z lokacije NUK II in drugi sledovi rimske vojske na območju poznejšega mesta na levem bregu Ljubljance (Gaspari 2010; Hvalec s sod. 2009; Gaspari s sod. 2014), so bile za živali verjetno potrebne večje pašne površine.

Poleg peloda okoliške vegetacije je v vodni kotanji prisoten tudi pelod rastlin, ki jih je na najdišče prinesel človek. Pelodno zrno oljke (*Olea*) je na najdišče verjetno prišlo z oljčnim oljem ali vejicami (manj verjeten, čeprav ni izključen, je prenos peloda na dolge razdalje z vetrom), širokolistni trpotec (*Plantago major*) pa rad porašča shojene površine in poti.

Pelodni zapis kaže tudi močvirno okolje, kar je glede na samo vodno kotanjo in bližino reke Ljubljance pričakovano. Prisoten je pelod jelše (*Alnus*) in vrbe (*Salix*), visok odstotek peloda trav (Poaceae) pa lahko izvira s travnikov/pašnikov ali pa pripada trstu (*Phragmites*), ki je, podobno kot brestovolistni oslad (*Filipendula ulmaria*), verjetno poraščal obrežje Ljubljance in morda tudi vodne kotanje. Zamočvirjenost vodne kotanje in terena ob reki kaže tudi pelod drugih močvirskih in vodnih rastlin, kot so močvirska krpača (*Thelypteris palustris*), ježek (*Sparganium*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*) in lokvanj (*Nymphaea*).

→

Sl. 97: Rezultati pelodne analize vzorca 1 z lokacije NUK II. Zastopanost posameznih taksonov. Po predlogi: Andrič s sod. 2012, 411, sl. 2 in 3.



S pelodom, ki se je ohranil v vodni kotanji, smo lahko rekonstruirali podobo rastlinstva in človekov vpliv na okolje na območju poznejšega rimskega mesta *Emone* v kratkem časovnem obdobju med 1. stol. pr. n. št.–1. stol. n. št. Za analizo razvoja rastlinstva v daljšem časovnem obdobju in sprememb vegetacije, povezanih z romanizacijo tega prostora, bi potrebovali pelodno analizo daljše sekvence. Na urbanem območju Ljubljane je najdišč, ki bi bila primerna za pelodno analizo, malo: sediment so velikokrat poškodovale gradbene aktivnosti ali pa je bil odnesen/premešan zaradi poplavljanja Ljubljane. V zadnjih letih so arheološka izkopavanja vendarle odkrila kar nekaj najdišč, primernih za pelodno analizo (*Špica, Tribuna, Prule*), vsako izmed teh najdišč pokriva le več stoletij trajajoče obdobje. V naslednjih letih zato lahko pričakujemo, da bomo na območju Ljubljane sestavili "mozaik" razvoja vegetacije od prazgodovine do zgodnjega srednjega veka.

### 2.3 Spekter arheobotaničnih ostankov iz zoglenelih in z vodo prepojenih sedimentov

Le peščica arheoloških najdišč je prepojenih z vodo, ta predstavljajo poseben arheobotanični (in arheobiološki) primer, ki ga je treba posebej obravnavati in čim boljje izkoristiti, saj so takšna najdišča izjemno bogata z biološkimi (organskimi) ostanki (I. del/2.3, str. 57). Pomembno je, da so tovrstna najdišča, kljub časovno zamudnejšemu in zahtevnejšemu shranjevanju in proučevanju z vodo prepojenih vzorcev (glej I. del/2.5), izjemno močen znanstveni instrument tako pri rekonstrukciji prehrane, poljedelstva, socialnih in kulturnih navad preteklih ljudstev kot tudi pri interpretaciji vegetacijskih razmer v bližini naselbine (glej primere raziskav v II. delu/4.2 in 5.2).

Zogleneli arheobotanični makroostanki so pogostejši (glej uokvirjeno besedilo na str. 167). Ti se ohranjajo zelo različno glede na rastlinski takson in način sežiga. Primeri več raziskav (npr. Wilkinson in Stevens 2003; van der Veen 2007; Jacomet 2007b; 2013) so že pokazali, kako pomembno je pri interpretaciji arheobotaničnih rezultatov upoštevati tafonomske razmere (glej I. del/2.3.1 in 2.7), v katerih so se ostanki ohranjali skozi dolga tisočletja. Deleži ostankov številnih taksonov so lahko podcenjeni ali celo izničeni, če so pogoji ohranjanja organskih ostankov za njih neugodni. Tako lahko npr. pri zoglenelih organskih ostankih, ki so na arheoloških najdiščih pogosteje ohranjeni, poleg lesnega oglja, ugotavljamo pomen le nekaterih, v večini gojenih, prehranskih rastlin, deloma tudi plevelov. Že Knörzer (1971a; 1971b) je opazil, da je spekter zoglenelih rastlinskih ostankov povsod zelo podoben (v času in prostoru). Večina zoglenelih vzorcev v Evropi in na Bližnjem vzhodu namreč vsebuje žitna zrna in ostale ostanke zrelih žitnih klasov ter semena plevelov, ki vsi predstavljajo žetveni pridelek in z njim povezane nečistoče (Jones 1987). Hillman (1981) je zapisal, da je bila uporaba rastlinskega materiala za kurjavo najpogostejši razlog za pooglenitev. Broadman in Jones (1990) sta naredila poskus, da bi ugotovila, kakšen vpliv ima ogenj na različne žitne ostanke. Pri karbonizaciji so se najprej izgubili nežnejše pleve, slama in rahisi neplevastih žit ("**golic**"), sledile so močnejše pleve plevastih žit ("**résnic**") (glej I. del/2.2, sl. 32), medtem ko so žitna zrna prestala najdaljšo karbonizacijo (tj. izpostavljenost vročini/ognju). Broadman in Jones sta s tem razložila pogost spekter ohranjenih zoglenelih žitnih ostankov. Več raziskav (npr. van der Veen 2007; Jacomet 2007a; 2013) je pozneje potrdilo, da se, poleg lesnega oglja, žitnih zrn in ostalih ostankov žitnih klasov, v zoglenelem stanju v manjši meri ohranijo tudi semena stročnic (Fabales) in nekaterih divje rastočih (predvsem nabiranih) rastlin.

Izmed nabiranih rastlin so v zoglelem stanju najpogosteje ohranjene lupinice lešnikov (Jacomet 2013), medtem ko se manjša, nežnejša semena in plodovi začimbnic, zelenjadnic in predvsem z olji bogata semena oz. plodovi manj pogosto ohranijo v zoglelem stanju. Nekatera semena, npr. maka (*Papaver somniferum*), lanu (*Linum usitatissimum*) in konoplje (*Cannabis sativa*), se v takšnih razmerah sploh ne ohranjajo, temveč, zaradi visoke vsebnosti olj, popolnoma izgorijo (npr. Jacomet 2007a), zato jih pri interpretaciji prehranskih navad raziskovane, npr. požgane, naselbine ne smemo izvzeti. Podobno ne smemo izvzeti tudi semen graha (*Pisum sativum*) (glej v nadaljevanju; pogl. 2.4), ki jih zaradi doslej še neznanih tafonomskih razlogov najdemo v presenetljivo majhnem številu na večini arheoloških najdišč (npr. Jacomet 2006a; 2009), pa čeprav vemo, da so rastlino gojili že od neolitika dalje (Zohary in Hopf 2004).

#### SPEKTER OŽGANIH RASTLINSKIH MAKROOSTANKOV

Čeprav so rastlinski makroostanki z arheoloških najdišč ohranjeni najpogosteje v zoglelem stanju (glej tudi I. del/2.3.1), je spekter ožganih ostankov zelo ozek. V to skupino sodijo rastline, uporabljane za kurjavo (najpogosteje les ter koščice npr. lešnikov ali dateljnov). Namerno uporabljani kot goriva so bili tudi stranski produkti, nastali pri žetvi in spravilu pridelkov (vključno s starimi ali "pokvarjenimi" zalogami hrane). Naslednjo skupino najpogostejših zoglelenih ostankov tvorijo prehranske rastline, katerih priprava zahteva uporabo ognja (npr. pečenje, kuhanje, praženje). Sem spadajo žitna zrna, stročnice, morda tudi kakšna zelišča in začimbnice. Zaloge žit so prazgodovinski ljudje pogosto tudi ožgali (pražili, sušili), da bi se izognili biotskemu napadu ali kvarjenju (van der Veen 2007), saj so dobro vedeli, da jim lahko zaloge hrane hitro poidejo, če jih napadejo mali sesalci, žuželke ali mikroorganizmi (npr. plesni). Prav tako so morebitne že "napadene" zaloge hrane namenoma sežgali, da se "okužba" ne bi razširila na še "zdrav" pridelek. Nekateri primerki makroostankov pa so lahko zogleneli tudi čisto po naključju, ko je v bližino padlo vroče oglje ali ko so npr. sežigali smeti. Večje količine zoglenega materiala pa so seveda lahko tudi posledica nenadnega požiga vasi.

V zahodnem delu naselbine *Stare gmajne* (izkopavanja 2007, sonda 3) ni bilo zaznani žganinskih plasti, ki bi pričale o požaru (Velušček 2009a, 61), zato močno prevladujejo rastlinski ostanki, ohranjeni v nezoglelem stanju, le dobrih 7 % jih je bilo zoglelenih (sl. 98). Pri tem primeru dobro vidimo, kako velik delež ostankov izgubimo, kadar razisku-

RASTLINSKI TAKSON	OHRANJENI V NEZOGLENELEM STANJU	OHRANJENI V ZOGLENELEM STANJU
87 divjerastočih taksonov	87	2
6 kulturnih rastlin	6	5

Sl. 98: Deleži zoglelenih in nezoglelenih rastlinskih makroostankov na najdišču *Stare gmajne* (izkopavanja 2007, sonda 3).

jemo sediment s suhih arheoloških najdišč. Na slednjih namreč skorajda ni ohranjenega ničesar drugega rastlinskega kot zogleneli ostanki, zato moramo biti pri arheobotanični interpretaciji ostankov s suhih arheoloških najdišč previdni.

Tuje raziskave so pokazale, da je količina ohranjenih zoglenelih rastlinskih makroostankov odvisna tudi od samega načina požara (oz. pooglenitve). Zogleneli material se najbolje ohrani, kadar so požari nagli, hitri in posledično izgorevanje ni popolno (Jacomet 2007b; primer najdišča *Hornstaad Hörnle I* [Maier 1996; 2001]), medtem ko se v počasnih in dlje trajajočih požarih ta ohrani v veliko slabšem stanju (Schiffer 1987).

Glede na vsa zgoraj opisana dejstva se, za razliko od sedimenta, prepojenega z vodo, v zoglenelem ohranijo predvsem indikatorji poljedelstva (žitna zrna, pleve, slama, pleveli) in kurjave (les, lupinice oreškov, odpadni produkti trebljenja), medtem ko so pokazatelji naravnega rasti ter nabiranih sadežev in oljnih rastlin v takšnih okoliščinah ponavadi premalo zastopani.

## 2.4 Prevelika ali premajhna zastopanost nekaterih rastlinskih taksonov

Ostanki semen in plodov nekaterih rastlin, ki se ohranijo v arheoloških sedimentih, so mnogo številčnejši kot drugi. Razlogi za to so lahko različni, npr.:

1. obilno semenenje rastlinske vrste,
2. odpornost (trajnost) semen/plodov (glej I. del/2.3 Tafonomija),
3. obsežno rastišče določene rastlinske vrste v bližini ali na mestu odvzema vzorca sedimenta zaradi ugodnih ekoloških pogojev ali zaradi gojenja te vrste,
4. nabiranje in skladiščenje semen/plodov določene vrste za različne namene (prehrana, krma, zdravilstvo, kurjava itd.)
5. akumulacija ostankov oz. odpadkov, npr. pri žetvi in čiščenju pridelka (npr. plevelnih semen, slame).

Zanimivi rastlini sta npr. bela metlika (*Chenopodium album*) in oljna ogrščica (*Brassica rapa*), katerih semena/plodovi so pogosto ohranjeni na arheoloških najdiščih, zato sta neredko (pravilno ali nepravilno?) obravnavani kot plevel ali celo kot uporabni rastlini.

### Bela metlika

Rod metlik (*Chenopodium*) je značilen rod predvsem enoletnih poletnih plevelov (npr. Köhler-Schneider in Caneppele 2009; Maier in Harwath 2011), ki zajema pribl. 250 različnih vrst, naravno razširjenih po vsem svetu. Več vrst je bilo večkrat tudi kultiviranih na različnih koncih sveta, saj veljajo rastline iz tega rodu za ene hranljivejših, tj. bogate z beljakovinami, vlakninami, maščobami in minerali (npr. Smith 1984). Zato primer bele metlike, ki je danes razširjena po vsej Evropi, še posebej na tleh, bogatih s hranili, tj. na **ruderalnih** (sl. 99) in obdelanih, torej antropogenih rastiščih (Martinčič [ur.] 1999/2007), že dalj časa vzbuja pozornost med arheobotaniki. Njeni enosemnski plodovi (sl. 99) so prisotni tako rekoč skorajda na vsakem arheološkem najdišču, tudi tistih bolj sušnih.

Pomembno pri razumevanju tako velike pogostnosti srečevanja njenih ostankov v arheoloških sedimentih je nedvomno izjemno velika produkcija semen/plodov ene same





Sl. 99: Bela metlika z zgoščenimi cvetovi/razvijajočimi se enosemenskimi plodovi. Spodaj: arheološki enosemnski plodovi bele metlike.

rastline, ki lahko doseže tudi do 100.000 semen/plodov. Poleg tega so semena zelo trdoživa, odporna in kaljiva tudi do nekaj sto let (Spohn M. in Spohn R. 2008). Spособnost tako učinkovitega razmnoževanja ji posledično omogoča, da se razvijejo obširni sestoji te vrste. Tako so izpolnjeni že trije izmed petih prej navedenih mogočih razlogov velike pogostnosti nekaterih semen/plodov v arheoloških sedimentih. Vse več arheobotanikov se dandanes sprašuje, ali je bila ta vrsta v vseh arheoloških in zgodovinskih obdobjih res ekonomsko nepomembna in torej prisotna zgolj kot plevel. Iz njenih enosemnskih plodov naj bi se namreč dalo pridobivati moko, bogata so tudi z olji in beljakovinami. Mladi listki in vršički poganjkov so uporabni za pripravo juh, tudi jedi, podobne "špinači", in za spomladansko solato (npr. Gill in Vear 1966; Wilson in Heiser 1979; Spohn M. in Spohn R. 2008; Denes s sod. 2012). Novejše raziskave zato vse večkrat podajajo možnosti (tudi neposredne indicice) o morebitnem namenskem nabiranju in prinašanju različnih delov te rastline v naselbino za uporabo v prehrani (npr. Helbaek 1950; 1954; 1960; Schlichtherle 1981; Smith 1984; 1985; 1987; 1995; 2001; 2002; Fritz 1995; Brombacher 1997; Emmerling-Skala 2005; Behre 2008a; Jacomet 2007a; Kreuz 2007), morda celo o gojenju (npr. Smith 1984; 1985; Stokes in Rowley-Conwy 2002). Z eneolitjskih kolišč z Ljubljanskega barja je bilo npr. v litru sedimenta s kulturne plasti ohranjenih tudi do 1870 semen bele metlike (Tolar s sod. 2011, 213), zato ne gre izključiti tudi četrtega razloga:

nabiranje teh semen oz. plodov. Neposreden indic o morebitni prehranski pomembnosti bele metlike je tudi rezultat analize želodčne vsebine človeških trupel, ohranjenih v močvirjih (Helbaek 1950; 1958). Mogoč razlog za takšno želodčno vsebino bi sicer lahko bil tudi slabo očiščen žetveni pridelek, torej so bila semena bele metlike (kot plevela) zaradi svoje pogostnosti nenamenoma primešana k uskladiščenim zrnom in tako tudi zaužita (Hillman 1986). Odprta pa je tudi možnost, ki izhaja iz etnoarheobotaničnih virov in je bila še ne dolgo nazaj tudi v navadi, tj. da so ljudje namenoma nabirali semena metlike (in drugih plevelov) ter jih primešali k žitom, še posebno, kadar je bilo pridelka malo ali v obdobju vojn (Maurizio 1927; Helbaek 1954).

## Oljna ogrščica

Podobno velja tudi za oljno ogrščico (im. tudi oljna repica), katere naravno območje razširjenosti sega od zahodne Azije do Evrope, kot plevel pa se je pozneje razširila tudi preko teh meja. Semena oljne ogrščice, bogata predvsem z olji, so, podobno kot enosemnski plodovi bele metlike, pogosto prisotna v arheoloških sedimentih. Z eneolitkih barjanskih kolišč npr. tudi do 392 semen v litru sedimenta (Tolar s sod. 2011, 213). Podobno kažejo tudi rezultati s švicarskih in nemških kolišč, zato je rastlina pogosto obravnavana kot ekonomsko pomembna, tj. namensko nabirana za prehrano (tudi za pridobivanje olja), morda celo gojena od poznega neolitika (tj. eneolitika) naprej (npr. Schlichtherle 1981; Brombacher in Jacomet 1997; Kohler-Schneider 2007, 215; Maier in Harwath 2011; Denes s sod. 2012). Številne najdbe semen te vrste iz rimskega obdobja namreč že kažejo zanesljivo gojenje (Jacomet, osebna komunikacija). Prav tako v prid zgodnji kultivaciji govori današnja slovenska **flora**, ki ne pozna divjih vrst rastlin iz rodu *Brassica*, ampak samo gojene, ki lahko večkrat tudi podivjajo. Med bolj poznanimi so zelje, ohrovt, cvečtača, brokoli, kolerabica, repa, oljna ogrščica ali repica, črna ogrščica (Martinčič [ur.] 1999/2007). Zato se na tem mestu upravičeno sprašujemo, kako so semena teh rastlin zašla na slovenska kolišča v obdobju eneolitika oz. bakrene dobe (tj. pred pribl. 5500 leti). Zagotovo gre dejanje pripisati človeku: hote (kot gojena) ali nehote (kot plevelna rastlina).

Povsem nasprotno pa so nekateri taksoni v arheoloških sedimentih občutno premalo zastopani (npr. grah [*Pisum sativum*], lan [*Linum usitatissimum*], mak [*Papaver somniferum*]), čeprav vemo, da so bili gospodarsko pomembni. Razloge gre največkrat iskati v tafonomiji.

## Grah

Semena/plodovi graha se ohranjajo samo v zoglelem stanju in še to, zaradi doslej še neznanih tafonomskih razlogov (glej I. del/2.3), v zelo skromnem številu. Kljub majhnemu deležu najdb na arheoloških najdiščih pa je grah zagotovo gojena rastlinska vrsta, saj je ena najstarejših gojenih stročnic. Kultiviran naj bi bil že zelo zgodaj, najverjetneje skupaj s pšenico in ječmenom (*Hordeum vulgare*) nekje v 6. tisočletju pr. n. št., na Bližnjem vzhodu pa tudi že prej (Zohary in Hopf 2004). Semena divje in gojene oblike graha je težko ločiti. Pa vendar številčno skromni ostanki graha, npr. s *Starih gmajn*, kjer so bila



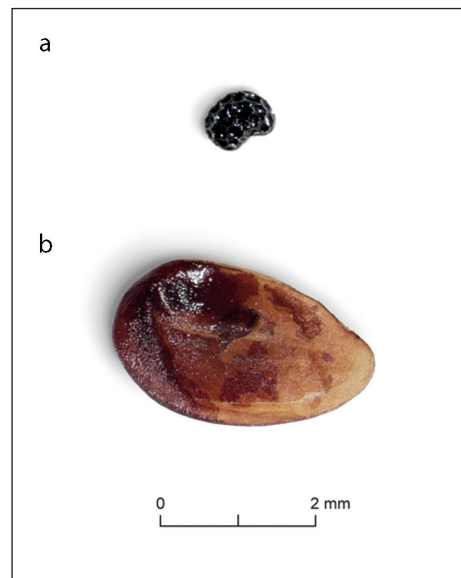
Sl. 100: Zoglenel ostanek graha s *Starih gmajn*.

ohranjena zgolj tri zoglenela semena iz vseh pregledanih vzorcev (tj. skupno 8,7 litra) sedimenta iz kulturne plasti (Tolar s sod. 2011, 211 in 218), zagotovo dokazujejo njegovo kultivacijo vsaj že od eneolitika naprej tudi na slovenskih tleh (sl. 100). Divje rastoči prednik graha rodu *Pisum* v naših krajih namreč ne velja za **avtohtono** rastlinsko vrsto (Martinčič [ur.] 1999/2007).

Semena graha se, za razliko od večine ostalih rastlinskih ostankov, redkeje (ali sploh ne) ohranjajo v mokrih tleh in so zato prisotna v izjemno majhnem številu in največkrat v zoglenelem stanju (Jacomet 2006a; 2009; 2013). Za potrditev gojenja graha v zmernem podnebjju zato zadostuje že en sam primersek zoglenelega ostanka graha v pregledanem z vodo prepojenem arheološkem sedimentu.

### Mak in lan

Poseben primer ohranjanja rastlinskih makroostankov predstavljajo z olji bogata semena/plodovi, kakršna imajo npr. mak, lan in konoplja. Zaradi visoke vsebnosti vnetljivih olj imajo ta semena/plodovi zelo malo možnosti, da se ohranijo v zoglenelem stanju (glej I. del/2.3.1). Semena maka, lanu in konoplje (pogostih gojenih oblik) so zato reprezentativno ohranjena (ali prisotna) samo v nezoglenelih, torej v arheoloških sedimentih, prepojenih z vodo. V zoglenelih plasteh so njihovi ostanki premalo zastopani, največkrat celo odsotni, zato jih kot mogoče kulturne rastline tam ne smemo izvzeti (npr. van der Veen 2007; Jacomet 2013). S slovenskih najdišč so tako zaenkrat ostanki maka in lanu poznani le z eneolitskih kolišč z Ljubljanskega barja (Tolar in Velušček 2009; sl. 101).



Sl. 101: Z vodo prepojeni ostanki (semena): a) maka in b) lanu s *Starih gmajn*.



### 3 Divje ali udomačeno/kultivirano?

Stalno naseljevanje (tj. gradnja bivališč) je s seboj prineslo tudi začetke poljedelstva in živinoreje, ki sta pomembno vplivala na povečanje števila prebivalstva. Paleoarheobiološke raziskave postavljajo zametke gojenja rastlin in reje živali na Bližnji vzhod, od koder sta se dejavnosti širili po svetu, tudi proti Evropi. Proces kultivacije posameznih **kultivarjev** in udomačevanja živali se je na različnih koncih sveta lahko dogajal istočasno ali s časovnim zamikom (npr. Zohary in Hopf 2004; Tanno in Willcox 2006; Feldman in Kislev 2007) in je trajal več tisoč let, največkrat pa so kulturne rastline in domače živali "širile svoje območje" s selitvijo ljudstev in z izmenjavo blaga oz. s trgovino.

Preden si pogledamo primere študij, ki obravnavajo tematiko udomačevanja živali oz. kultivacije rastlin, pa na kratko preletimo terminologijo, ki se tiče tega poglavja. Sami začetki kultivacije rastlin in udomačevanja živali segajo v gojenje in rejo sprva divje rastočih naravnih rastlin in prosto živečih divjih živali. S selekcijo (izborom), križanjem, cepljenjem in drugimi postopki je človek počasi izoblikoval po svojem okusu tudi seve, tj. kulturne rastline (tudi kultivarje) z npr. večjimi semeni/plodovi in udomačene živali (pozneje tudi pasme) z npr. več mesa in večjo mlečnostjo. Nastanek kultivarjev in udomačevanje živali je dolgotrajen in zelo raznolik postopek (kloniranje, selekcija, hibridizacija, cepljenje). Tako so se s postopnim izborom pojavile nove oblike, ki so se po tisočletjih že tako razlikovale od svojih predniških divje rastočih oblik, da jih lahko danes taksonomsko obravnavamo kot samostojne podvrste, varietete (ali različice), forme (ali oblike), sorte, pasme, vrste gojenih (kulturnih) rastlin (kultivarjev) in udomačenih živali (**domestikativov**).

Osnovni **takson** v sistematski botaniki kulturnih rastlin in agronomiji je sorta ali kultivar. Imena sort gojenih rastlin se razlikujejo od imen naravnih (**samoniklih**) vrst. Imena sort so lahko tudi v sodobnih jezikih (npr. jabolka "Jonagold"). Osebki kultivarja (sorte) morajo izkazovati izenačene določene lastnosti, po katerih se ločijo od drugih gojenih rastlin (Batič s sod. 2004). Šele z nastanki sort torej lahko začnemo govoriti o kultivaciji in kultiviranih (tudi kulturnih) rastlinah. Vse do takrat pa imamo opravka z gojenimi divjimi rastlinami, ki jih je človek prinesel k bivališčem in jih tam gojil, vendar so bile še vedno enake divje rastočim. Primer ostankov gojene, vendar ne tudi kultivirane, rastline bi tako lahko bile koliščarske pečke divje vinske trte (glej v nadaljevanju II. del/3.2).

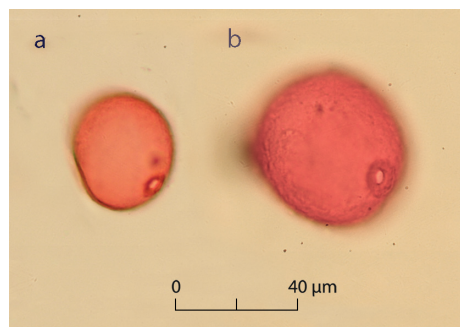
Na podoben način lahko tudi o udomačenih živalih govorimo šele tedaj, ko vsaj nekaj generacij trajajoče človekovo poseganje v razmnoževanje (umetni izbor) in način življenja določene skupine dotlej še divjih živali povzroči razvoj **fenotipskih** in/ali vedenjskih posebnosti, po katerih se te ločijo od svojih divjih prednikov. Njihovo preživetje je zato v veliki meri odvisno od človeka. Vmesno stopnjo v procesu udomačevanja lahko predstavljajo t. i. ukročene živali. Te sicer lahko živijo v ujetništvu, a se kljub temu niti po videzu niti vedenjsko ne razlikujejo od drugih predstavnikov svoje vrste (Clutton-Brock

1999; Zeder 2012). Razliko med udomačenostjo in ukroččenostjo nazorno prikazuje primerjava med psom in volkom. Tudi če bi slednji še kot mladiček zaživel v ujetništvu, se ne bi v ničemer razlikoval od divje živečih volkov, prav tako pa tudi ne bi bil v čemer koli bolj podoben psu. Pri živalih bi k ukroččenim primerkom lahko prištevali, denimo, redke še obstoječe primerke velikih mačk in drugih eksotičnih vrst iz Afrike in Azije, ki so jih za časa Rimske države prevažali v Evropo kot popestritev dogajanja v tamkajšnjih amfiteatrih (MacKinnon 2006).

Ko govorimo o nedvomno gensko spremenjenih rastlinskih in živalskih vrstah oz. sortah in pasmah, ki so se razvile zaradi človekovega izbora, raje uporabimo izraz kultivirane (oz. kulturne) rastline in udomačene živali. Nekoliko manj pogost izraz je tudi udomačene rastline, vendar je ta primernejši pri obravnavi npr. sadnih drevesno-grmovnih vrst in ne toliko poljščin. Izraz gojene rastline lahko vključuje tako divje, naravne (torej gensko nespremenjene) kot tudi kulturne (gensko spremenjene) rastline. Vse gojene rastlinske vrste tako niso nujno tudi kulturne rastline (primer: nasadi leske in orehov [*Juglans regia*]) in vse v ujetništvu živeče živali ne udomačene (primer: azijski sloni [*Elephas maximus*]), ki jih uporabljajo kot delovno živino ali pa divjad v živalskih vrtovih).

### 3.1 Kako zanesljiv pokazatelj začetka kultivacije žit je pelod?

**Kultivacija** rastlin sodi med najpomembnejše dogodke v človeški gospodarski zgodovini, vendar pa zaradi taksonomskih in tafonomskih razlogov (glej I. del/1.7) začetek poljedelstva ne sovпада vedno s pojavom prvega peloda kulturnih rastlin. Palinološke raziskave so taksonomsko manj natančne kot arheobotanične (glej I. del/1.7), identificiramo lahko le pelod širših skupin poljščin, npr. stročnic (Fabaceae), konoplje (*Cannabis*), ajde (*Fagopyrum*), lanu (*Linum*), koruze (*Zea*), rži (*Secale*) in "preostalih žit" (tip "Cerealia"). Identifikacija do stopnje vrste navadno ni mogoča. Zadnje tri skupine poljščin pripadajo družini trav (Poaceae), njihov pelod lahko ločimo od peloda divjih trav le po velikosti pelodnega zrna (sl. 102). Pelod tipa Cerealia, kamor sodijo pšenica (*Triticum*), ječmen (*Hordeum*) in oves (*Avena*), se slabo širi in večinoma ostane v ovojnici (Vuorela 1973), zato ga na paleoekoloških najdiščih ne najdemo prav veliko ali pa ga sploh ne najdemo, kar pa še ne pomeni, da ljudje žit niso gojili. Da bi ilustrirali interpretativne možnosti in omejitve palinologije pri proučevanju začetkov poljedelstva, predstavljamo v nadaljevanju primer palinološke raziskave v Švici in polemiko o tem, ali na osnovi odkritja peloda tipa Cerealia lahko govorimo o "mezolitskem poljedelstvu".



Sl. 102: Pelodna zrna trav, npr. a) velike sladike (*Glyceria maritima*), so navadno manjša kot 40 μm, medtem ko so pelodna zrna žitaric, kot je b) pšenica sevka (*Triticum spelta*), navadno večja kot 40 μm, s premerom pore > 10 μm. Svetlobni mikroskop, 400-kratna povečava.

Konvencionalna, splošno sprejeta razlaga začetkov poljedelstva predvideva, da se je večina nekdanjih prebivalcev srednje Evrope s poljedelstvom, živinorejo in izdelavo keramike začela ukvarjati na začetku neolitika, v šestem tisočletju pred našim štetjem (okrog 5500–5200 pr. n. št. v Švici), vendar pa o arheološki poselitvi Švice v mezolitiku in zgodnjem neolitiku vemo le malo. Razmere za ohranitev botaničnih ostankov na maloštevilnih mezolitskih in zgodnjeneolitskih najdiščih so, v nasprotju s poznoneolitskimi jezerskimi najdišči, zelo slabe, dobro so se ohranila le kamnita orodja. Zgodnjemezolitski mikroliti (kamnite konice in geometrična orodja) so bili izdelani na neenakomernih ozkih klinah in odbitkih, na prehodu med zgodnjim in poznim mezolitikom okrog 6700 pr. n. št. pa so orodja (mikrolitske trapeze in klinice z izjedo) začeli izdelovati na širokih in pravilnih klinah (Tinner s sod. 2007 in tam navedena literatura). V poznem mezolitiku se je pojavilo tudi več koščenega orodja, najdbe školjk pa nakazujejo povezave s Sredozemljem, ki so verjetno potekale po dolini reke Rhône. Čas uporabe poznomezolitskih orodij ni prav dobro opredeljen, konec se postavlja okrog 5500 pr. n. št. (Nielsen 2004; Tinner s sod. 2007 in tam navedena literatura). Tudi zgodnjeneolitskih najdišč je malo in so slabo datirana, pripadajo pa kulturi linearnotrakaste keramike in skupini La Hoguette. V zgodnjem neolitiku so kamnita orodja izdelovali podobno kot v mezolitiku, pojavila se je prva keramika in domače živali (Schütz s sod. 1991; Erny-Rodmann s sod. 1997; Kalis s sod. 2001; Nielsen 2003; 2009).

Palinološke raziskave na švicarskem platoju so zaznale sledove šibkih človekovih aktivnosti v poznem mezolitiku (pribl. 6700–5500 pr. n. št.) in zgodnjem neolitiku (pribl. 5500–4400 pr. n. št., Haas 1996; Erny-Rodman s sod. 1997; Lotter 1999). Zaradi vse večje količine paleobotaničnih podatkov, ki pričajo, da bi do poljedelskih aktivnosti v Švici lahko prišlo tudi že pred 5500 pr. n. št., so W. Tinner in sodelavci (Tinner s sod. 2007) podrobno proučili pelod v sedimentu jezera *Soppensee* in zbrali druge paleobotanične in arheološke argumente o zgodnejših začetkih poljedelstva, ki jih v nadaljevanju povzemamo. V poznem mezolitiku (6700–5500 pr. n. št.) se med pelodom v jezeru *Soppensee* občasno pojavljajo posamezna pelodna zrna tipa *Cerealia* (v dodatni raziskavi so podrobneje identificirali dva tipa: tip *Triticum* in *Avena*). Prisotni so bili tudi drugi antropogeni indikatorji (po Behre 1981; glej I. del/1.7), npr. pelod ozkolistnega trpotca (*Plantago lanceolata*, indikator pašništva in poljedelstva) ter kopriva (*Urtica*) in kislica (*Rumex*), ki sicer lahko, podobno kot ozkolistni trpotec, rasteta tudi v naravnem okolju, vendar pa človekova aktivnost pospešuje njuno razširjenost (Tinner s sod. 2007). Primer *Soppensee* pa ni izjema. Pelod tipa *Cerealia* je bil, skupaj z drugimi antropogenimi indikatorji, najden še na desetih drugih najdiščih: v jamskih in planih arheoloških naselbinah in jezerih (Tinner s sod. 2007 in tam navedena literatura). Podobno kot v Švici se pelod antropogenih indikatorjev, še zlasti pelod tipa *Cerealia*, zelo zgodaj pojavlja tudi ponekod drugod po Evropi, npr. v Nemčiji, Avstriji, Italiji, Franciji (Tinner s sod. 2007 in tam navedena literatura) in tudi v Sloveniji (Bela krajina, Andrič 2007).

Hipoteza, da omenjeni palinološki in arheološki podatki nakazujejo zgodnejše začetke poljedelstva, kot so domnevali do zdaj, je sprožila burno razpravo (Behre 2007; 2008b; Tinner s sod. 2007; 2008). Nasprotniki trditve o zgodnejših začetkih poljedelstva so navajali protiargumente, da gre za: 1. kronološko nenatančnost in napake pri datiranju, 2. napake pri identifikaciji peloda (pelod tipa *Cerealia* pripada divjim travam), 3. kontaminacijo z mlajšim sedimentom in 4. prenos peloda tipa *Cerealia* na daljše razdalje (Erny-Rodmann s sod. 1997; Behre 2007).

Zaradi dobrega kronološkega nadzora obravnavanih najdišč je trditev, da gre v vseh primerih za napako pri datiranju, le malo verjetna. Pelodni zapis v vrtini jezera *Soppensee* je bil raziskan z veliko resolucijo vzorčenja in ima zelo dober kronološki nadzor, ki temelji na štetju letnih lamin in **tefrokronološkem** (tj. določanje starosti sedimenta s plastmi vulkanskega pepela) ter radiokarbonskem datiranju (Lotter 1999). V takšnih, **laminiranih** vzorcih je vertikalno premeščanje in kontaminacija z mlajšim sedimentom skoraj izključena. Resnejši je očitek, da lahko pelodna zrna tipa *Cerealia* pripadajo divjim travam, pa čeprav se pojavljajo večinoma šele po 7000 pr. n. št., hkrati s sledovi šibkega človekovega vpliva na okolje in spremembo materialne kulture v poznem mezolitikumu. Nekatera izmed teh pelodnih zrn iz jezera *Soppensee* so bila naknadno podrobneje analizirana pri 1000-kratni povečavi in s faznim kontrastom. Izkazalo se je, da vzorci poleg dveh pelodnih zrn, ki pripadata divjim travam, vsebujejo tudi pelod tipa *Triticum* in *Avena*. Ker so žita **avtogamna** in ne proizvajajo veliko peloda, je prenos na dolge razdalje malo verjeten.

Avtorji hipoteze o zgodnjem začetku poljedelstva (Tinner s sod. 2007) seveda ne trdijo, da so našli palinološke "dokaze" za poznomezolitsko poljedelstvo v Evropi, opozarjajo pa na številne indice, ki takšno možnost dopuščajo. Za razrešitev težave bi v prihodnosti potrebovali nadaljnje sistematične arheološke in arheobotanične raziskave dobro ohranjenih poznomezolitskih in zgodnjeneolitskih arheoloških najdišč. Rezultati takšne raziskave bi vplivali na razpravo o izvoru poljedelstva in vprašanju ali/od kod, kdaj in kako (kako hitro) se je poljedelstvo razširilo v Evropo in ali je šlo za migracijo ljudi ali pa le širitev idej z območij, kjer so poljedelstvo poznali že prej (npr. v JV Evropi in na Bližnjem vzhodu).

Zgoraj opisani vzorčni primer raziskave kaže, da odsotnost peloda kulturnih rastlin še ne pomeni nujno odsotnosti poljedelskega gospodarstva, previdno pa je treba interpretirati tudi posamična pelodna zrna tipa *Cerealia*. Palinološka odkritja, ki niso v skladu s splošno sprejetim mnenjem in našimi pričakovanji, ne gre vedno vnaprej zavračati z argumenti, da gre za napake v identifikaciji, datiranju, kontaminaciji ali pa nalet peloda od daleč; kar lepo ilustrira tudi primer raziskave rastlinstva, ki je uspevalo v srednji in vzhodni Evropi med zadnjo poledenitvijo (glej II. del/2.1)

### 3.2 Ampelomorfologija

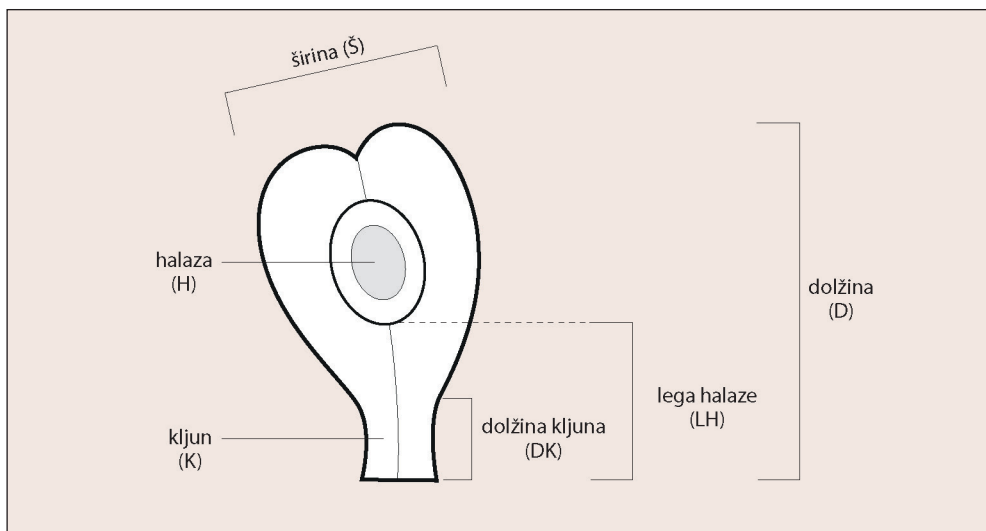
Arheobotaniki se, poleg določevanja rastlinskih vrst (*Species; sp.*) in rodov (*Genus; gen.*), pogosto ukvarjamo tudi s prepoznavanjem podvrst (*Subspecies; ssp.*), varietet (*Varietas; var.*) in oblik (*Forma; f.*) (glej II. del/Uvod, sl. 77), da bi prepoznali najzgodnejše sledi ter poti gojenja in kultivacije posamezne kulturne rastline (npr. Fuller s sod. 2012; Willcox s sod. 2012). H kulturnim rastlinam sodijo vse rastlinske vrste/podvrste/sorte/oblike, ki jih je človek začel gojiti ter jih s tem "udomačil" in vzgojil v človeku koristnejšo obliko (npr. z večjimi in sočnejšimi plodovi; z manj bodicami; z nepriraslimi plevami), tj. v novo sorto. Sem sodijo vsem dobro poznana žita (npr. različne sorte ječmena [*Hordeum vulgare*], pšenice [*Triticum sp.*], tudi proso [*Panicum miliaceum*]) in stročnice (npr. grah [*Pisum sativum*], bob [*Vicia faba*], fižol [*Phaseolus sp.*]) ter oljnice (npr. mak [*Papaver somniferum*], lan [*Linum usitatissimum*], oljka [*Olea sp.*]), pa tudi sadne vrste oz. sorte (npr. vinska trta [*Vitis vinifera*], sliva [*Prunus domestica*], jabolana [*Malus domestica*]), ki so bile vzgojene iz divje rastočih rastlinskih vrst.



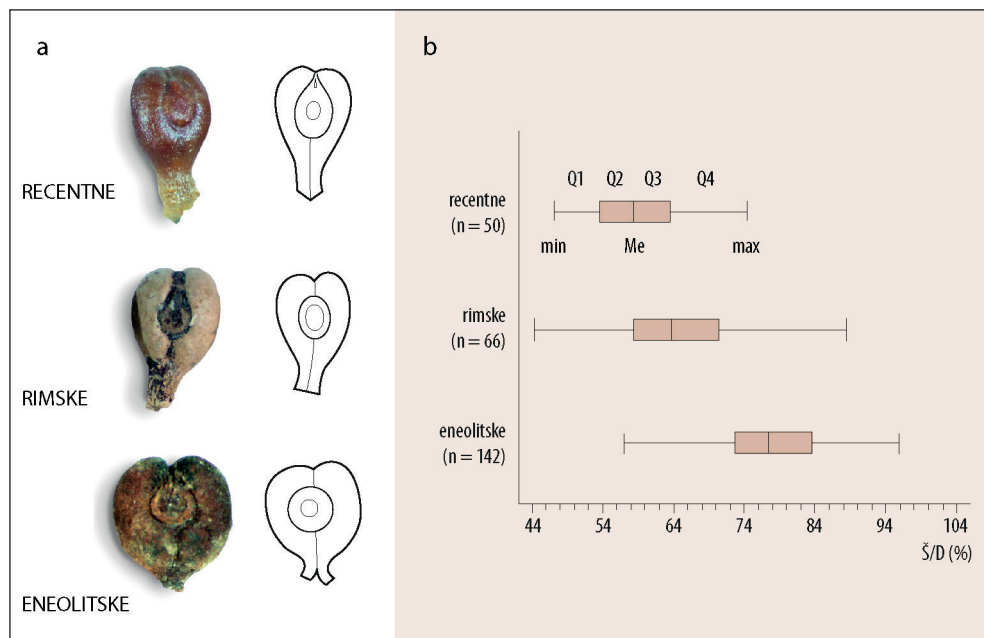
V procesu udomačevanja in z njo selektivne izbire človeku najbolj odgovarjajočih rastlinskih vrst ali sort se dogajajo spremembe tako v genetiki kot posledično tudi v morfologiji posamezne rastlinske vrste/sorte. Večje kot so razlike med izvorno – divjo obliko in kultivarjem, v nižjo taksonomsko skupino (glej II. del/Uvod, sl. 77) lahko uvrščamo “novonastalo” rastlinsko obliko oz. kultivar (vrsto/podvrsto/varieteto/sorto).

Prvi korak pri prepoznavanju novih rastlinskih oblik je proučevanje morfoloških znakov na rastlinah (v arheobotaniki: na semenih/plodovih ter žitnih plevah; glej I. del/2.2, sl. 32 in 33; primeri tovrstnih raziskav: Maier 1996; Mangafa in Kotsakis 1996; Jacquat in Martinoli 1999; Jacomet 2006a; Jones s sod. 2000; Willcox 2004; Tolar Korenčič s sod. 2008; Herbig in Maier 2011; Tanno in Willcox 2012; Orrù s sod. 2013). Načeloma zanesljivejša, vendar tudi mnogo zahtevnejša in zamudnejša metoda za ugotavljanje sorodnosti med vrstami je ekstrahiranje (izolacija) arheološke DNK in z njo iskanje molekularnih (genetskih) podobnosti in razlik v zaporedju **nukleotidov** med arheološko DNK in DNK, ekstrahirano iz recentne divje in kultivirane oblike (npr. podvrste ali sorte) posamezne rastlinske vrste (primeri tovrstnih raziskav: Manen s sod. 2003; Pollmann s sod. 2005; Brown s sod. 1994; Schlumbaum s sod. 2008; Tolar Korenčič s sod. 2008; Allaby s sod. 2010; Fernandez s sod. 2013; Jones s sod. 2012; 2013). Primere obeh metod si pogledjmo v nadaljevanju.

Na pečkah vinske trte, pridobljenih na slovenskih arheoloških najdiščih (eneolitsko kolišče *Hočevarica* z Ljubljanskega barja in rimska naselbina *Navport* na Vrhniki) so bile opravljene **biometrične študije**, da bi ugotovili, ali so to pečke divje (*Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*) ali že kultivirane (*Vitis vinifera* ssp. *vinifera*) podvrste vinske trte (Tolar Korenčič s sod. 2008). Merili smo širino in dolžino pečke, pozicijo **halaze** in dolžino kljuna (glej sl. 103).



Sl. 103: Merjenje morfoloških znakov na pečkah vinske trte. Po predlogi: Tolar Korenčič s sod. 2008, S96, sl. 4.



Sl. 104: Fotografška in grafična primerjava treh tipov raziskovanih pečk vinske trte (a); grafični prikaz rezultatov morfoloških meritev in izračunanih SI ( $\check{S}/D$ ) s t. i. grafikoni kvartilov (b) (glej uokvirjeno besedilo na str. 178 in 179). Po predlogi: Tolar Korenčič s sod. 2008, S98, sl. 5 in 7.

Morfološke znake (sl. 103) smo izmerili na 142 nezoglenelih pečkah s kolišča *Hočevarica*, 73 nezoglenelih do napol zoglenelih pečkah iz rimskega *Navporta* in na 50 recentnih pečkah petih različnih sort udomačene vinske trte. Po opravljenih meritvah smo vsaki izmed pečk izračunali t. i. Stummerjev indeks (v nadaljevanju: SI), ki primerja širino ( $\check{S}$ ) pečke z dolžino (D) ( $SI = \check{S}/D \times 100$ ). Stummer (1911) je namreč ugotovil, da se je morfologija pečk vinske trte razvijala v smeri od okroglaste (kar pomeni:  $\check{S} = D$ ) k bolj podolgovati (hruškasti) obliki (kar pomeni:  $\check{S} < D$ ). Z drugimi besedami to pomeni, da imajo "okroglaste" pečke divje vinske trte večji SI (tj. razmerje med širino in dolžino) in obratno, "hruškaste" pečke kultivirane vinske trte imajo posledično manjši SI (glej sl. 104). Rezultati morfološke raziskave arheoloških pečk in izračunanih SI so pokazali, da so koliščarske pečke najverjetneje še divjega izvora, medtem ko so rimske pečke iz *Navporta* zagotovo že ostanki plodov kultivirane vinske trte (sl. 104).

#### KAJ PRIKAŽUJE GRAFIKON KVARTILOV?

Grafikon kvartilov (angl. "box plot") je vrsta grafa, ki se v opisni statistiki uporablja kot prikladen način grafične ponazoritve skupin številčnih podatkov z njihovimi povzetki s petimi števili (na grafu prikazane navpične črte):

- najmanjša vrednost (min),
- največja vrednost (max),
- **mediana (Me)** – pomeni sredinsko vrednost (tj. polovica vrednosti je manjših od mediane, polovica pa večjih),
- prvi kvartil (**Q1**) – je razpon vrednosti, v katerega pade prva četrtnina vseh vrednosti (torej najmanjših vrednosti),
- drugi kvartil (**Q2**) – je razpon vrednosti, v katerem je druga četrtnina vseh vrednosti,
- tretji kvartil (**Q3**) – je razpon vrednosti, v katerega pade tretja četrtnina vseh vrednosti in
- četrti kvartil (**Q4**) – je razpon vrednosti zadnje četrtine vseh vrednosti (tj. največjih vrednosti).

Tovrstni grafični prikaz lahko pokaže tudi, katere vrednosti bi lahko bile nenavadno nizke ali visoke. Razponi (četrtnine vseh izmerjenih vrednosti) posameznih delov grafikona ponazarjajo razpršenost in asimetrijo.

Z grafikonom kvartilov lahko prikažemo razlike med populacijami, ne da bi pri tem predpostavili obliko verjetnostne porazdelitve merjenih vrednosti.

Na sliki 104b je vidna velika raznolikost znotraj skupin rimskih in eneolitskih pečk. Meritve (oz. izračunane vrednosti SI) več kot tri četrtnine (Q1, Q2 in Q3) vrednosti izmerjenih eneolitskih pečk namreč padejo v razpon vrednosti SI rimskih pečk, za katere predpostavljamo, da so bile že kultivirane. In obratno: tri četrtnine (Q4, Q3 in Q2) vrednosti SI rimskih pečk padejo v razpon vrednosti SI eneolitskih pečk, za katere domnevamo, da so še divje. Zaradi nezanesljivih rezultatov (tj. prekrivanja grafikonov kvartilov vseh treh raziskovanih skupin pečk; sl. 104b) smo meritve pečk obdelali še s štirimi formulami (v nadaljevanju: MK4), ki sta jih predlagala Mangafa in Kotsakis (1996). Formule MK4 upoštevajo napako, ki se lahko zgodi pri merjenju dolžine kljuna (glej sl. 103). Ta nastane zaradi težavne določitve začetka kljuna in zaradi pogoste poškodovanosti njegovega **distalnega** (tj. končnega) dela pri arheoloških pečkah (glej sl. 104a). Rezultati izračunov po formulah MK4 (podrobnosti glej v: Tolar Korenčič s sod. 2008 in v uokvirjenem besedilu na str. 179) so pokazali, da le 2 izmed 142 izmerjenih eneolitskih pečk sodita v razpon vrednosti, značilnih za kultivirane pečke, kar je običajna biološka raznolikost znotraj ene skupine merjencev. Rezultati MK4 zato potrjujejo, da gre pri koliščarskih pečkah zelo verjetno za divjo podvrsto vinske trte. Pečke iz rimskega *Navporta* pa MK4 uvrščajo nekje vmes med divjo in kultivirano podvrsto, pri čemer gre za precejšnjo verjetnost, da so kultivirane.

#### VEČ O MK4

Formule MK4 avtorjev Mangafa in Kotsakis (1996) so 4 enačbe, ki upoštevajo 5 meritev na pečkah vinske trte: dolžini pečke in kljuna, lego halaze ter širino in debelino pečke. Kadar je rezultat npr. po formuli 1 večji od 0,8, imamo pečko vinske trte za kultivirano, in če je rezultat manjši od -0,2, je to pečka divje vinske trte. Podobno so sformulirani razponi vrednosti rezultatov (od-do) za vsako od štirih formul MK4 (več v Tolar Korenčič s sod. 2008, S99).

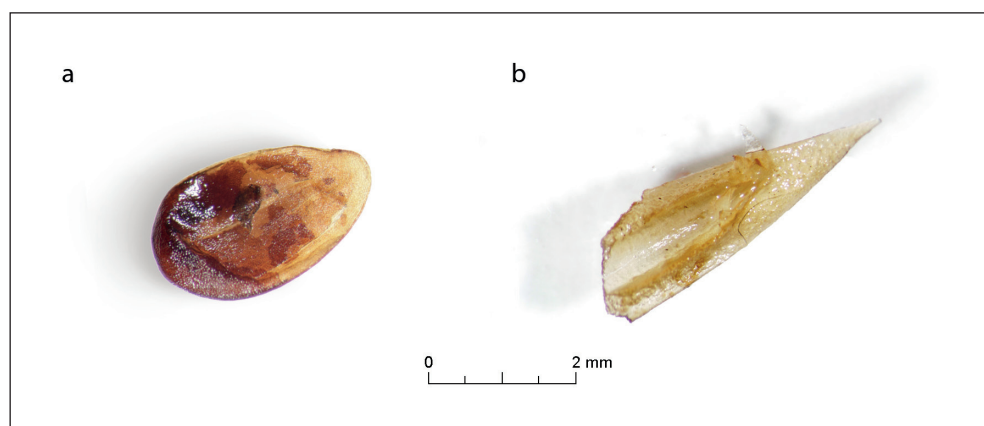
Tuje raziskave so večkrat uspešno pokazale, da je mogoče z molekularnimi metodami (natančneje ekstrakcijo in primerjavo DNK) zelo natančno opredeliti sorodnost med raziskovanimi tipi rastlinskih makroostankov (npr. Schlumbaum in Jacomet 1998; Manen s sod. 2003; Regner s sod. 2004; Halasz s sod. 2005).

Da bi preverili morfološke indice za najzgodnejšo kultivacijo vinske trte na slovenskih tleh, smo prvič v Sloveniji iz arheoloških pečk (tj. ostankov semen/plodov) poskusili izolirati arheološko DNK (Tolar Korenčič s sod. 2008). Poskus še ni bil uspešen.

Rezultati morfoloških in molekularnih raziskav so izjemno pomembni pri razumevanju izvora poljedelstva, sadjarstva, vinogradništva in pri iskanju odgovorov na vprašanja, od kod, kdaj in kako (tudi kako hitro) se je kmetijstvo širilo v Evropo (npr. Simmonds 1979; Smartt in Simmonds 1995; Schlumbaum in Jacomet 1998; Zohary in Hopf 2004; Colledge in Conolly 2007; glej tudi II. del/4.2).

### 3.3 Lan (*Linum usitatissimum*) kultiviran kot oljna ali tekstilna rastlina?

Zanimiva raziskava začetkov in poti udomačevanja/kultivacije je bila nedavno izvedena tudi na lanenih semenih s poznoneolitskih oz. eneolitskih z vodo prepojenih najdišč v jugozahodni Nemčiji. Z morfometričnimi analizami več kot 1000 lanenih semen z 32 najdišč sta Herbig in Maier (2011) ugotovila vsaj dva tipa lanenih semen. Prvi tip z večjimi semeni, dolžine večje od 3,3 mm, je dokaz za varieteto lanu, primerno za pridobivanje olja. Drugi tip z manjšimi semeni, dolžine pribl. od 2,8 do 3,0 mm, je dokaz varietete, primerne za pridobivanje tekstilnih vlaken. Raziskava je pokazala, da sta bili obe varieteti prisotni že v poznem neolitiku in da so bila semena z zgodnejših poznoneolitskih najdišč (pribl. 4000–3400 pr. n. št.) bistveno večja od semen z mlajših poznoneolitskih najdišč (pribl. 3400–2400 pr. n. št.). To je vodilo k sklepu, da je bilo gojenje lanu primarno namenjeno pridobivanju olja in šele pozneje tudi vlaknom in z njimi povezani proizvodnji tekstila.



Sl. 105: Nezoglenela, z vodo prepojena ostanka: a) seme lanu in b) ostanek plodne glavice lanu.

Danes poznamo dve komercialno pomembni gojeni obliki: convar. *Mediterraneum* (gojena za oljna semena) in convar. *Elongatum* (gojena za tekstilna vlakna), ki, kot kažejo raziskave (Herbig 2002; Herbig in Maier 2011), obe izhajata že iz časa poznega neolitika (pribl. 3400 pr. n. št.). Naslednje vprašanje, ki se pri tem pojavi, pa je, od kod in kdaj nova "tekstilna" oblika lanu? Arheobotaniki predpostavljajo, da izhaja, podobno kot večina kulturnih rastlin in gospodarsko pomembnih novosti, z območij od osrednje Azije in čez Balkan do jugovzhodnega dela Evrope. To hipotezo bodo skušale razkriti nadaljnje raziskave, tudi iz Slovenije. Izredno možnost za uspeh pri raziskovanju imajo barjanska eneolitska kolišča iz 4. tisočletja pr. n. št., kjer so bile nedavno odkrite najstarejše sledi gojenja lanu na območju Slovenije, morda celo Balkana (sl. 105) (Tolar in Velušček 2009). Rezultati z območja Balkana so namreč zaradi neustreznih metod dela (glej II. del/1.3) in pomanjkanja mokrotnih najdišč, v katerih se ostanki lanu daleč najbolje ohranjajo (glej II. del/2.3), skromni (npr. Borojević 2006, 135).

### 3.4 Moderni pristopi k raziskovanju začetkov udomačevanja živali

Konj (*Equus caballus*) je bil udomačen kot zadnji izmed petih najbolj razširjenih vrst domačih živali, kar pa ne pomeni, da je (bila) njegova ekonomska vloga zaradi tega kaj manjša. Dolgo je bil – pravzaprav marsikje še vedno je – pomemben v transportu, uporablja(l) se (je) za oranje, najmanj do izuma strelnega orožja je bil nepogrešljiv pri vojskovanju, omeniti pa je seveda treba tudi njegovo vlogo kot statusni simbol. Kljub vsemu pa konj nikoli ni bil tako zelo izpostavljen pritisku **umetnega izbora** kot govedo, drobnica ali prašič. Vzroke za to kaže iskati v njegovi manj izraženi genski raznolikosti (Clutton-Brock 1999, 100), vsaj delno pa zagotovo tudi v manjši pestrosti njegovega gospodarskega izkoriščanja. Daleč najpomembnejša naloga teh živali je namreč prenos ljudi in blaga z ene lokacije na drugo v kar najkrajšem mogočem času. Človek tako nikoli ni zares stremel k vzreji form oziroma pasem z izrazitejšim prirastom mesa in maščob ali pa, denimo, takšnih s povečano mlečnostjo. Namesto tega se je usmeril k izkoriščanju prirojenega potenciala teh živali za hitrost in moč, čeprav bržčas ne kaže dvomiti, da so bili sprva tudi konji predvsem vir hrane (Clutton-Brock 1999, 100).

Pojav domačega konja je povzročil velike družbene spremembe, zato je zanimanje več generacij arheozoologov za problematiko njegove udomačitve povsem razumljivo. Presenetljivo je kvečjemu dejstvo, da omenjenemu interesu navkljub kar nekaj ključnih vprašanj (predvsem) o začetkih tega procesa še vedno nima jasnega odgovora. Poglejmo si nekaj najpomembnejših med njimi. Kdaj je do udomačitve prišlo? Kje se je to zgodilo? Je vzrok za nadaljnjo širitev konjereje predvsem izmenjava znanj o udomačevanju divjih primerkov ali je ključno vlogo odigralo dejansko širjenje že udomačenih živali, kot naj bi bilo večinoma pri govedu, drobnici in prašiču? Je do plemenitenja zgodnjih čred z vnosom divjih konj sploh prihajalo? Kateri so bili prvotni razlogi za udomačitev in kako so se prioritete rejcev v tem smislu spreminjale v času?

Ključna težava pri iskanju odgovorov na navedena vprašanja je pičlost verodostojnih neposrednih dokazov udomačitve, kakršne v poznejših obdobjih predstavljajo, denimo, umetniške upodobitve, pisni viri ali pa konjski pokopi s pridano konjsko opremo (Levine 2005, 7 in tam navedena literatura). Raziskovalci se morajo zato pogosto naslanjati na t. i. posredne dokaze, kot so ocena populacijske strukture (npr. spolna, starostna struktura), védenje o razširjenosti neke vrste v prostoru, podatki o velikosti in morfologiji

posameznih skeletnih elementov ali pa, denimo, najdbe s patološkimi spremembami, nastalimi kot posledica ježe oziroma vleke. Žal tovrstni dokazi pogosto niso dovolj prepričljivi (Levine 2005, 7–14), zato se je pozornost stroke v zadnjem času usmerila v iskanje novih, inovativnih metodoloških pristopov. Kot posebej obetavne so se v tem smislu izkazale genetske raziskave in analize izotopov. Odličen vpogled v njun potencial ponujata študiji Outrama s sodelavci (2009) in Warmuthove s sodelavci (2012), ki ju na kratko povzemamo v nadaljevanju.

Pred desetletjem ali dvema se je velik del strokovne javnosti strinjal, da kaže začetek udomačevanja konj postaviti na območje bodisi ukrajinske bodisi kazahstanske stepe v čas izpred pet do šest tisočletij (npr. Clutton-Brock 1999; Benecke 2002; Greenfield 2006b). Ker pa so bili dokazi za to predvsem posredni, so posamezni uveljavljeni avtorji takšnim pogledom argumentirano nasprotovali (npr. Uerpmann 1995; Levine 2005). Nedavno se je navedene problematike lotila tudi Warmuthova s sodelavci (2012), pri čemer so se naslonili na izsledke genske analize. Ta je zajela **mitohondrijsko DNK** (mtDNK) in **kromosome Y** več sto sodobnih konj iz vzhodne Evrope in Azije, ki niso pripadali nobeni posebni pasmi in naj bi zato bolje odsevali populacijsko zgodovino vrste. Surove rezultate genskih raziskav so vpeljali v serijo bolj ali manj kompleksnih statističnih obdelav in na koncu postavili sklep, da je moralo do prve udomačitve konj dejansko priti v zahodnem delu evrazijske stepe, tj. v današnji Ukrajini in/ali severozahodnem Kazahstanu. Na to jih je napeljala ugotovitev, da je genska pestrost tamkajšnjih konj najmanjša. Ker je po njihovih ugotovitvah zgodnjo širitev konjereje dejansko spremljala praksa dopolnjevanja čred udomačenih živali z divjimi primerki, naj bi namreč z oddaljenostjo od območja prve udomačitve tudi genska pestrost posameznih populacij postopoma naraščala. Konkretnih najdišč v tem smislu avtorji raziskave sicer niso izpostavili, upoštevajoč nekatere druge vire pa bi to utegnili biti, denimo, *Dereivka* ali *Botai* (sl. 106).

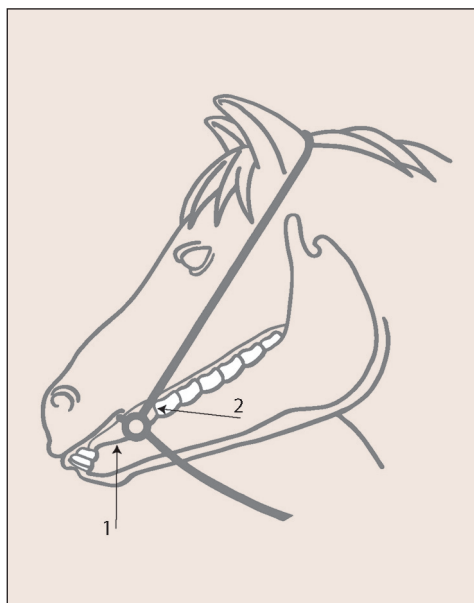


Sl. 106: Območje Evrazijske stepe z označenima lokacijama najdišč *Dereivka* in *Botai*.

V nadaljevanju raziskave so avtorji opozorili na bistveno večjo gensko raznolikost na ravni mtDNK v primerjavi s tisto pri kromosomu Y, kar naj bi bil odsev svojstvene prakse zgodnjih rejcev med procesom širjenja udomačenih konj proti vzhodu azijske celine. Kaže namreč, da ljudje čred sprva niso bili sposobni vzdrževati le z naravnim prirastom, zato so jih morali stalno dopolnjevati z vnosom divjih živali. Pri tem naj bi velika genska variabilnost mtDNK dokazovala, da so večinoma posegali po kobilah. Mitohondrijska DNK se namreč deduje le po materini strani, zato je lahko k povečevanju njene genske pestrosti znotraj populacije prispeval zgolj vnos novih divjih samic. Podobno bi bilo morebitno množično vključevanje divjih samcev prepoznavno na ravni kromosoma Y, saj se ta deduje le po **paternalni** strani, vendar pa se je genska pestrost tu izkazala kot bistveno skromnejša. Strategijo zgodnjih rejcev po preferenčnem zajemanju divjih kobil je bržčas osmišljalo dejstvo, da so (bile) te znotraj črede pač lažje obvladljive kot žrebci (Levine 2005, 17–18).

Outram in sodelavci (2009) so se problematike začetka udomačevanja konj lotili z drugega konca. Namesto široko zastavljene študije več sto vzorcev z obsežnega geografskega prostora in različnih časovnih kontekstov so se odločili osredotočiti na interdisciplinarno analizo konjskih ostankov z zgolj štirih kazahstanskih najdišč bakrenodobne starosti, umeščenih v t. i. kulturno skupino Botai (sl. 106). Številni strokovnjaki namreč prav nosilce te kulture iz sredine 4. tisočletja pr. n. št. prištevajo med najresnejše kandidate za začetnike procesa udomačevanja konj. O tem naj bi pričali mnogi posredni dokazi, npr. prevladujoč delež konjskih kosti znotraj izkopanega arheozoološkega gradiva z omenjenih lokacij, številna zastopnost skeletnih elementov iz najmanj mesnatih delov trupa, ki jih sicer prazgodovinski lovci ob uplenitvi divjadi praviloma niso prenašali do matičnih naselbin, polnomadski način življenja tedanjih ljudi, ki ni skladen z množičnim lovom divjih konj, in ne nazadnje tudi številčna prevlada orodij za izdelavo usnjenih paščkov nad ostmi in drugo lovsko opremo (Outram s sod. 2009, 133 in tam navedena literatura). Nabor razpoložljivih neposrednih dokazov je seveda bistveno skromnejši, kar je za začetno stopnjo udomačevanja posameznih živalskih vrst sicer povsem navadno. Za razvoj kakršnih koli vrstno specifičnih morfološko-metričnih posebnosti na ravni posameznih skeletnih elementov je namreč potrebna izmenjava več generacij. Prav tako ni verjetno, da bi bil konj že od samega začetka bodisi jezdna žival bodisi izrazit statusni simbol. Posledično tako za tedanji čas tudi ne kaže pričakovati odkritja pokopov s pridano opremo, ki bi nesporno dokazovala izkoriščanje teh živali za ježo ali vleko (npr. **uzda**, sedlo). Brez takšnih pridatkov pa ni mogoče z gotovostjo vedeti, ali skelet morda ni pripadal divji živali (Levine 2005, 7 in tam navedena literatura).

Uvodni del raziskave Outram in sodelavci (2009) posvečajo poročanju o izjemni morfološki podobnosti med konjskimi dlančnicami z analiziranih najdišč botaiske kulture (N = 18) in posameznimi bronastodobnimi (N = 36) oziroma recentnimi (N = 4) primerki z istega geografskega območja, ki so zagotovo že pripadali domačemu konju. Po drugi strani poudarjajo statistično značilno razliko, ki so jo v tem pogledu zaznali ob vzporejanju botaiskih primerkov s tistimi iz okvirno sočasnih najdišč neke druge kulturne skupine iz zahodnega Kazahstana, katere nosilci se z udomačevanjem konj domnevno še niso ukvarjali (N = 53), in z mlajšepleistocenskimi najdbami divjih konj iz zahodne Rusije (N = 34). Vendar pa bomo sami na tem mestu pozornost usmerili predvsem izsledkom njihovih biokemijskih analiz in študiji specifičnih sprememb na kosteh in zobeh, katerih nastanek bi utegnil biti povezan z uporabo **uzde**.



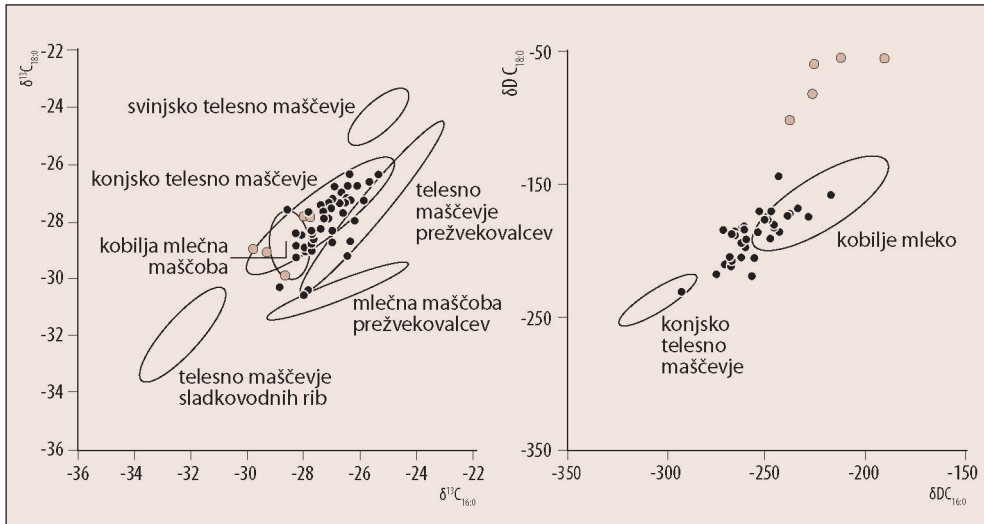
Sl. 107: Brzda med uporabo drgne ob spodnjo čeljustnico na predelu t. i. diasteme, kakor imenujemo vrzel med sekalci in ličniki (1) ter ob mezialni rob drugega spodnjega ličnika (2). Po predlogi: Bendrey 2007b, sl. 1.



Sl. 108: Primerek spodnjega drugega ličnika žrebca z najdišča *Botai* z izrazito obrabo mezialnega roba, ki je prizadela tako sklenino kot spodaj ležečo zobovino. Takšen vzorec obrabe najdemo zgolj pri obrzdanih živalih. Po predlogi: Outram s sod. 2009, sl. 2.

Intenzivna obraba mezialnega dela (glej sl. 69) žvekalne površine drugih spodnjih ličnikov ali pa, denimo, mikrorazpokanost skleninskih gub na istih zobeh sta v preteklosti že bili interpretirani kot posledica drgnjenja zob ob **brzdo** (Brown, Anthony 1998), vendar pa se je pozneje izkazalo, da nastanek tovrstnih sprememb lahko povzročijo tudi drugi dejavniki (npr. nepravilen ugriz; glej npr. Levine 2005, 9–11). Outram in sodelavci (2009; glej tudi Bendrey 2007b) so zato razvili bolj dodelan in širše preverjen sistem ocenjevanja posledic uporabe **uzde**. Osredotočili so se na sledi drgnjenja brzde ob mezialni rob spodnjih drugih ličnikov in ob spodnjo čeljustnico na predelu vrzeli med sekalci in ličniki (t. i. *diastema*; sl. 107). Pri tem so kot neizpodbiten dokaz za uporabo uzde upoštevali zgolj zobe z zares izrazito obrušenostjo mezialnega roba (sl. 108) in čeljustnice z očitnimi posledicami vnetja pokostnice (*periostitis*) ali sledmi razvoja kostnih izrastkov oz. ekstoza – **benignih novotvorb**, izražajočih iz obstoječe kosti. Kljub strogim vključitvenim merilom pa je raziskava prepričljive indice o uporabi uzde potrdila pri kar petih izmed petnajstih analiziranih ostankov spodnje čeljustnice oziroma zob. Eden izmed omenjenih petih primerkov je bil tudi datiran z metodo radioaktivnega ogljika (glej II. del/Uvod). Glede na rezultate naj bi ta s 94,6-odstotno verjetnostjo pripadal živali, ki je živela v obdobju med letoma 3521 in 3363 pr. n. št.





Sl. 109: Grafični prikaz razmerja med stabilnima izotopoma ogljika (levo) in vodika (desno) v dveh vrstah nasičenih maščobnih kislin (tj.  $C_{16:0}$  in  $C_{18:0}$ ), prisotnih v sledovih živalskih maščob na odlomkih lončenine z različnih najdišč bakrenodobne kulturne skupine Botai (Kazahstan). Na desnem grafu so prikazani izključno rezultati za vzorce z maščobo konjskega/kobiljega izvora, pri čemer so tisti z vsebnostjo mlečnih maščob obarvani ( $N = 5$ ). Istih pet vzorcev je obarvanih tudi na levem grafu. Elipse označujejo interval zaupanja (povprečje  $\pm$  SD) za vrednosti, izmerjene pri analizi različnih vrst maščob sodobnih živalih iz Evrope. Obrazložitev kratic:  $\delta^{13}C_{16:0}$  – mera za oceno količinskega razmerja med stabilnima izotopoma  $^{13}C$  in  $^{12}C$  glede na standard (izražena v odtisočih; ‰) znotraj palmitinske nasičene maščobne kisline (vsebuje 16 atomov ogljika;  $C_{16:0}$ );  $\delta^{13}C_{18:0}$  – enako kot v prejšnjem primeru, le da merjeno znotraj stearinske nenasičene maščobne kisline (vsebuje 18 atomov ogljika;  $C_{18:0}$ );  $\delta D C_{16:0}$  – mera za oceno količinskega razmerja med stabilnima izotopoma  $^2H$  (=D) in  $^1H$  glede na standard (izražena v odtisočih; ‰) znotraj palmitinske nasičene maščobne kisline;  $\delta D C_{18:0}$  – enako kot v prejšnjem primeru, le da merjeno znotraj stearinske nenasičene maščobne kisline; SD – standardni odklon. Po predlogi: Outram s sod. 2009, sl. 3.

Biokemični del študije je temeljil na analizi **stabilnih izotopov** v sledih maščob, odkritih na odlomkih bakrenodobne lončenine z že omenjenih kazahstanskih najdišč. Znano je, da je razmerje med izotopi posameznega **nuklida** v tkivih živega organizma enako tistemu v zaužiti hrani in vodi. Posledično lahko z ugotavljanjem tega razmerja v kosteh, zobeh ali – kot v našem primeru – v maščobah na lončenini z arheoloških najdišč sklepamo o vrsti prehrane tam in tedaj živečih živali in/ali ljudi (glej npr. Lee-Thorp 2008; Guiry 2012; Gorlova s sod. 2015). Tako so Outram in sodelavci (2009, 1334–1335) na podlagi izmerjenega razmerja med stabilnima izotopoma ogljika  $^{13}C$  in  $^{12}C$  v dveh vrstah nasičenih maščobnih kislin ugotovili, da gre v večinskem delu analiziranih vzorcev za maščobo konjskega izvora (sl. 109: levo). Vendar pa tega samega po sebi še ni bilo mogoče razumeti kot dokaz udomačitve, saj bi maščoba načeloma lahko izvirala tudi iz uplenjenih divjih živali. Zaradi navedenega so v nadaljevanju raziskave podobno izmerili še razmerje med

dvema stabilnima izotopoma vodika (tj.  $^1\text{H}$  in  $^2\text{H} = \text{D}$  oz. devterij). Pri tem so upoštevali dejstvo, da se v osrednjih delih posameznih celin (tj. v oddaljenosti od morij) to razmerje v zimski padavinski vodi močno razlikuje od tistega v poletni. K temu je treba dodati, da se v tkiva živih organizmov vgrajuje tako vodik iz zaužite hrane kot tudi tisti iz vode. Seveda pa se v telesno maščevje (= maščobno tkivo) omenjen nuklid vgrajuje vse leto, sproti s tvorbo samega maščevja, zato je razmerje med obema stabilnima izotopoma vodika tu na vmesni legi med vrednostma v zimskih in poletnih padavinah. Nasprotno odseva v izotopski sliki mlečnih kislin kot sestavnem delu kobiljega mleka zgolj razmerje med  $^1\text{H}$  in  $^2\text{H}$  znotraj padavinske vode tistega dela leta, v katerem je mleko v mlečnih žlezah dejansko nastalo.

Če sedaj pregledamo rezultate omenjene analize, zlahka opazimo, da so se analizirani vzorci razporedili v dve ločeni skupini (sl. 109: desno). Pri tem naj bi tisti z izstopajoče visokimi  $\delta\text{D}$ -vrednostmi, ki so na omenjeni sliki obarvani, vsebovali mlečne maščobe iz kobiljega mleka. Skladne s takšnim sklepom so tudi  $\delta\text{C}$ -vrednosti istih petih vzorcev (sl. 109: levo). Določen odklon  $\delta\text{D}$ -vrednosti arheoloških vzorcev od standardov, ki se nanašajo na maščevje in mlečne maščobe sodobnih evropskih konj/kobil, avtorji pripisujejo izraziti sušnosti podnebja na območju srednje Azije med obstojem obravnavane bakrenodobne skupnosti. Na podlagi predstavljenih rezultatov so avtorji raziskave oblikovali sklep, da gre pri analiziranih sledovih maščob z lončenine večinoma za mlečne maščobe in da so torej vsaj nekateri bakrenodobni prebivalci severnega Kazahstana že sredi 4. tisočletja dejansko uživali kobilje mleko. Takšna praksa pa seveda predpostavlja prisotnost udomačenih kobil.

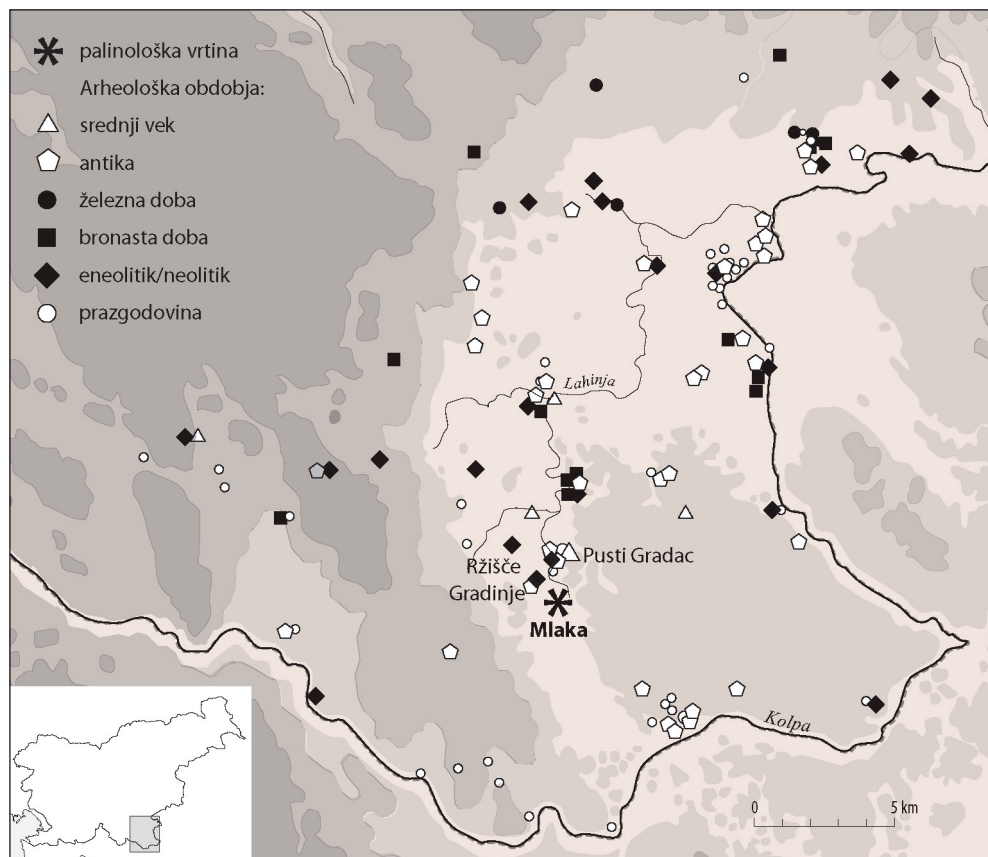
## 4 Nekdanje gospodarstvo: vpliv in prilagoditev človeka na okolje

### 4.1 Nastanek neolitske in današnje kulturne krajine v Beli krajini

Srednjeevropski človek je domnevno prvič bistveno posegel v okolje in ga preoblikoval v mlajši kameni dobi (neolitiku) pred dobrimi 7000 leti. Tedanji prebivalci Evrope, ki so se začeli ukvarjati s poljedelstvom in živinorejo, so sekali in požigali gozd, da bi pridobili nove površine za polja in pašnike. Palinološke raziskave kažejo, da so prvi kmetovalci v jugovzhodni in srednji Evropi gozd krčili le na manjših površinah (Willis 1994; Willis in Bennett 1994) in tako vplivali na sestavo vegetacije (npr. Behre 1988; Pott 1988; Šercelj 1988; Birks s sod. 1990; Willis 1992; 1994; Hicks in Birks 1996; Fuller s sod. 1998; Gar-



Sl. 110: Močvirje *Mlaka*.

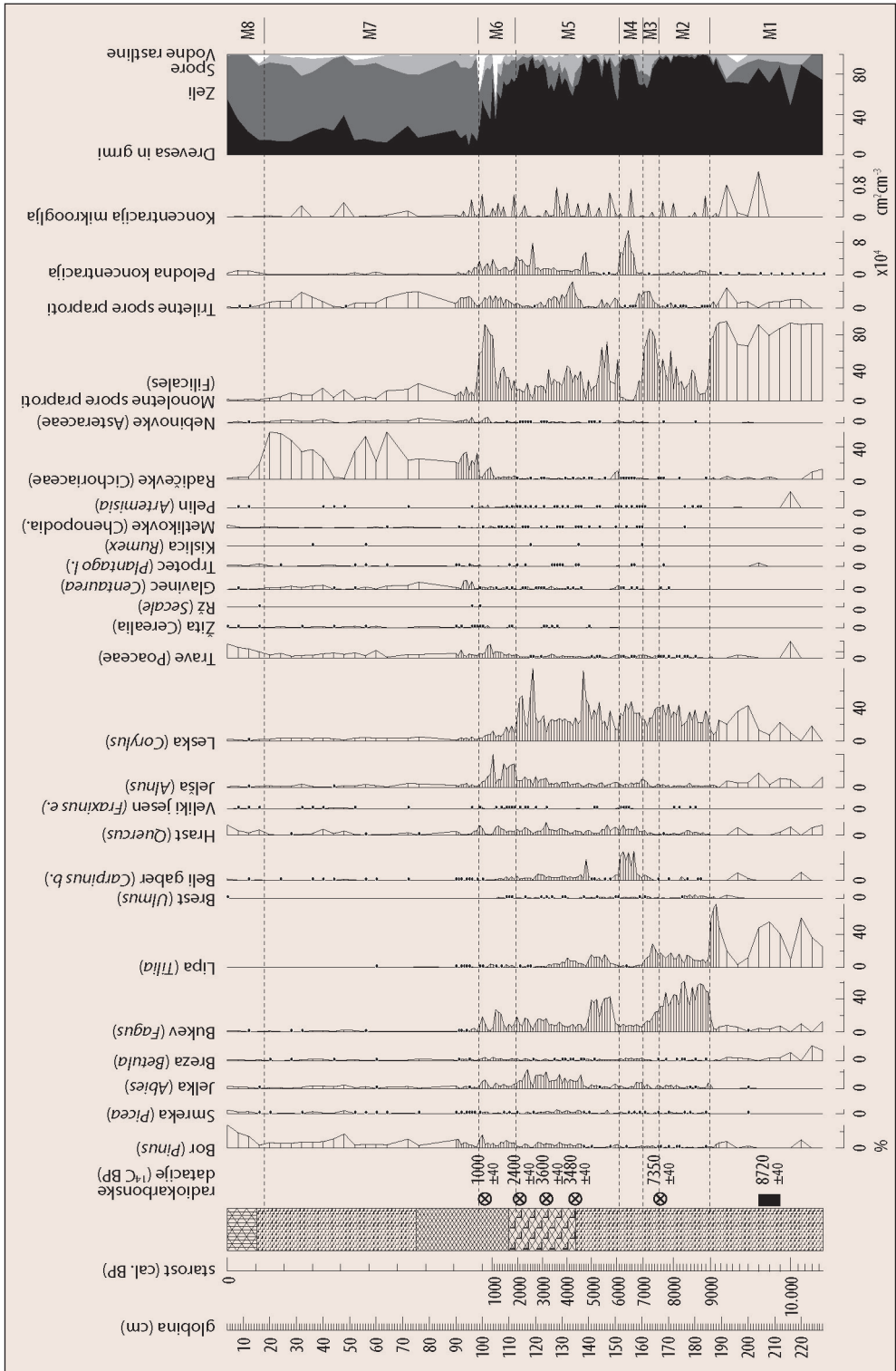


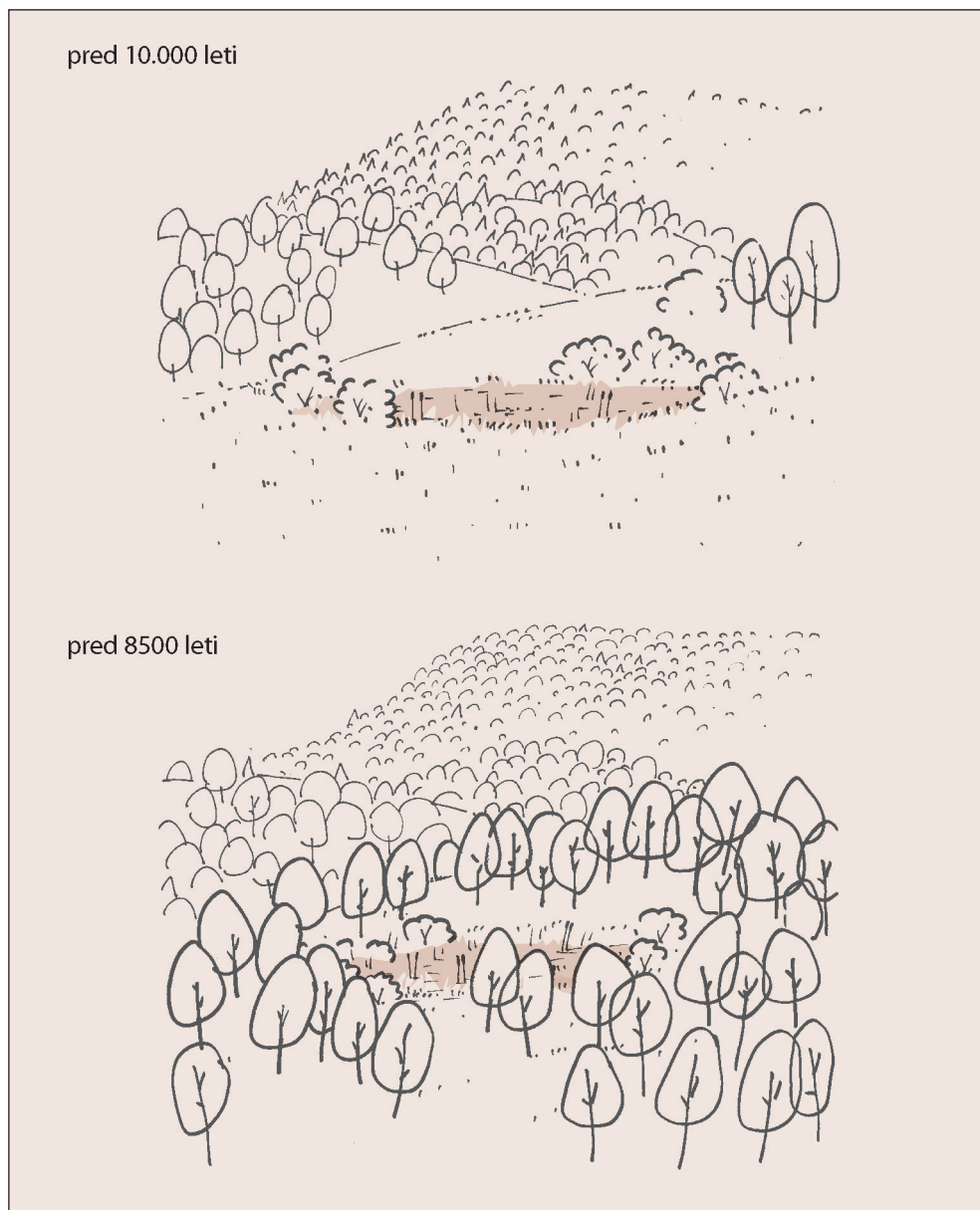
Sl. 111: *Mlaka* leži v krajinskem parku Lahinja, slabe 3 km jugovzhodno od Dragatuša, med Malim Nerajcem in izvirom reke Lahinje. Po predlogi: Andrič 2007, sl. 1 in Mason in Andrič 2009, sl. 3 in 4.

dner 1999a; Tinner s sod. 1999; 2000; 2005; Odgaard in Rasmussen 2000). S prehodom na kmetovanje so se pojavile tudi kulturne rastline, pleveli in rastline, značilne za ruderarne površine in pašnike (Behre 1981). Z nastankom nehomogene, mozaične pokrajine je rastlinstvo postalo bolj raznoliko (Birks s sod. 1990; Andrič in Willis 2003). Ker so neolitski poljedelci in živinorejci domnevno sekali le manjše površine gozda, je po palinološki teoriji (glej I. del/1.7) njihov vpliv na vegetacijo in pokrajino dobro viden v manjših ( $\leq 30$  m) močvirjih in jezerih, kjer prevladuje pelod lokalne vegetacije (sl. 22; Jacobson

→

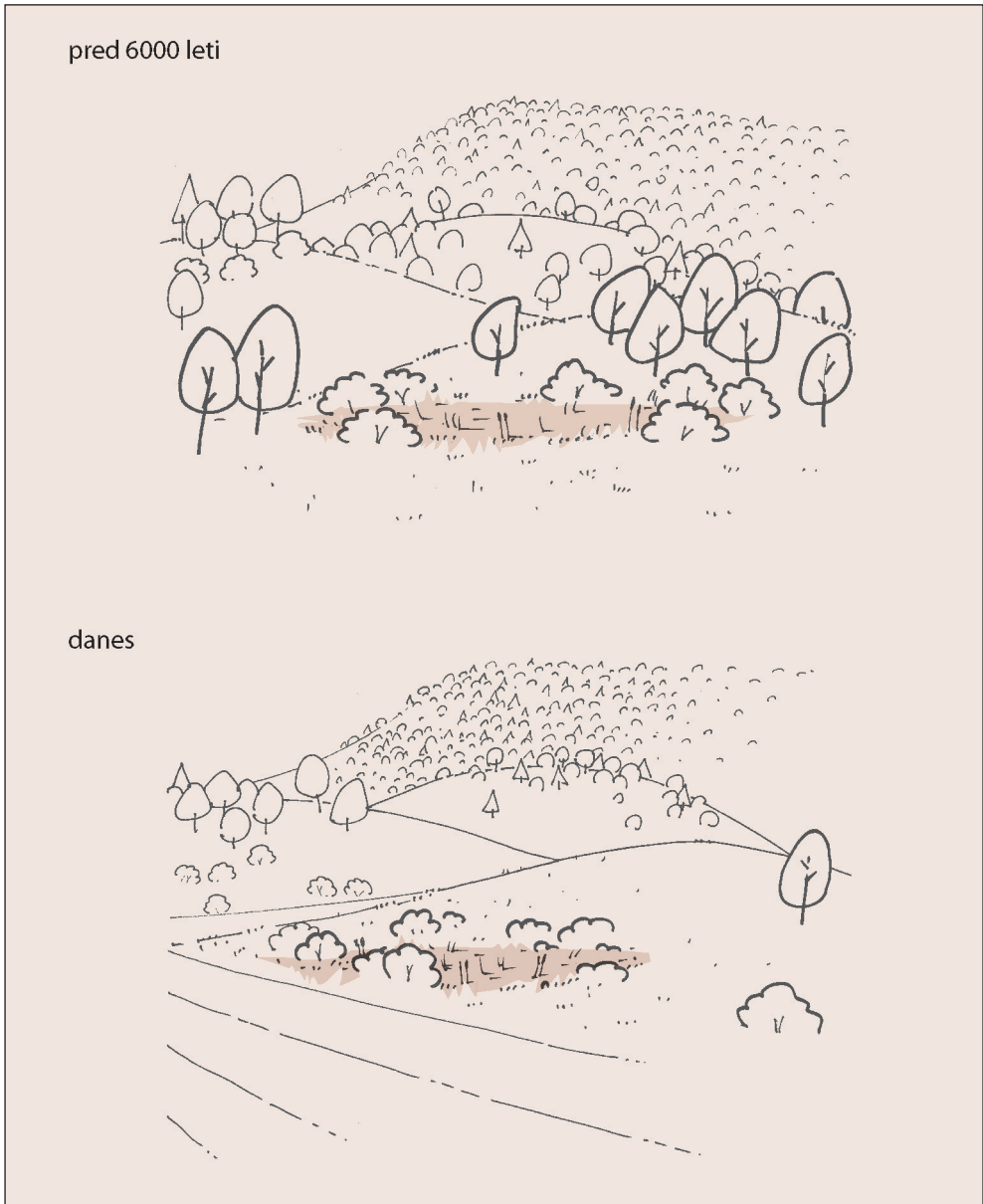
Sl. 112: *Mlaka*, palinološki diagram. Po predlogi: Andrič 2007, sl. 3.





Sl. 113a: Rekonstrukcija sprememb holocenske vegetacije v okolici *Mlake* pred 10.000 in 8500 leti

in Bradshaw 1981; Sugita 1994). Takšna manjša močvirja so bila palinološko raziskana tudi v Sloveniji (Andrič 2001; 2007) in v nadaljevanju predstavljamo primer nastanka stare, neolitske kulturne krajine v Beli krajini in vpliv njenih nekdanjih prebivalcev na rastlinstvo v zadnjih več kot 6000 letih.



Sl. 113b: Rekonstrukcija sprememb holocenske vegetacije v okolici *Mlake* pred 6000 leti in danes.

Močvirje *Mlaka* (sl. 110) je idealno **paleoekološko najdišče** za proučevanje vpliva prvih kmetovalcev: najdišče je majhno in brez pritokov in odtokov vode ter leži v bližini neolitskih in eneolitskih arheoloških najdišč *Ržišče* in *Pusti Gradac* (sl. 111; Dular 1985;

Budja 1992; Mason in Andrič 2009). Pelod je v večjem delu vrtine zelo dobro ohranjen, kar omogoča rekonstrukcijo razvoja vegetacije v zadnjih 10.000 letih (sl. 112).

V zgodnjem holocenu pred približno 10.000–9000 leti (sl. 112 in 113a) je v okolici *Mlake* rasel mešan, večinoma listnat gozd, v katerem so uspevali lipa (*Tilia*), leska (*Corylus*), hrast (*Quercus*), breza (*Betula*) in bor (*Pinus*). Druge drevesne vrste, kot sta npr. bukev (*Fagus*) in jelka (*Abies*), ki gradijo bolj goste gozdove, se verjetno niso mogle uveljaviti zaradi zgodnjeholocenskega, bolj sušnega podnebja (npr. Kutzbach and Guetter 1986; Feurdean s sod. 2013; 2014) in pogostejših naravnih požarov (o čemer sklepamo po povečani koncentraciji mikroskopskega oglja), ki so domnevno prispevali k uveljavitvi zgodnejših sukcesijskih faz gozda (glej I. del/1.7).

Sestava gozda se je pred pribl. 8900 leti zelo spremenila; v manj kot sto letih se je v okolici *Mlake* razširil gost, večinoma bukov gozd (sl. 112 in 113a). Ker bukev za uspevanje potrebuje razmeroma veliko padavin (Ellenberg 1988), domnevamo, da je podnebje takrat postalo vlažnejše. Tudi na drugih najdiščih južnega obrobja Alp sta se v tem obdobju razširili jelka in bukev (npr. Tinner s sod. 1999; Gobet s sod. 2000; Andrič in Willis 2003; Tinner in Lotter 2006). Čeprav je podnebni razlog za razširitev bukke najpomembnejši, pa vpliva drugih dejavnikov ne smemo v celoti izključiti. Bukve izjemoma lahko uspeva tudi v kraških razmerah z razmeroma nizko količino padavin ( $\geq$  ca. 600 mm letno; Brus 2005, 139). V Evropi severno od Alp so poleg podnebja na širitev bukke verjetno vplivale tudi motnje (npr. manjše izsekavanje in požiganje gozda), ki jih je v okolju povzročal človek (Bradshaw in Lindbladh 2005; Tinner in Lotter 2006; Bradley s sod. 2013). Tudi na našem pelodnem diagramu lahko opazimo manjša, kratkotrajna nihanja pelodne krivulje bukke (sl. 112). Nekateri upadi bukke sovpadajo s povečano koncentracijo mikroskopskega oglja, kar lahko razlagamo s tem, da se je občasno odpiranje pokrajine morda zgodilo ravno zaradi vpliva mezolitskih prebivalcev Bele krajine. Znano je, da so lovsko-nabiralniške populacije v Evropi požigale pokrajino, da bi si povečale dostopnost rastlinske in živalske hrane in olajšale mobilnost (Mellars 1976; Clarke 1979; Zvelebil 1994; Simmons 1996), vendar pa je o arheološki poselitvi Bele krajine v mezolitiku znanega le malo (Mason in Andrič 2009), in zato potrebujemo nadaljnje raziskave.

Pred pribl. 7800 leti je količina bukke začela upadati, 500 let pozneje je dosegla zelo nizke, zgodnjeholocenske vrednosti, pokrajina pa je spet postala manj poraščena z gozdom (sl. 112). Trenutno še ni znano, ali so za ta nenavaden upad bukke krive podnebne spremembe ali človek. Podnebna nihanja v holocenu niso bila tako izrazita kot v času ledenih in medledenih dob (Meese s sod. 1994, glej II. del/6.1), zato je le malo verjetno, da bi upad bukke v Beli krajini lahko pripisali hladnejšemu podnebju. Slovenija je zaradi svoje geografske lege občutljiva na spremembe padavinskih režimov (Gams 1988) in verjetnejši razlog za upad bukke bi zato lahko bila suha in vroča poletja, ki bi celinsko jugovzhodno Slovenijo prizadela močnejše kot druge regije. Ali je mogoče, da je upad bukke povzročil človek? Arheološka najdišča, zanesljivo datirana v osmo tisočletje pred sedanjostjo, v Beli krajini (še) niso bila odkrita. Morda takšno odkritje lahko pričakujemo v prihodnosti, zato dopuščamo možnost, da je na sestavo takratne vegetacije vplival tudi človek. Plana mezolitska (zgodnjeneolitska) najdišča so namreč, v nasprotju z najdišči v jamah in močvirjih, manj zaščiteni pred procesi erozije in slabše ohranjena, zaradi nestalne naselitve in odsotnosti keramike pa jih je tudi težje odkriti. Vsekakor so v regiji nujno potrebne paleoklimatske in nadaljnje arheološke raziskave, da bi bolje razumeli vzroke za zgoraj opisano spremembo vegetacije.



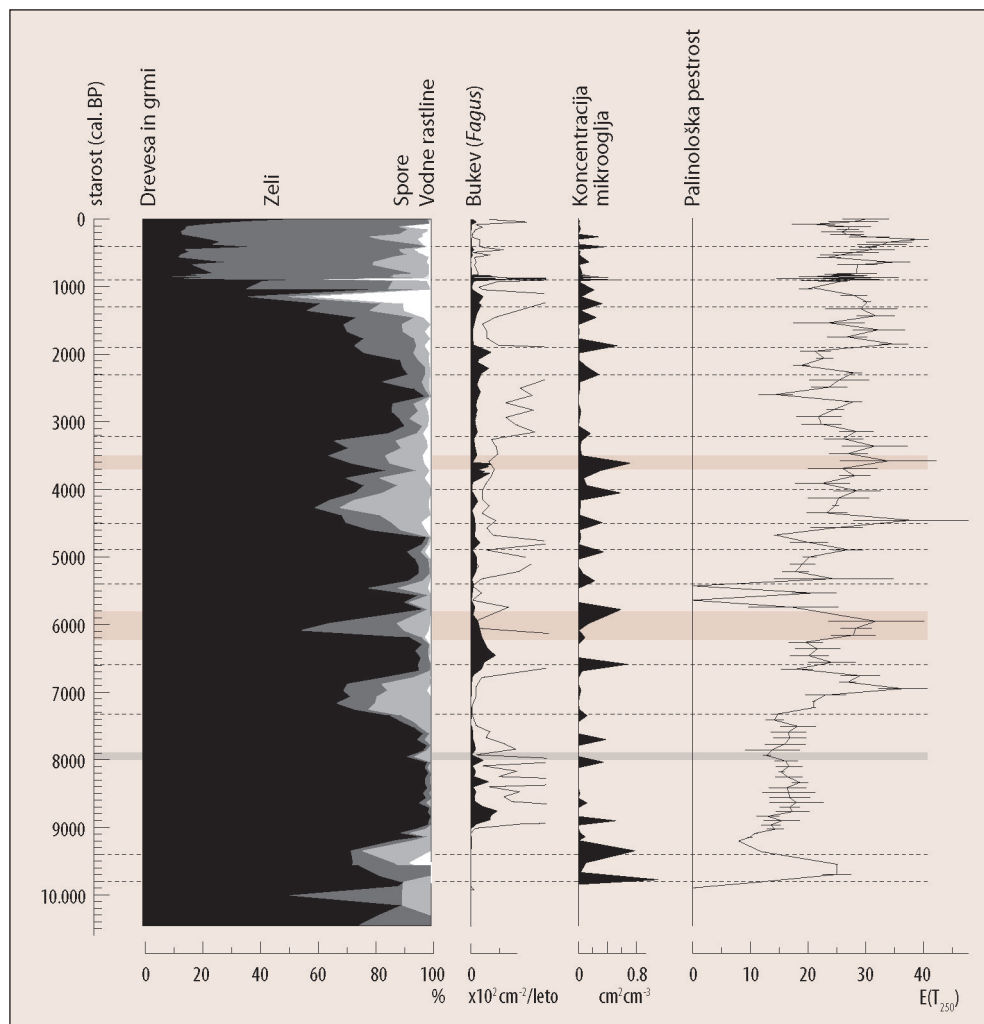
V naslednjih stoletjih se je gozd zarasel najprej z lesko in hrastom, pozneje pa tudi z belim gabrom (*Carpinus betulus*). Gabrov gozd, ki je prevladoval pribl. 600 let (med 6700 in 6100 pred sedanostjo), se je v okolici *Mlake* verjetno obdržal toliko časa zaradi človekovega vpliva, sekanja gozda in paše v gozdu, kar je oviralo vnovično razširitev bukve. V tem času je začela naraščati tudi količina peloda zeli in antropogenih indikatorjev, tj. rastlin, značilnih za pašnike in polja, npr. ozkolistni trpotec (*Plantago lanceolata*), glavinec (*Centaurea*), pelin (*Artemisia*) in metlikovke (Chenopodiaceae). Človekov vpliv na okolje se je še okrepil pred približno 5800 leti, ko je bil gabrov gozd požgan, pojavil pa se je tudi pelod žit (*Cerealia*). Vse to lahko povežemo z arheološkimi najdišči v okolici; neolitsko najdišče *Gradinje* leži 1 km zahodno, *Ržišče* in *Pusti Gradac* na okljuku reke Lahinje pa le slaba dva kilometra severno od *Mlake* (sl. 111; Dular 1985; Budja 1992; Mason in Andrič 2009). Prebivalci neolitskih naselbin so potrebovali les za proizvodnjo keramike, kurjavo, kuhanje in gradnjo bivališč, njihovo gospodarstvo pa je bilo verjetno večinoma poljedelsko-živinorejsko.

V naslednjih stoletjih si je bukev zopet opomogla, vendar pa so se obdobja bolj ali manj intenzivnega človekovega vpliva na okolje nadaljevala. Pred pribl. 4500 leti je prišlo tudi do spremembe v sestavi gozda. Narasel je delež jelke, medtem ko bukev ni več dosegla zgodnjeholocenske razširjenosti. Tudi to spremembo vegetacije lahko povežemo s povečanjem količine padavin in ohladitvijo z začetkom pribl. 4400–4200 pred sedanostjo, ki jo kažejo nekateri evropski paleoekološki arhivi (npr. Bond s sod. 1997; Seppä in Birks 2001; Mayewski s sod. 2004; Magny 2004). Hkrati pa je na sestavo gozda vplival tudi človek. Poljedelske aktivnosti so se okrepile v drugi polovici petega tisočletja pred sedanostjo, kar lahko povežemo s številnimi eneolitskimi ter bronasto- in železnodobnimi arheološkimi najdišči v okolici (sl. 111). Ob pomanjkanju (sistematičnih) arheoloških, arheobotaničnih in arheozooloških raziskav v regiji nekdanje gospodarstvo le slabo poznamo, domnevamo pa lahko, da so prebivalci teh naselbin za metalurške dejavnosti uporabljali les/ogljje bukve, kar je preprečevalo njeno uveljavitev.

V zadnjih 2000 letih je človekov vpliv na okolje postopno naraščal in v srednjem veku pred približno 900 leti je prišlo do intenzivnega izsekavanja gozda. Okrog *Mlake* je nastala zelo odprta, današnji podobna pokrajina z manj gozdovi ter številnimi travniki in njivami (sl. 110, 112, 113b).

Palinološke raziskave so pokazale, da je človek v zadnjih 6000 letih močno preoblikoval vegetacijo Bele krajine. Intenzivnost njegovega vpliva v okolici *Mlake* je nihala (sl. 114): med obdobji intenzivnejšega izsekavanja in/ali požiganja gozda je upadla količina peloda dreves (še zlasti bukve), zrasla pa koncentracija mikroskopskega oglja, antropogenih indikatorjev in palinološka pestrost, ki kaže biotsko raznovrstnost v pokrajini. Pojavile so se kulturne rastline (npr. žita), pleveli in rastline, značilne za pašnike. Temu je sledilo obdobje manj intenzivnega človekovega vpliva s hitrim zaraščanjem gozda in upadom biotske raznovrstnosti. Tudi ekološke raziskave današnje vegetacije kažejo povečanje biotske raznovrstnosti ob začetku motnje (npr. poseku gozda), ki pa se v poznejši fazi sukcesije (npr. ob zaraščanju **steljnika**) hitro zmanjšuje (Šilc in Andrič 2011). Ekološke raziskave potrjujejo, da so spremembe v **sukcesiji** izjemno hitre. Obnova gabrovega gozda npr. traja le 40–50 let (Čarni s sod. 2007), kar se ujema z oceno, da so bile tudi spremembe vegetacije v preteklosti razmeroma hitre (Andrič 2007; Šilc in Andrič 2011).

Raziskava je presenetljivo pokazala, da so bili bukovi (in jelovi) gozdovi v preteklosti v Beli krajini mnogo bolj razširjeni kot danes, ko poleg steljnikov, ki jih je vse manj, pre-



Sl. 114: *Mlaka*, krivulja za palinološko pestrost prikazuje pričakovano število taksonov na vzorec, če bi v vsakem vzorcu prešteli 250 pelodnih zrn ( $E(T_{250})$ ). Sivi pasovi označujejo obdobja najmočnejšega človekovega vpliva na okolje pred nastankom današnje kulturne krajine, tanka črna črta pri krivulji za bukev pa 10-kratno povečanje vrednosti črne polne krivulje. Po predlogi: Andrič 2007, sl. 6.

vladujeta hrast in gaber (Wraber 1956; Miklavžič 1965; Marinček in Čarni 2002; Čarni s sod. 2003). Hrastovo-gabrovi gozdovi naj bi bili “potencialna naravna vegetacija” Bele krajine; to je vegetacija, ki bi v pokrajini rasla brez človekovega vpliva na okolje (Zupančič in Wraber 1989). Rezultati palinološke raziskave zato odpirajo provokativna vprašanja. Ali so gabrovo-hrastovi gozdovi res “potencialna naravna vegetacija” v večjem delu Bele krajine? Kako po tisočletjih močnega človekovega vpliva na rastlinstvo sploh še vemo,

kaj je "potencialna naravna vegetacija" v neki pokrajini? Kaj se bo zgodilo v prihodnosti? Ali se lahko vrnejo bukovi ali celo bukovo-jelovi gozdovi?

Bela krajina je zelo stara kulturna krajina z dolgo zgodovino človekovega vpliva na vegetacijo. Zato je zelo težko reči, katere rastline bi rasle v Beli krajini danes, če človekovega vpliva v preteklih tisočletjih ne bi bilo. Kako daleč v preteklost bi se morali vrniti, da bi naleteli na "naravno" vegetacijo, in ali so bile podnebne razmere takrat podobne današnjim? Kljub vsemu lahko na podlagi palinoloških in ekoloških raziskav v regiji sklepamo, da se bodo ob odsotnosti človekovega vpliva v Beli krajini razširili gozdovi belega gabra. Ali se lahko vrne tudi bukev? Mogoče je, da bi se ob odsotnosti človekovega pritiska to zgodilo razmeroma hitro, če napredovanja bukve ne bodo ustavili ukrepi za zaščito biotske raznovrstnosti belokranjskih stelnikov in globalno segrevanje ozračja z vse bolj vročimi in suhimi poletji.

(Paleo)ekološke raziskave odpirajo tudi številna naravovarstvena vprašanja. V mozaični pokrajini, ki nastane ob zmernem človekovem vplivu na okolje, je biotska raznovrstnost naravne vegetacije večja kot pri vegetaciji, močno degradirani zaradi človeka (Grime 1973; Šilc in Andrič 2011). Zato so motnje, povezane s tradicionalnim gospodarjenjem, potrebne za ohranjanje biodiverzitete in mozaičnosti krajine (steljniki, travniki, obdelana tla, grmišča) v Beli krajini.

Močvirja in jezera so odlični okoljski "arhivi", v katerih je skritih veliko informacij o dolgoročnih spremembah okolja in človeške družbe. Ti arhivi pa so hkrati tudi ogrožena naravna in kulturna dediščina Slovenije. V nasprotju z arheološkimi najdišči in območji, vključenimi v sistem "Natura 2000", paleoekološka najdišča namreč niso zakonsko zaščiteni. Toplejše podnebje ogroža že tako redka najdišča, primerna za pelodno analizo, še zlasti pa so ogrožena zaradi človekovih posegov v okolje: izsuševanje in prekopavanje močvirij lahko v enem samem dnevu nepopravljivo uniči pelodni zapis, ki je preživel več deset- ali stotisočletij.

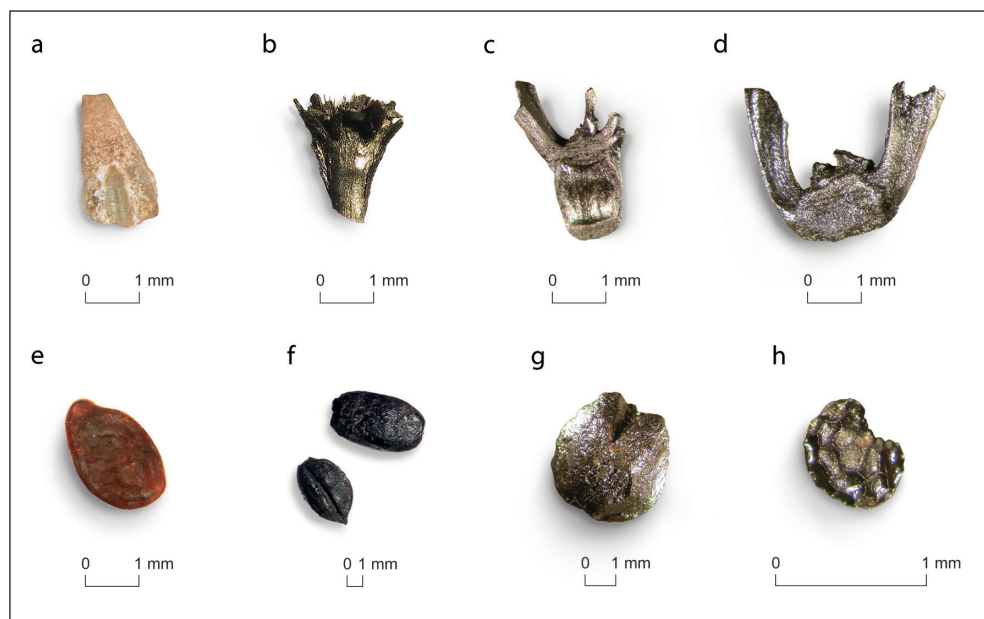
## 4.2 Zgodnje poljedelstvo med življenjem obalpskih kolišč

Po koncu zadnje ledene dobe (tj. pred pribl. 11.700 leti) so se zaradi postopne otoplitve na Zemlji zgodile velike spremembe (npr. Hillman 1996). Kar se tiče živalskih in rastlinskih vrst ter tudi človeka, je milejše podnebje omogočalo razvoj in širjenje novih ter vnovično naseljevanje nekaterih starih živalskih in rastlinskih vrst, ki so se pred hladnim ledenodobnim podnebjem umaknile oz. obdržale na območjih s toplejšim podnebjem (tudi v **mikrorefugijih**). Človek, dotlej zgolj lovec in nabiralec, je kot član manjših potujočih skupin, ki so sledile plenu, začel postavljati stalne nasebine in se ukvarjati s poljedelstvom in živinorejo. Kdaj je začel človek gojiti rastline in udomačevati živali, še ni povsem razjasnjeno. To naj bi bil nekaj tisočletij trajajoč proces, ki je začel potekati spontano na različnih koncih sveta. Vzrok zanj je težko preverljiv. Ena zanimivejših hipotez pravi, da so ugodne podnebne razmere ob koncu pleistocena omogočile rast števila prebivalcev, zato si je bil človek prisiljen zagotoviti večje količine hrane, kar je reševal z uvajanjem novih načinov pridobivanja hrane (tj. s poljedelstvom in živinorejo; npr. Dennell 1983; Zvelebil 1986; Zvelebil in Zvelebil 1988; Hillman 1996). Številne arheobotanične in arheozoološke raziskave po vsem svetu so privedle do spoznanj o začetkih udomačevanja rastlinskih in živalskih vrst (več o tem v II. delu/3). Danes vemo, da so ljudje do pred pribl. 10.000 leti

v veliki meri živeli od nabiralništva in lova. Nekje na prehodu poznega **glaciala v holocen** (II. del/Uvod, str. 129 in dalje) se je v nekaterih delih sveta, najprej na razmeroma toplem Bližnjem vzhodu, pojavilo gojenje in udomačevanje prehransko pomembnih rastlinskih in živalskih vrst (npr. Diamond 2002), s čimer se je začelo novo obdobje, imenovano neolitik ali mlajša kamena doba. Pogostejša prisotnost kulturnih rastlin in udomačenih živali se pojavlja od pribl. 8500 pr. n. št. (Cappers in Bottema 2002). Novejše raziskave molekularne biologije (npr. Schlumbaum in Jacomet 1998; Salamini s sod. 2002; Manen s sod. 2003; Schlumbaum s sod. 2008; glej tudi II. del/3.2) pa prinašajo vedno nova in nova dognanja o prvih **domestikacijah**.

V nadaljevanju bomo na primerih prazgodovinskih obalpskih kolišč (tudi slovenskih) prikazali eno zgodnejših poljedelskih aktivnosti v evropskem prostoru in način življenja ter tip okolja, v katerem so koliščarji bivali. Zaradi z vodo prepojenih, ilovnatih in zato tudi anoksičnih tal Ljubljanskega barja (presahlega jezera) in drugih obalpskih še obstoječih jezer so rastlinski ostanki v tleh tudi po več tisoč letih izjemno dobro ohranjeni (glej I. del/2.3) in prinašajo neprecenljiv vir informacij o nekdanji **flori**, vključno z rastlinsko prehrano in s tem o poljedeljskih aktivnostih.

Arheobotanična raziskava površinsko odvzetih vzorcev po stratigrafsko določenih plasteh (režnjih) na eneolitnem kolišču *Stare gmajne* (izkopavanja 2007) na jugozahodnem delu Ljubljanskega barja je v letu 2010 pokazala prve reprezentativne in evropskim rezultatom primerljive arheobotanične rezultate s slovenskih arheoloških najdišč (Tolar s sod. 2010; 2011; 2012). Odkritih je bilo 93 različnih rastlinskih taksonov, 6 izmed njih je bilo kultiviranih (sl. 115).



Sl. 115: Arheobotanični ostanki šestih vrst kulturnih rastlin s kolišča *Stare gmajne*: a) in e) lanu, b) in f) ječmena, c) enozrnice, d) dvoznice, g) graha in h) maka.

Povprečna koncentracija identificiranih semen/plodov v 1 litru sedimenta iz kulturne plasti je bila 7560 ostankov, kar kaže izjemno dobro ohranjenost rastlinskih makroostankov (npr. Jacomet s sod. 1989; Maier 2001; 2004; Hosch in Jacomet 2001; 2004; Jacomet in Brombacher 2005; Jacomet 2006a; 2009; Herbig 2009a; 2009b). Med kulturnimi rastlinami (sl. 115) smo poleg graha (*Pisum sativum*) in žit (Cerealia), kot so navadni ječmen z nepriraslimi plevami (*Hordeum vulgare nudum*), dvozrna pšenica (*Triticum dicocum*), enozrna pšenica (*Triticum monococum*), odkrili tudi dve vrsti oljnih rastlin: mak (*Papaver somniferum*) in lan (*Linum usitatissimum*).

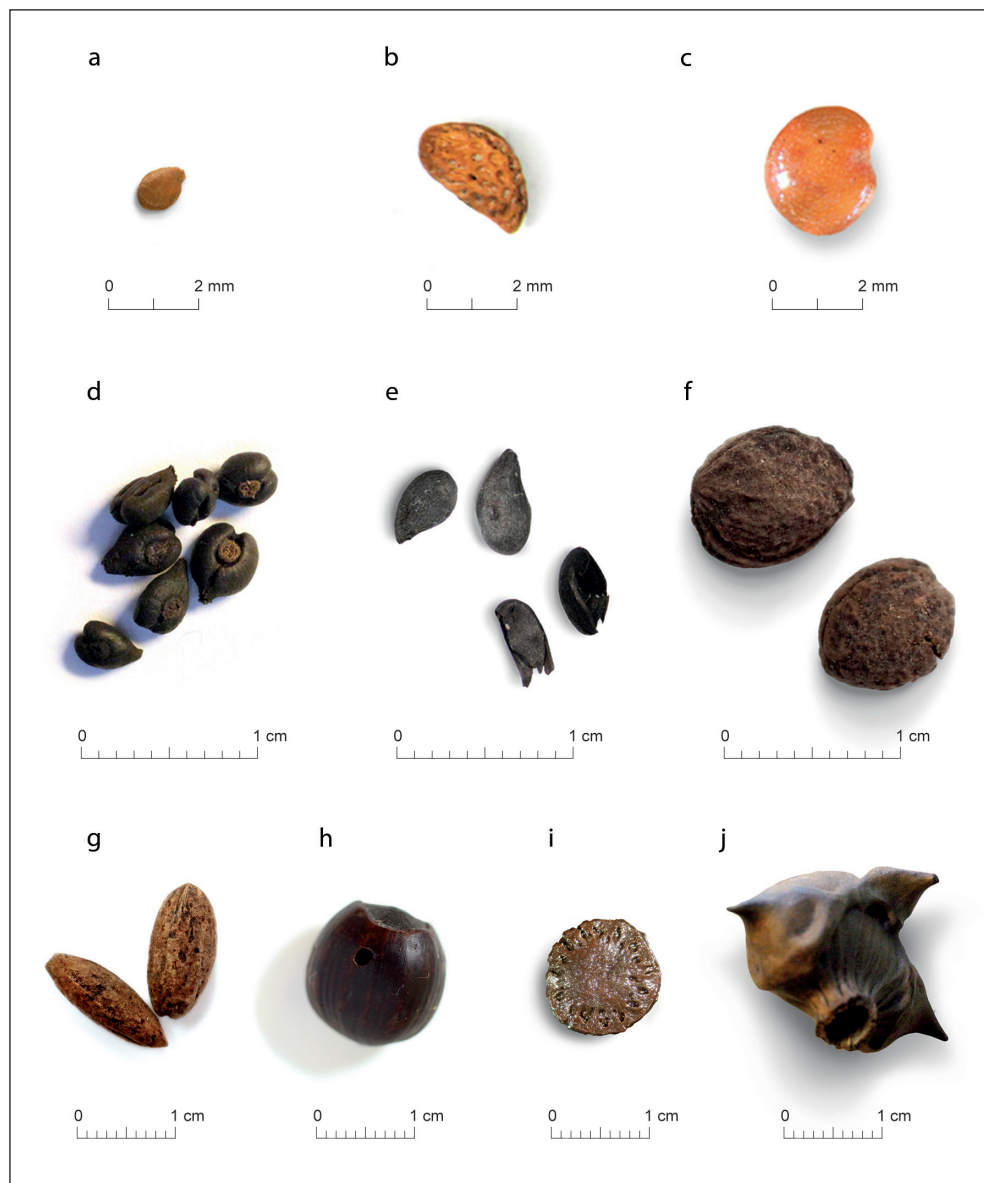
Koliščarji so s pridom izkoriščali tudi naravne dobrine. O pomenu nabiralniškega gospodarstva pričajo številni ostanki semen/plodov različnih sadnih drevesno-grmovnih vrst in zeli, npr. divja vinska trta (*Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*), divja jablana/hruška (*Malus sylvestris/Pyrus pyraeaster*), črni trn (*Prunus spinosa*), glog (*Crataegus* sp.), šipek (*Rosa* sp.), gozdna jagoda (*Fragaria vesca*), maline/robide (*Rubus* sp.), volčje jabolko (*Physalis alkekengi*), pasje zelišče (*Solanum nigrum*), bela omela (*Viscum album*), rdeči in rumeni dren (*Cornus sanguinea* in *C. mas*). Nabirali so tudi oreške, npr. leske (*Corylus avellana*), bukve (*Fagus sylvatica*), hrasta (*Quercus* sp.) in vodnega oreška (*Trapa natans*) (sl. 116).

Med rastlinskimi makroostanki, ujetimi na sitih, so bili z večjim deležem prisotni tudi ostanki ostalih (domnevno neužitnih) rastlin, npr. stebelca in lističi mahu zaveščka (*Neckera crispa*) ter praproti (orlova praprot [*Pteridium aquilinum*], glistovnica [*Dryopteris* sp.]), iglice jelke (*Abies alba*) in drevesni popki, vejice ter odlomki vej (npr. jelke in leske), ki so lahko bili v uporabi kot izolacijski, tudi povezovalni – npr. veje in mah kot vezivo za glinene stene hiš ali za mašenje rež – ali steljni (morda tudi krmni) material (glej primere v II. delu/7).

Med uporabljenim lesom za kole, na katerih so stala lesena bivališča, sta na slovenskih koliščih vedno znova najpogosteje identificirana hrast (*Quercus* sp.) in jesen (*Fraxinus* sp.), kar kaže takratno izjemno dobro poznavanje razpoložljivih lesnih vrst in temu primerno specifično izbiro najprimernejših, saj je znano, da je tako les hrasta kot jesena zaradi ugodnih trdnostnih lastnosti, hrastov pa tudi zaradi trajne jedrovine, zelo primeren za konstrukcijske in gradbene namene (npr. Čufar 2001; Čufar s sod. 2010).

Ker žita slabo uspevajo na nerodovitnih poplavnih/močvirskih tleh, so imeli koliščarji žitna polja najverjetneje umeščena na nekoliko odmaknjenih, bolj suhih, bolj odvodnjavanih in rodovitnejših pobočjih obrobnega dinarskega gorstva, še bolj verjetno pa tudi na številnih barjanskih osamelcih, ki so kot otoki "štrleli" iz jezera ali pozneje močvirja. Povečane količine mikrooglja in peloda rastlinskih vrst, ki kažejo bolj odprto, negozdno pokrajino, v sedimentu iz obdobja, ko je človek poseljeval Ljubljansko barje (Andrič s sod. 2008; Andrič [v pripravi]; glej tudi II. del/5.1), so lahko posledica požigalniškega načina pridobivanja obdelovalnih površin in pašnikov – torej krčenja gozdnih površin (podobno ugotavljajo tudi npr. Jacomet s sodelavci 1989; [ur.] 2004).

Seznam rastlinskih makroostankov nabiranih gozdnih in obgozdnih rastlin kaže vegetacijsko sliko, podobno današnji, omembe vredna je le divja vinska trta (*Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*; sl. 116d). Naravno rastišče divje vinske trte so predvsem vlažni (obrečni) listnati gozdovi ter nabrežja in logi (Pejkić 1980; Brus 2005; Piltaver 2007). Potrebuje sveža do vlažna, za krajši čas lahko tudi suha in s hranili bogata, peščeno-illovnata do glinasta tla in razmeroma veliko toplote. Je svetloljubna in večinoma prezimno trdna rastlina, poškoduje pa jo lahko pozna slana. Divja vinska trta je v Sloveniji avtohtona, vendar jo danes najdemo le redko v predalpskem svetu (Lemut 1997; Brus 2005; Piltaver 2007).



Sl. 116: Najpogostejši makroostanki, ki dokazujejo pomen nabiralniškega gospodarstva: a) gozdna jagoda, b) robida/malina, c) volčje jabolko, d) divja trta, e) divje jabolko/hruška, f) črni trn, g) rumeni dren, h) lešnik, i) želod, j) vodni orešek.

Iz slovenskih gozdov je že skoraj povsem izginila, najverjetneje zaradi "izrojenosti" oz. večtisočletnega žlahtnjenja te sadne vrste in posledično izgube prvotne divje populacije v naravi. Današnje območje razširjenosti udomačene podvrste vinske trte (*Vitis vinifera* ssp.

*vinifera*) je v Sloveniji močno povezano z območji gojenja te vrste. Na podlagi številnih odkritih pečk divje vinske trte na koliščih z Ljubljanskega barja (Jeraj 2004; Tolar Korenčič s sod. 2008; glej tudi II. del/3.2) in posameznih pelodnih zrn (Andrič [v pripravi]), ki jih ta vrsta sicer tvori v zelo majhnih količinah (npr. Arobba s sod. 2014, 232), morda lahko sklepamo o drugačnih okoljskih (podnebnih) pogojih na Ljubljanskem barju in v njegovi bližnji okolici izpred pribl. 5500–4500 let, vsekakor pa ti ostanki dokazujejo, da je bila vrsta v tedanjih slovenskih gozdovih mnogo pogostejša kot v današnjih. Seveda je tudi možnost, da so koliščarji plodove vinske trte prinesli od drugod, saj je znano, da so tedanji prebivalci Ljubljanskega barja nemalokrat odhajali po surovine tudi v oddaljene kraje (npr. Pavšič in Dirjec 2004; Bernardini s sod. 2009; Turk 2009).

**Absolutna datacija** (glej I. del/2.1, str. 46 in I. del/2.6.1) kolišč na Ljubljanskem barju (Čufar s sod. 2010) nam je omogočila primerjavo arheobotaničnih rezultatov z rezultati raziskav z drugih sočasnih severnoalpskih najdišč (Tolar s sod. 2011). Ugotovili smo veliko podobnosti, pa tudi nekaj razlik. Med kulturnimi rastlinami so bili na koliščih v Nemčiji in Švici pogosto odkriti ostanki trde pšenice (*Triticum durum/turgidum*), tj. pšenice z nepriraslimi plevami, pri nas pa le ostanki enozrne in dvozrne pšenice (obe s priraslimi plevami). Rezultat naših raziskav je tako potrdil nedavno postavljeno hipotezo o začetkih kultivacije trde pšenice severno od Alp in ne jugovzhodno, po poti večine kultivarjev (Maier 1996; Hosch in Jacomet 2001; Jacomet 2007a; 2009; Herbig 2009a). Ugotovljenih je bilo tudi nekaj razlik v uporabi (in s tem najverjetneje tudi o prisotnosti oz. razpoložljivosti določenih vrst v naravi) nekaterih nabiranih sadežev in oreškov. Južnovzhodnoalpski koliščarji (Slovenija, Italija) so v prehrano pogosteje vključevali plodove vodnega oreška, rumenega drenea in vinske trte kot njihovi severnoalpski sodobniki. Vse tri omenjene vrste uspevajo na toplejših območjih, kar bi bilo morda upoštevanja vredno tudi pri klimatoloških razlagah in primerjavah s severnoalpskimi sočasnimi najdišči. Ugotovljene so tudi razlike v uporabi vrste lesa za kole, na katerih so stala bivališča. Slovenski koliščarji so namensko odbirali les hrasta in jesena, medtem ko so npr. sočasno živeči koliščarji ob Bodenskem jezeru v Švici (najdišče *Arbon-Bleiche 3*) za tovrstne potrebe raje izbirali les jelke (*Abies alba*; Leuzinger [ur.] 2000), ki je sicer tudi primeren les za konstrukcije, vendar manj odporen (trajen), trden in gost kot npr. hrastov les. Nizek delež peloda jelke na območju severnoalpskih kolišč tedanjega časa kaže celo to, da so jelov les očitno celo specifično izbirali in hodili ponj tudi na bolj oddaljene lokacije (Brombacher in Hadorn 2004). Ostanki jelovih kolov s kolišča *Arbon-Bleiche 3* kažejo zelo podobne rastne vzorce (tj. zaporedja širin branik), zato švicarski dendrokronologi sklepajo, da so bila istočasno rastoča drevesa prinesena z istega območja. To pa že kaže na gospodarjenje z gozdom tedanjih naseljencev, pri čemer se zdi, da je bil jelov les posebej zaželen. Glede na to, da jelke, ki rastejo v sestojih, prvič obrodijo (torej tudi zacvetijo in tvorijo pelod) šele med petdesetim in sedemdesetim letom starosti (Mlakar 1990; Brus osebna komunikacija), je mogoče, da peloda jelke na najdišču *Arbon-Bleiche 3* ni bilo zaznati v večjih količinah tudi zato, ker so sestoj jelke prej posekali, preden bi ta začel tvoriti pelod v večjih, tj. zaznavnejših količinah. Tudi odbiranje lesa v naravi ne tako pogostih vrst se ne zdi presenetljivo, saj so bolj gledali na njihovo uporabnost, kot pa, koliko jih je v naravi in kako težko so dostopne (osebna komunikacija, S. Jacomet). Poleg lesa so bile namreč uporabne tudi jelove veje in zimzelene iglice (glej npr. II. del/7.1), ki za razliko od smrekovih ne vsebujejo smol in so mehkeje ter zato primerne za zimsko krmo.

Mnogo obsežnejše novejšje raziskave in kompilacije več multidisciplinarno raziskanih obalpskih kolišč, predvsem v Nemčiji in Švici, kažejo spremembe in neenotnost poljedelskih navad v času in prostoru (npr. Jacomet 2006a; 2009; Herbig 2009b). Vedno znova ugotavljajo, da lahko izvor posameznih kulturnih rastlin postavljamo večkrat v različne dele sveta razno- ali istočasno, in da so domestikacijski vplivi prihajali z vseh strani, tako z vzhoda, kot tudi z zahoda, juga in s severa. Na obalpskih koliščih (z bogatimi arheobotaničnimi ostanki) so dognali, da se je pomen nekaterih vrst kulturnih rastlin skozi čas spreminjal (tudi na istem najdišču), saj so bili komunikacija, mobilnost in dinamika prazgodovinskih objezerskih naseljencev nedvomno že visoko razviti (npr. Jacomet 2006a; 2009; Herbig 2009b). Podobne rezultate ob prihodnjih raziskavah na Ljubljanskem barju pričakujemo tudi v Sloveniji.

Obsežne arheobotanične in druge naravoslovne (arheozoološke, dendrokronološke itd.) raziskave številnih površinsko odvzetih vzorcev sedimenta z najdišča *Arbon-Bleiche 3* (Hosch in Jacomet 2004), ki so bili med drugim odvzeti tudi iz notranjosti šestih hiš, so omogočile ugotavljati tudi razlike med hišami in z njimi povezane specializirane aktivnosti. Iz vsake od šestih hiš je bilo vsaj po osem vzorcev sedimenta multidisciplinarno raziskanih. To je omogočilo rekonstrukcijo organizacije naselbine in izrabe/uporabe okolja ter materiala oz. surovin iz narave. Različne hiše so vsebovale deloma drugačen arheološki in tudi bioarheološki (tj. rastlinski in živalski ostanki) inventar, po čemer je bilo mogoče sklepati, da je imela vsaka hiša svoj način gospodarjenja (Leuzinger [ur.] 2000; Jacomet s sod. [ur.] 2004; Hosch in Jacomet 2004). Več o raziskavah v monografiji Jacomet s sod. (ur.) 2004.

Še nazornejše razlike med hišami prikazujejo rezultati kvantitativno distribuiranih (tj. količinsko, številčno razporejenih) vzorcev sedimenta (glej primer vzorčenja z odvzedom stratigrafskih stolpcev sedimenta v II. delu/1.2) z najdišča *Bad Buchau-Torwiesen II* v Nemčiji. Razporeditev posameznega rastlinskega taksona po celotnem najdišču je, poleg gospodarskega stanja naselbine (tj. pomena poljedelstva v primerjavi z nabiralniškim gospodarstvom; poznavanja oz. gojenja različnih kulturnih rastlin; opravljanja specializiranih aktivnosti), razkrila tudi socialne (ekonomske in kulturne) razlike med posameznimi hišami znotraj naselbine (Maier in Harwath 2011). To je omogočila metoda dovolj gostega vzorčenja sedimenta s stratigrafskimi stolpci (glej II. del/1.2), ki je zajela arheobotanične ostanke tako znotraj kot tudi zunaj hišnih prostorov. Mogoče je bilo določiti lokacije specifičnih aktivnosti znotraj naselbine (npr. mesta odlaganja ostankov trebljenja žitnih pridelkov, ognjišč za kuho/peko, odlaganja odpadkov, skladišč očiščenih pridelkov, krme, stelje idr.) ter izvedeti nekaj več o organizaciji naselbine in kakovosti bivanja (sl. 117 in 118 z natančnejšim opisom v uokvirjenem besedilu na str. 200 in 201).

#### KOMENTAR K SLIKAMA 117 IN 118

V hišah št. 1, 2 in 3 je bil odkrit popoln (tj. raznolik) niz poljščin in raznovrstni ostanki nabiranih sadežev ter oreškov, kar je vodilo v opredelitev "nespecializiranih" poljedelsko aktivnih družinskih hiš. V hišah št. 5–9 je bil spekter arheobotaničnih ostankov nabiranih rastlin očitno bogatejši od spektra ostankov kulturnih rastlin, zato so jih interpretirali kot gospodarsko šibkejšje družinske hiše. V hiši št. 11 je bilo ugotovljenih daleč največ ostankov maka (in izredno malo ostankov drugih prehranskih rastlin), zato je bila opredeljena kot hiša, "specializirana" za pridelavo te kulture (morda celo za oskrbovanje celotne naselbine z oljem). Poleg socialno (ekonomsko) šibkejših



hiš z manj ostanki kulturnih rastlin (npr. hiše št. 4, 5–9, 14, 15) in tudi takšnih z zelo redkimi najdbami ostankov prehranskih rastlin (npr. hiši št. 10 in 13) so bile odkrite tudi hiše (npr. št. 1 in 3) z ostanki uvoženih dobrin (Schlichtherle s sod. 2010). Te so interpretirali kot socialno bogatejše. V majhni hiški št. 15 je bilo ohranjenih izredno malo ostankov kulturnih (prehranskih) rastlin, v njeni bližini pa so našli več ostankov obdelave lesa ter ostankov tisinih (*Taxus baccata*) lokov (Schlichtherle s sod. 2010). Zato je bila opredeljena kot “specializirana” hiša – delavnica za izdelavo lokov.

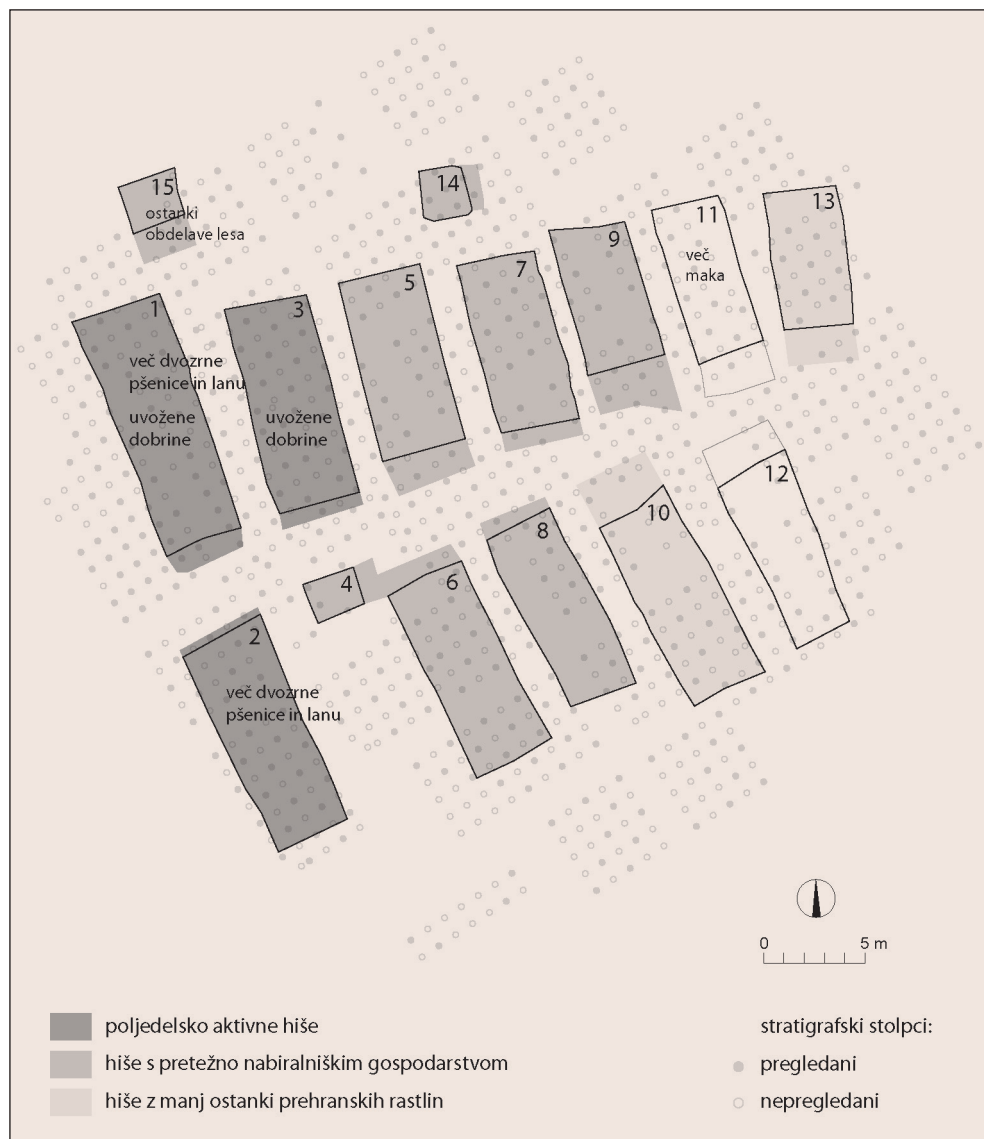
Poleg ekonomskih so bile ugotovljene tudi kulturne razlike med naseljenci *Torwiesena*. V večini hiš so med arheobotaničnimi ostanki kulturnih rastlin prevladovali ostanki ječmena in pšenice z nepriraslimi plevami (*Triticum durum/turgidum/aestivum*). V bližini in v notranjosti dveh hiš (št. 1 in 2) pa so bili odkriti tudi in predvsem ostanki dvozrne pšenice, ki naj bi bila domnevno pogostejše gojena šele v kasnejši, tj. “horgenski kulturi” (Jacomet 1990; Brombacher in Jacomet 1997). Podobno sliko drugačnih kulturnih navad v hišah št. 1 in 2 dokazujejo tudi ostale arheološke najdbe (Schlichtherle s sod. 2010), kar potrjuje, da je bilo v raziskovani naselbini mogoče zaznati prihod novih kulturnih vplivov, vključujoč spremembe v poljedelstvu, ki poleg pšenice dvozrnice sloni tudi na intenzivnejši pridelavi lanu (Maier in Harwarth 2011).

Metoda gostega vzorčenja s stratigrafskimi stolpci po celotnem najdišču je razkrila tudi mesta oz. lokacije določenih aktivnosti. Tako so bili npr. ostanki trebljenja (čiščjenja) žit in lanu prisotni samo na določenih mestih vzdolž glavne ceste. Produkcija maka, kot že zgoraj omenjeno, ni bila prisotna v vseh hišah. Tudi odpadki niso bili odloženi vsepovsod, temveč le na posebnih območjih med hišami in na vzhodnem robu konca ceste.

Rezultati obeh arheobotaničnih analiz dovolj gosto odvzetih vzorcev sedimenta iz kulturnih plasti (tako površinsko – primer *Arbon-Bleiche 3* – kot tudi stratigrafsko odvzetih – primer *Bad Buchau-Torwiesen II*) razkrivajo podobnosti in razlike med hišami iste naselbine. Skupen sklep obeh raziskav je, da je imela vsaka hiša svoje gospodarstvo in svoj živež (podobno ugotavljajo tudi npr. Maier 2001; Hosch in Jacomet 2001; 2004; Marti-Grädel s sod. 2004). Pa vendar obstaja tudi možnost o delitvi dela in skupni uporabi ali izmenjavi dobrin, kot kaže npr. rezultat iz hiše št. 11 (sl. 118), ki je bila najverjetneje specializirana za pridelavo maka.

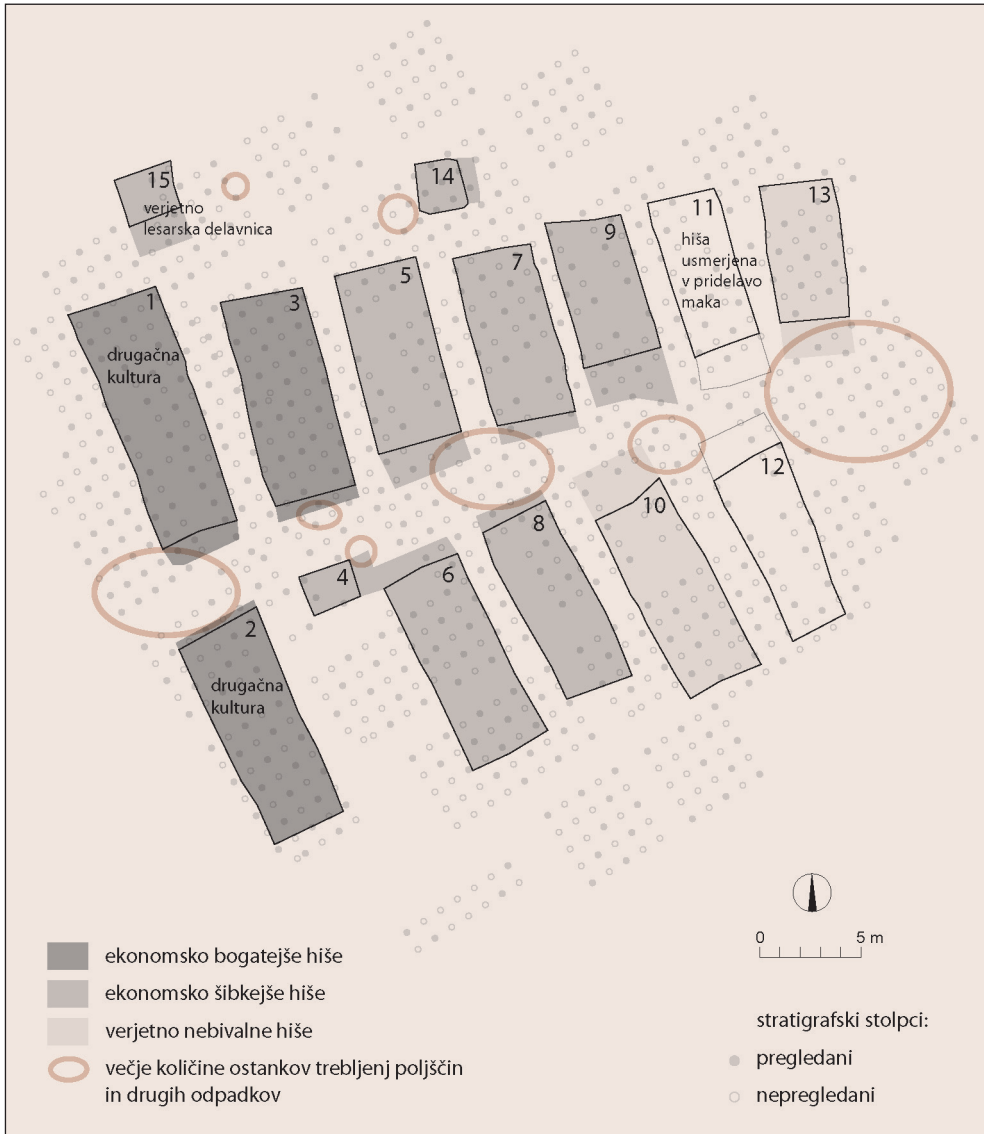
O nekdanjem gospodarstvu pa ne pričajo samo ostanki kulturnih rastlin, ampak tudi z njimi tesno povezani ostanki (pelod, semena/plodovi) plevelnih in **ruderalnih** rastlin. Tudi slednji so daleč najbolj ohranjeni v mokrotnih arheoloških sedimentih. Njihov pomen in interpretativno moč si pogledjmo v nadaljevanju ob nekaj primerih tovrstnih raziskav.

Spekter odkritih taksonov plevelov lahko razkrije čas in način setve ter žetve, način gnojenja in obdelovanja zemlje (tudi pletja) ter tudi velikost obdelovalnih površin in okoljske razmere na njih: npr. tip prsti, vodostaj, podnebje (npr. Bogaard 2004; Bogaard s sod. 2005; Kreuz s sod. 2005; Kreuz 2007; Jacomet 2007b; Kreuz in Schäfer 2011; Maier in Harwarth 2011). Jacomet (2007b) sklepa tudi, da prisotnost določenih vrst plevelov na najdišču (med uskladiščenim pridelkom) lahko razkrije način žetve (tudi Kreuz s sod. 2005; Maier in Harwarth 2011; Kreuz in Schäfer 2011). Pri žetvi s srpom npr. so zreli žitni klasi odstranjeni skupaj s plevelnimi rastlinami. Ko se je želo nizko ob bilki (tj. pri tleh), je v vzorcu ohranjenih več semen nizkorastočih plevelov (npr. detelja [*Trifolium* sp.]) – tak način je v Evropi poznan šele v pozni bronasti in železni dobi. V zgodnjem



Sl. 117: Tloris naselbine *Bad Buchau-Torwiesen II* z opisom poglavitnih dogajanj/aktivnosti, ugotovljenih na podlagi arheobotaničnih analiz vzorcev sedimenta iz stratigrafskih stolpcov (glej: sl. 84). Po predlogi: Schlichtherele s sod. [ur.] 2011.

neolitskem času je bila bolj uporabljena “visoka žetev” (tj. ob klasu), katere posledica je večja prisotnost semen/plodov višje rastočih plevelov (npr. velika kopriva [*Urtica dioica*]). Tudi iz razmerja med ostanki trajnih (npr. plazeča zlatica [*Ranunculus repens*], vel. kopriva, kislica [*Rumex sp.*]) in enoletnih plevelnih rastlin je mogoče ugotoviti način in



Sl. 118: Tloris naselbine *Bad Buchau-Torwiesen II* z interpretacijo funkcije in statusa posameznih hiš (glej uokvirjeno besedilo na str. 200 in 201). Po predlogi: Schlichtherele s sod. [ur.] 2011.

čas obdelovanja polj (npr. Bogaard 2002; Maier in Harwath 2011; Kreuz in Schäfer 2011). Večji delež enoletnih plevelov (kot npr. navadni slakovec [*Fallopia convolvulus*], metlika [*Chenopodium* sp.], nepravna lakota [*Galium spurium*], navadna kostreba [*Echinochloa crus-galli*]) pričča o dokaj intenzivnem poljedelstvu (npr. Kohler-Schneider in Caneppele

2009, 70) v celem letu. To pomeni, da so polja celoletno obdelovali in z njih tudi odstranjevali (izkoreninjali) plevel. Podobno sliko kažejo tudi *Stare gmajne* (Tolar s sod. 2011, 214). Ločevati je mogoče tudi med pleveli **ozimnih žit** (npr. navadni kokalj [*Agrostemma githago*], žitna stoklasa [*Bromus secalinus*], navadni kolenček [*Lapsana communis*], zobati motovilec [*Valerianella dentata*], navadni motovilec [*V. locusta*]) in pleveli **jarjih žit** (npr. ptičja dresen [*Polygonum aviculare*], detelja, metlika, ogrščica [*Brassica* sp.], nav. kostreba, njivski čišljak [*Stachys arvensis*]), s čimer lahko dokažemo **ozimino – jaro setev** (več o tem tudi Kreuz s sod. 2005; Bogaard s sod. 2005; Jacomet 2007b; Kreuz in Schäfer 2011). Prisotnost semen/plodov plevelov jarjih žit namreč nakazuje na pozno poletno žetev, saj te vrste še ne semenijo v začetku poletja, ko se žanje ozimna žita. In obratno, prisotnost ostankov plevelov ozimnih žit kaže zgodnje poletno žetev.

Ostanki (tj. semena/plodovi) teh gospodarsko nepomembnih rastlin so v arheobotaniki izjemnega pomena. V arheoloških sedimentih so redkeje prisotni, saj so jih ljudje namenoma puščali drugje (npr. na obdelovalnih površinah ali na mestih čiščenja/skladiščenja pridelka) in jih niso prinašali v naselbino. Zato je za tovrstne interpretacije treba pregledati več in večje količine vzorcev sedimenta. Količina in pestrost plevelnih taksonov (npr. prevlada taksonov z manjšimi ali večjimi semeni/plodovi) nas lahko informira tudi o čistosti in načinu skladiščenja pridelka (glej I. del/2.2, sl. 34). Če je npr. v vzorcu poleg množice ostankov žitnih plev in zrn prisotnih tudi več ostankov plevelov z večjimi semeni/plodovi, lahko sklepamo, da je šlo za “napol čisto” skladiščenje. In obratno, če v vzorcu naletimo na veliko plevelnih taksonov z manjšimi semeni/plodovi ter ostanke žitnih stebelc (tj. slame), bi po naših sklepih lahko šlo za skladiščenje žit v snopih ali v delno omlatenih klasih (Jacomet 2007b).

### 4.3 Po sledih začetka uvajanja zaprte reje prašičev v srednjeveški Evropi

Domači prašič (*Sus domesticus*) je nedvomno ena gospodarsko najpomembnejših domačih živali v zgodovini človeštva. Za njegovega edinega **zarodnika** velja divji prašič (*Sus scrofa*), ki naj bi bil prvič udomačen na območju Male Azije pred več kot 10.500 leti (Vigne s sod. 2011, 260). Na Slovenskem so najstarejše najdbe domačega prašiča veliko mlajše. Datiramo jih v sredino 5. tisočletja pr. n. št. (Toškan in Dirjec 2006a; Toškan 2011a).

Prašičereja ni, z izjemo kože in gnoja, nikoli zagotavljala omembe vrednih ekonomsko zanimivih sekundarnih proizvodov. Tako tudi ni presenetljivo, da je bila skorajda vseskozi usmerjena zgolj v proizvodnjo hrane. Je pa svinjina v tem delu Evrope najmanj od antike naprej nedvomno sodila med kulinarično bolj cenjene zvrsti mesa. O tem pričajo že sami zapisi tedanjih avtorjev, omeniti pa je treba tudi arheo(zoo)loške dokaze (glej npr. Audo-in-Rouzeau 1995, 299–300; MacKinnon 2004, 209). Slednji so znani tudi s Slovenskega (Bartosiewicz 1999a, 315; Dirjec s sod. 2012, 35–37), še največ za obdobje srednjega veka. Kako drugače razložiti dejstvo, da je bil med doslej raziskanimi najdišči te starosti zares izstopajoč delež prašičjih ostankov ugotovljen skoraj samo pri objektih višjega statusa? Natančneje povedano: pri posvetnih objektih višjega statusa (tj. gradovi, dvori; Toškan 2013, 82–83), saj je tedanja cerkev uživanje rdečega mesa strogo omejevala (Porenta s sod. 2015, 362–364 in tam navedena literatura). Ugotovitev je v pomembni meri povezana z dejstvom, da je bil v srednjem veku do upravljanja z gozdovi pač upravičen le višji sloj. In ker je reja večjega števila prašičev v tistem času še vedno temeljila na prosti paši, je bil

NAJDIŠČE	VRSTA NAJDIŠČA	OBDOBJE	OPOMBE
Veurne	grad	10.–11. stoletje	vodilna vrsta: ovca (56 % NISP) okolje: slani travniki, mokrišča
Ename	grad	11. stoletje	vodilna vrsta: prašič (58 % NISP) okolje: gozd
Londerzeel	grad	13.–14. stoletje	vodilna vrsta: prašič (63 % NISP) okolje: odprta krajina, gozd
Raversijde	ribiška vas	15. stoletje	vodilna vrsta: ovca (52 % NISP) okolje: vlažni travniki, obalne sipine

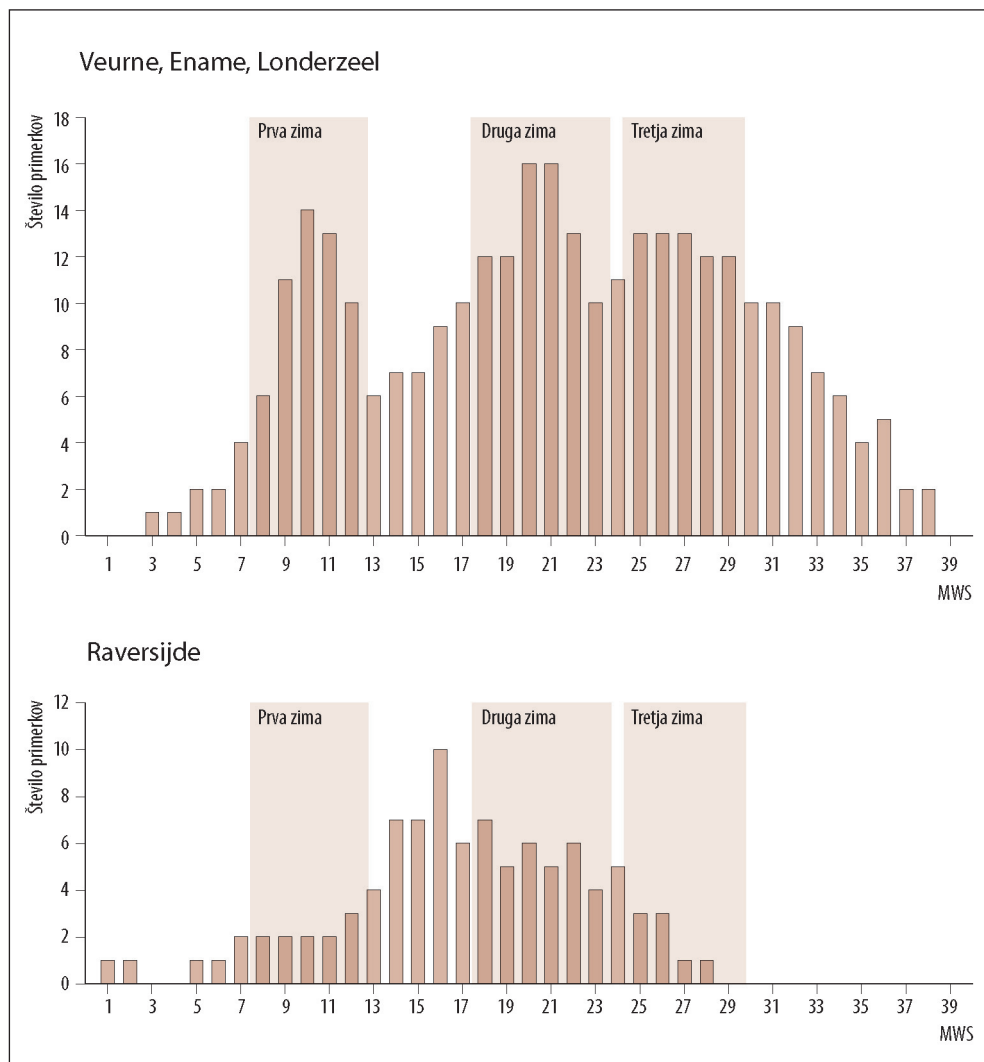
Sl. 119: Predstavitev najdišč, ki so obravnavana v besedilu. V opombah so navedeni podatki o najbolj zastopani živalski vrsti znotraj posameznega izmed analiziranih gradiv in naštetih prevladujoči **habitatni tipi** na posameznem območju v proučevanem obdobju. Obrazložitev kratice: NISP – število določenih ostankov (glej I. del/3.6.1).

za njeno uresničitev prost dostop do dovolj obsežnih gozdnih sestojev pravzaprav nujen (Ervynck 2004, 217).

Po razpoložljivih arheozooloških podatkih je mogoče sklepati, da je začela priljubljeno svinjine postopoma upadati šele na prehodu iz 15. v 16. stoletje (Audoin-Rouzeau 1995, 288–291). Prav v tistem času pa naj bi se v nekaterih delih Evrope kot alternativa prosti paši v gozdovih začela pojavljati reja v ogradah. K razumevanju omenjenega procesa, ki je seveda imel pomembne družbene implikacije, lahko pomembno prispeva tudi arheozoologija. Poglejmo si, kako je to uspelo Ervyncku s sodelavci (2007), ki so pod drobnogled vzeli srednjeveške prašičje ostanke s štirih najdišč s Flamskega: treh gradov (*Veurne*, *Ename*, *Londerzeel*) in ribiške vasice *Raversijde* (sl. 119).

Cilj raziskave je bil odkriti morebitne razlike pri reji tamkajšnjih prašičev, kar je od avtorjev zahtevalo kompleksen pristop z uporabo več različnih metodoloških prijemov (analiza vrstne sestave, starostne strukture, dimenzijskih podatkov, izotopov in patologij). Starost posameznih živali ob zakolu/poginu so ugotavljali na podlagi vzorca izraščenih zob in stopnje obrabe žvekalne površine spodnjih kočnikov (glej uokvirjeno besedilo na str. 113). Da bi bili rezultati kar najbolj točni in verodostojni, so v analizo obrabe žvekalne površine vključili le čeljustnice z vraščenimi vsemi tremi kočniki (skupaj čez 80) in ne tudi posameznih izoliranih zob. Z analizo slednjih je namreč praviloma mogoče pridobiti le dokaj ohlapne ocene starosti, kar za tovrstne raziskave seveda ni dobro. Tako lahko, denimo, še povsem neobravljen tretji spodnji kočnik najdemo že pri komaj slabi dve leti starih živalih, pa tudi še pri tistih leto dni starejših. S hkratnim upoštevanjem obrabe še drugih dveh kočnikov istega zobnega niza pa je mogoče to dobro leto dni široko "okno" učinkovito zožiti na zgolj nekaj mesecev (Grant 1982, tab. 4).

Rezultati analize so prikazani na sliki 120. Videti je, da je bila politika grajskih rejcev v vseh treh primerih usmerjena v zimski zakol, s tem da so nekateri prednostno klali nekoliko mlajše, drugi pa nekoliko starejše živali (Ervynck s sod. 2007, sl. 9.4). V nasprotju s tem starostna struktura prašičev iz ribiške vasice *Raversijde* ne kaže nikakršnih očitnejših "zimskih" vrhov, temveč zgolj eno samo sorazmerno razpotegnjeno "planoto". Po mnenju avtorjev



Sl. 120: Starostna struktura prašičev z najdišč *Veurne, Ename* in *Londerzeel* (vse gradovi; zgoraj) in iz ribiške vasi *Raversijde* (spodaj), kot je bila ocenjena na podlagi podatkov o stopnji obrabe žvekalne površine spodnjih kočnikov. Obrazložitev kratice: MWS – stopnja obrabe spodnječeljustničnih kočnikov (angl. “Mandibular Wear Stage”; Grant 1982). Po predlogi: Ervynck s sod. 2007, sl. 9.4.

raziskave bi takšna slika lahko odsevala širitev sezone zakola z zgolj poznojesenskih/zimskih mesecev na poletni čas (Ervynck s sod. 2007, 181), kar bržčas pomeni, da se je še pred tem zgodilo tudi podaljšanje razmnoževalnega (in torej kotitvenega) obdobja. Slednje pa bi lahko sprožila prav povečana prehranska odvisnost prašičev od človekovega krmljenja kot posledica uvajanja (pol)zaprte reje. V tem primeru bi bila namreč hrana skozi leto količinsko enako-

NAJDIŠČE	DOLŽINA $M_2$ (mm)		ŠIRINA $M_2$ (mm)	
	POVPREČJE	RAZPON	POVPREČJE	RAZPON
Veurne	20,0	18,8–21,4	12,9	11,7–13,8
Ename	20,0	18,7–21,4	12,9	11,9–14,0
Londerzeel	20,1	18,8–21,3	12,9	12,1–13,6
Raversijde	21,3	20,0–22,4	13,6	12,8–14,3

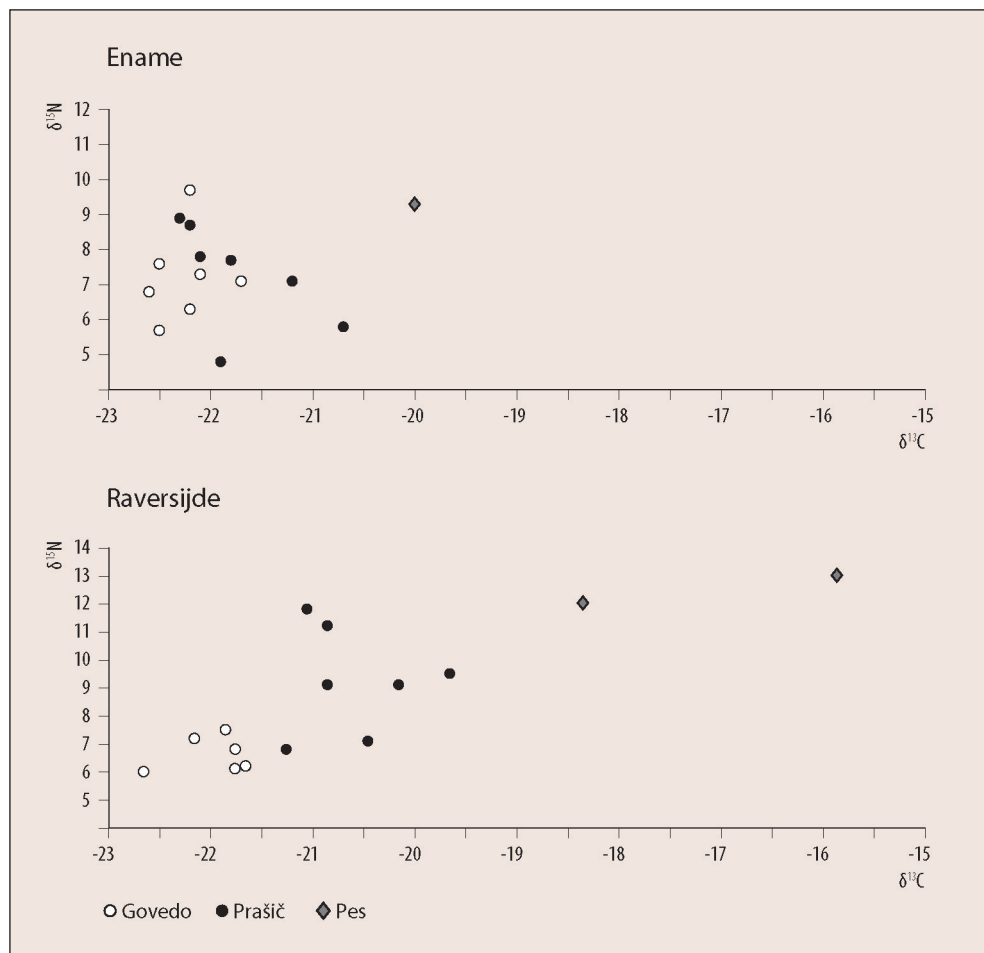
Sl. 121: Opisna statistika (tj. povprečje in razpon vrednosti) za dolžino in širino prašičjih drugih spodnjih meljakov ( $M_2$ ) s štirih srednjeveških najdišč s Flamskega, obravnavanih v besedilu. Po predlogi: Ervynck s sod. 2007, sl. 9.8.

merneje razporejena kot v naravi, zato osredičenje obdobja kotitve na začetek prehransko najugodnejšega dela leta za obstoj vrste (populacije) ne bi bilo več ključno.

Na svojstvenost prašičereje v okviru ribiške vasi *Raversijde* so pokazali tudi rezultati analize velikosti posameznih skeletnih elementov. Upoštewane so bile mere spodnjih kočnikov in nekaterih kosti okončin, tako ene kot druge pa so postregle z na las podobnimi rezultati. Prašiči iz omenjene ribiške vasi so bili namreč bistveno čokatejši in značilno višje rasti kot tisti, ki so jih redili grajski rejci (sl. 121; Ervynck s sod. 2007, sl. 9.9). Treba je sicer poudariti, da je bilo nekaj posameznih ostankov večjih živali najdenih tudi pri gradovih. Vendar pa naj bi po mnenju avtorjev raziskave ti bržčas pripadali bodisi divjemu prašiču – zanj so bili mešani gozdovi v okolici pravzaprav idealen življenjski prostor – bodisi križancu med obema vrstama. Znano namreč je, da takšni križanci na območjih proste paše domačih prašičev niso nikakršna redkost (Kryštufek 1991, 238).

Pri interpretaciji dimenzijskih podatkov za najdbe z ribiške vasi *Raversijde* podobnih argumentov ni mogoče uporabiti. V zaledju omenjenega naselja namreč večjih gozdnih sestojev v proučevanem obdobju domnevno ni bilo (sl. 119), zato divji prašič tam bržčas sploh ni bil prisoten. Še več: zaradi prašičereji nenaklonjenih naravnih ekoloških razmer je bilo v vasi sorazmerno malo tudi domačega prašiča (njegov delež v arheozoološkem vzorcu ni presegal 25 %), tako da je kot vodilna živinorejska panoga izstopala ovčereja (sl. 119). Kot najverjetnejši razlog za nadpovprečno velikost tamkajšnjih maloštevilnih prašičev tako Ervynck in sodelavci navajajo prav svojstven način reje.

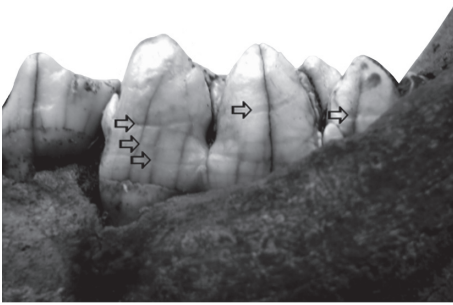
Zelo pomemben, morda kar ključen segment povzetega članka je oris rezultatov analize **stabilnih izotopov**. Njihova uporaba v arheozoologiji za osvetljevanje prehranskih navad posameznih živali je bila nekoliko podrobneje orisana že v okviru predstavljene študije o udomačevanju konj (glej II. del/3.4). Tam so podane tudi nekatere osnovne značilnosti tovrstnih biokemičnih raziskav. Ervynck in sodelavci (2007, 178) so se osredotočili na ugotavljanje razmerja med stabilnima izotopoma ogljika ( $^{13}\text{C}$  in  $^{12}\text{C}$ ) in dušika ( $^{15}\text{N}$  in  $^{14}\text{N}$ ) v kostnih **kolagenskih vlaknih**. Vrednosti, pridobljene ob analizi prašičjih ostankov,



Sl. 122: Vrednosti stabilnih izotopov  $^{13}\text{C}$  in  $^{15}\text{N}$ , ugotovljene ob analizi kostnega kolagena prašičev, goveda in psov z najdišč *Ename* (grad; zgoraj) in *Raversijde* (ribiška vasica; spodaj). Po predlogi: Eryvnck s sod. 2007, sl. 9.6; tam so prikazani tudi rezultati za *Veurne* in *Londerzeel*.

so bile v nadaljevanju primerjane z rezultati analize govejih in pasjih kosti z istih lokalitet. Izkazalo se je, da je izotopska slika večine prašičjih vzorcev s treh grajskih najdišč bolj ali manj skladna s sliko goveda kot tipičnega rastlinojeda. Drugače je s prašičjimi vzorci iz ribiške vasice, ki so na vmesni legi med govedom in mesojedim/vsejedim psom (sl. 122). To na eni strani pomeni, da je bila prehrana prašičev z gradov v povprečju večinoma rastlinska, kar je za prosto rejene živali tudi pričakovati. Na drugi strani pa izrazit odklon izotopskih vrednosti prašičev iz ribiške vasice v smeri pasjih vzorcev dokazuje povsem drugačno prehransko strukturo teh živali, v kateri je morala biti živalska (ribja) komponenta ne le zelo pomembna, ampak pogosto kar ključna. Ob odsotnosti lokalnih sestojev





Sl. 123: Vodoravna skleninska hipoplazija pri tretjem spodnjem kočniku domačega prašiča. Po predlogi: Magnell in Carter 2007, sl. 1.

plodonosnih listavcev so tamkajšnji rejci očitno izkoristili prehransko prilagodljivost prašiča (Clutton-Brock 1999, 94) in te živali v pomembni meri krmili z odpadkom svoje primarne gospodarske dejavnosti – ribolova.

V sklepnem delu svoje študije Ervynck in sodelavci (2007, 190–192) predstavijo rezultate analize prašičjih kočnikov z vidika pojavljanja t. i. vodoravne skleninske **hipoplazije**. Gre za patološki pojav v obliki vodoravne zajede na sklenini, ki lahko nastane zaradi okužbe, neustrezne količine in/ali kakovosti hrane, poškodbe, dednih napak idr. (sl. 123). Analiza pogostnosti pojavljanja omenjenih zajed na sklenini posameznih kočnikov naj bi torej omogočila osvetlitev življenjskih razmer tedanjih prašičev. Dejavniki, kot so povečana **populacijska gostota**, podhranjenost, slabša kakovost hrane ali, denimo, bolezni, so namreč kot **fiziološki stresorji** često spodbudili tudi pogostejše nastajanje hipoplazije. Pri tem je treba poudariti, da se omenjena patologija (lahko) razvije že v zgodnjih življenjskih obdobjih, kar je v luči sorazmerno nizke starosti prašiča ob zakolu (sl. 120) seveda ključnega pomena.

Primerjava rezultatov med najdišči je kot najbolj svojstveno tudi tokrat izpostavila gradivo iz ribiške vasice. Ne samo, da je bil delež zob s hipoplazijo tam med najvišjimi, kar priča o pogostejši in izrazitejši izpostavljenosti prehranskim stresom. Prav tako pomembna je tudi ugotovitev, da so se v gradivu z omenjenega najdišča zajed pojavljale predvsem na prvih kočnikih, česar drugod ni bilo zaznati. Po drugi strani je bilo zajed na drugih in tretjih kočnikih med najdbami iz ribiške vasice precej manj kot pri primerkih z gradov (Ervynck s sod. 2007, sl. 9.11).

Gledano v celoti je torej za ribiško vasico *Raversijde* dejansko mogoče utemeljeno domnevati opustitev proste paše prašičev. Živali so bile namreč tu značilno čokatejše, pogostnost pojavljanja patoloških pojavov večja, obdobje zakola pa širše zamejeno kot pri grajskih najdiščih. Predvsem pa so se tamkajšnji prašiči v bistveno večji meri prehranjevali z beljakovinami živalskega izvora, do katerih pri prosti paši v tako pomembni meri pravzaprav niti ne bi imeli dostopa.



# 5 Paleookolje

## 5.1 Poznoglacialna in holocenska vegetacija na Ljubljanskem barju ter vpliv koliščarjev na nekdanje okolje

Palinologi proučujemo dolgoročne spremembe rastlinstva, na katere vplivajo podnebje (npr. II. del/6.1), ekološki procesi (npr. fizično in kemično okolje in konkurenčni odnosi med rastlinami, Glenn-Lewin s sod. [ur.] 1992) in človek (npr. II. del/4.1). V nekaterih pokrajinah in časovnih obdobjih je bil pomembnejši vpliv podnebja, drugje človeka, pogosto pa so vzroki za spremembe nekdanjega okolja med seboj zelo prepleteni in se spreminjajo skozi čas.

Ljubljansko barje je primer takšne kompleksne kulturne krajine, kjer je potekalo več paleoekoloških procesov hkrati. V času koliščarskih naselbin pred pribl. 6500–3000 leti (5.–3. tisočletje pr. n. št.), ko je človek s sekanjem gozda, poljedelstvom in živinorejo (glej



Sl. 124: Zemljevid Ljubljanskega barja, lega vrtine “Na mahu” in arheoloških najdišč, ki se omenjajo v besedilu.

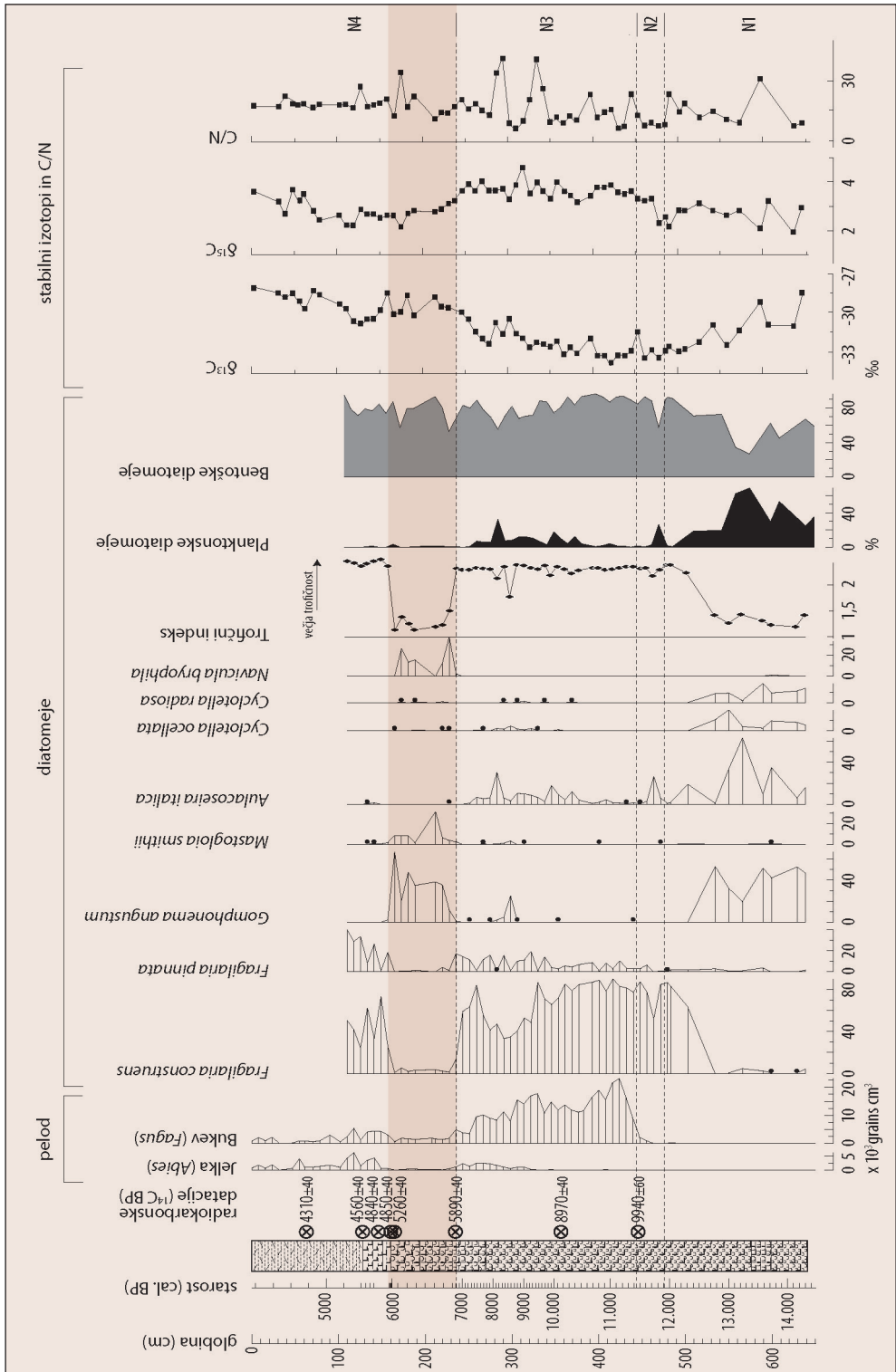
II. del/4.2 in 5.3) že preoblikoval svoje okolje, so na vegetacijo hkrati močno vplivale tudi **hidrološke** razmere in podnebje. V nadaljevanju predstavljamo primer **multidisciplinarne** raziskave palinološke vrtine (Andrič s sod. 2008), ki je bila zvrtna na lokaciji “Na mahu” na vzhodnem delu Ljubljanskega barja (sl. 124). Raziskava je vključevala analizo peloda, mikroskopskega oglja, diatomej, stabilnih izotopov in geokemično analizo sedimenta. Pelod in koncentracija mikroskopskega oglja nam ponujata informacije o nekdanji vegetaciji, požarnih režimih in človekovem vplivu na okolje (Bennett in Willis 2001), medtem ko so **diatomeje** dober indikator nekdanjih hidroloških razmer, npr. globine vode in količine hranilnih snovi (Stoermer in Smol [ur.] 1999). Deleži ogljikovih in dušikovih stabilnih izotopov in kemična sestava sedimenta nam povedo, kako je potekalo geokemično kroženje snovi v bazenu, katere snovi so avtohtone (= so nastajale v bazenu), katere pa alohtone (= izvirajo iz obrobja zaradi erozije in dotoka kopenskih snovi, Meyers 1997). Rezultati raziskave so prikazani na dveh diagramih (sl. 125 in 126), prvi prikazuje rezultate analize diatomej in stabilnih izotopov, drugi pa peloda.

Zadnja **ledena doba** se je končala s poznim glacialom pred približno 15.000–11.700 leti, ko je bilo Ljubljansko barje verjetno prekrito z jezerom (Verbič 2006; Andrič s sod. 2008). Visok odstotek **planktonskih diatomej** (npr. *Aulacoseria italica* in *Cyclotella ocellata*) na diagramu (sl. 125) nakazuje, da je bilo pozno-glacialno jezero razmeroma globoko in **oligotrofno** (revno s hranilnimi snovmi). Visoke vrednosti  $\delta^{13}\text{C}$  v sedimentu so verjetno posledica dotoka kopenskih snovi, kar lahko povežemo s procesi erozije v času hladnejše in manj poraščene pozno-glacialne pokrajine (sl. 126), ko je jezero obdajal odprt gozd, v katerem sta prevladovala bor (*Pinus*) in breza (*Betula*).

Na prehodu poznega glaciala v holocen pred približno 11.700 leti je podnebje postalo toplejše in domnevno tudi nekoliko vlažnejše (Alley s sod. 1993; Meese s sod. 1994), zato so se zgodile večje spremembe vegetacije. Borovo-brezovi gozdovi so se umaknili mešanemu listnatemu gozdu, v katerem so uspevali hrast (*Quercus*), smreka (*Picea*), brest (*Ulmus*), lipa (*Tilia*), jesen (*Fraxinus*) in leska (*Corylus*). Takratno podnebje je bilo verjetno še vedno malo bolj suho kot današnje (Kutzbach in Guetter 1986; COHMAP Members 1988). Gozdni požari so bili pogostejši, kar nakazuje tudi povečana koncentracija mikroskopskega oglja (sl. 126). Zaradi toplejšega podnebja in intenzivnejše **bio-produkcije** (nizke vrednosti  $\delta^{15}\text{N}$ ) je jezero postalo plitvejše (manj planktonskih in več **bentoških** diatomej, npr. porast diatomeje *Fragilaria pinnata*) in **mezotrofno-evtrofno**. Razširili so se gosti bukovi (*Fagus*) gozdovi, pokrajina pa se je stabilizirala. Pred 9200 leti je, hkrati s porastom **alohtonih** snovi in planktonskih diatomej, ki nakazujejo dvig jezerske gladine, začel naraščati tudi odstotek peloda jelke (*Abies*), ki za svojo rast potrebuje vlažno podnebje (Ellenberg 1988). Do podobne razširitve jelke, ki jo lahko povežemo z vlažnejšim in hladnejšim podnebjem (O'Brien s sod. 1995; Haas s sod. 1998a; Mayewski s sod. 2004), je prišlo tudi drugje na južnem obrobju Alp (Tinner s sod. 1999; Gobet s sod. 2000; Tinner in Lotter 2006). Bukovo-jelovi gozdovi so v okolici Ljubljanskega barja največjo razširjenost dosegli pred približno 7100 leti.

→

Sl. 125: Vrtina “Na mahu”. Diatomeje in stabilni izotopi. Raster označuje obdobje, ko je pelodna koncentracija bukve in jelke upadla, hidrološke razmere pa so postale oligotrofne. Po predlogi: Andrič s sod. 2008, sl. 3.

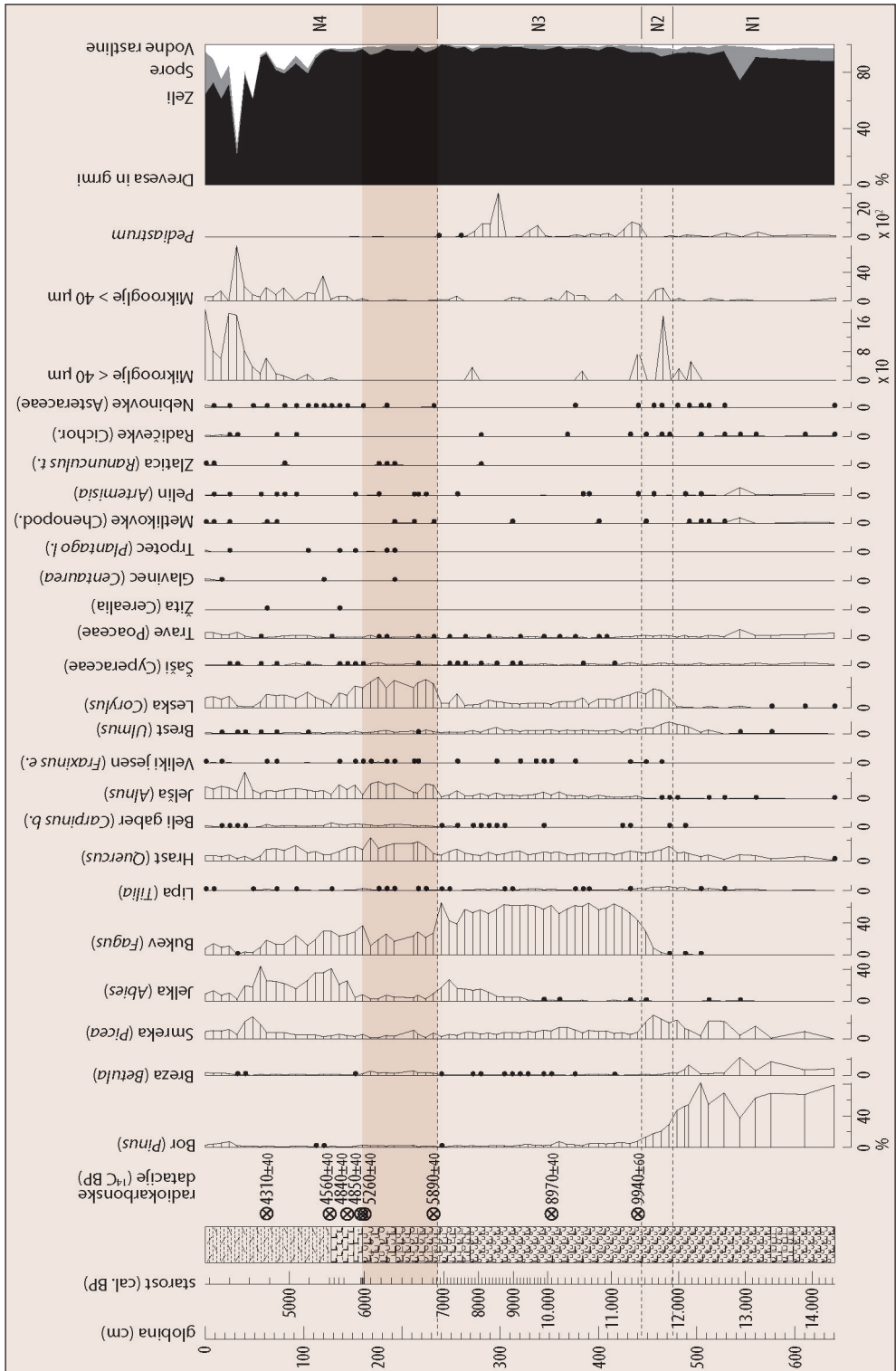


Naslednja večja sprememba vegetacije in hidroloških razmer na Ljubljanskem barju se je zgodila pred pribl. 6750 leti. Na pelodnem diagramu (sl. 126) jasno vidimo upad bukve in jelke (raster na 160–240 cm, 6750–6000 cal. BP), nekoliko pa narastejo pelodi hrasta, leske in jelše (*Alnus*). To obdobje je trajalo približno 750 let in sovпада s spremembo hidroloških razmer v bazenu (siv raster na slikah 125 in 126). Diatomeje kažejo povrnitev oligotrofnih razmer (naraste delež vrste *Gomphonema angustum*), pojavljajo se vrste, ki lahko uspevajo v tekoči ali stoječi vodi (npr. *Cymbella affinis* in *C. silesiaca*), bolj slanih razmerah (npr. *Mastogloia smithii*, ki verjetno nakazuje tudi nastajanje barja) ter močvirjih in šotiščih (npr. *Navicula bryophila*). Po diatomejah sklepamo, da je jezero kljub povečanemu dotoku kopenskih snovi, ki se kaže v razmerju ogljikovih izotopov ( $\delta^{13}\text{C}$ ), postalo oligotrofno in plitvo (Kroflič 2007). Opisano spremembo vegetacije in hidrologije na Ljubljanskem barju je težko razložiti. Domnevamo, da je zaradi sušnejših razmer v 7. tisočletju pred sedanostjo (npr. Haas s sod. 1998a; Seppä in Birks 2001), ko se je gladina znižala tudi v nekaterih drugih jezerih (Haas s sod. 1998a; Kalis s sod. 2003; Balbo s sod. 2006), višina vode na Ljubljanskem barju verjetno upadla. Znižanje jezerske gladine in pojav oligotrofnih (in ne, kot bi pričakovali, **evtrofnih**) razmer razlagamo s tem, da je zaradi znižanja vodne gladine v bazenu naša vrtina verjetno ležala v bližini izliva reke v jezero, oligotrofnost pa je posledica večje pretočnosti vode na mestu vzorčenja. Takšna razlaga nekdanjih hidroloških razmer se ujema tudi s pelodnim diagramom. Pri sušnejšem podnebnju in znižanju vodne gladine bi hrast, leska in jelša porasli na novo izsušene, ampak še vedno vlažne površine, medtem ko bi suša prizadela bukev in jelko (sl. 126). **Lidarski posnetki** Ljubljanskega barja kažejo, da so v preteklosti reke le nekaj kilometrov južno od vrtine “*Na mahu*” pomembno preoblikovale površje Ljubljanskega barja (Budja in Mlekuž 2008). To pa je le prvi korak na poti k boljšemu razumevanju nekdanjih okoljskih razmer. Da bi lahko bolje razumeli, v kakšnih hidroloških razmerah se je odlagal sediment v neposredni okolici vrtine “*Na mahu*” in na drugih delih Ljubljanskega barja, v prihodnosti poleg lidarskih posnetkov potrebujemo zelo podrobne multidisciplinarne raziskave z natančnim kronološkim nadzorom.

Kljub podatkom, ki govorijo v prid podnebni razlagi razvoja vegetacije, pa vpliva človeka na sestavo gozda ne moremo v celoti izključiti. Čeprav je bilo območje Ljubljanskega barja poseljeno že v mezolitiku (Frelj 1986; Mlekuž s sod. 2006), vplivi človeka na rastlinstvo postanejo vidnejši šele z začetkom kmetovanja v neolitiku/eneolitiku. V 7. tisočletju pred sedanostjo so bile na Ljubljanskem barju že prisotne prve koliščarske naselbine (*Resnikov prekop*, pribl. 6500 let pred sedanostjo, Velušček 2006), vendar so zaradi tafonomskih razlogov (glej II. del/1.1) podatki o njihovem domnevno večinoma poljedelško-živinorejskem gospodarstvu skopi. Več podatkov imamo za boljše ohranjena in raziskana arheološka najdišča 6. tisočletja pred sedanostjo. Eneolitski prebivalci Ljubljanskega barja so se ukvarjali s poljedelstvom (glej Tolar s sod. 2011) in živinorejo (glej Toškan in Dirjec 2006a), za kar so potrebovali odprte površine. Sekanje in požiganje gozda za potrebe poljedelstva, gradnjo bivališč in kurjavo je vplivalo na sestavo vegetacije. Pojavila so se

→

Sl. 126: Vrtina “*Na mahu*”. Pelodni diagram za izbrane taksone. Raster označuje obdobje, ko je odstotek bukve in jelke upadel, hidrološke razmere pa so postale oligotrofne. Po predlogi: Andrič s sod. 2008, slika 4.



tudi pelodna zrna pašnih indikatorjev (ozkolistni trpotec, *Plantago lanceolata*), plevelov in travniških rastlin (npr. glavinec, *Centaurea*) ter žit (*Cerealia*), koncentracija mikroogljja na pelodnih diagramih pa je začela naraščati.

Pred približno 6000 leti se je "Na mahu" začel odlagati z organskimi snovmi bogat sediment, hidrološke razmere pa so postale evtrofne. V sredini 6. tisočletja pred sedanostjo sta se spet močno razširili bukev in jelka, kar spet lahko povežemo s hladnim in vlažnim podnebjem (Denton in Karlén 1973; O'Brien s sod. 1995; Seppä in Birks 2001; Magny 2004; Mayewski s sod. 2004).

Kljub razširitvi bukovo-jelovih gozdov pa se je človekov vpliv na okolje v šestem tisočletju pred sedanostjo (= četrto tisočletje pr. n. št.) okreplil. Dosedanje palinološke raziskave so pokazale, da je bil vpliv eneolitskih kmetovalcev na okolje izrazit: sekali so gozd, da bi odprli pokrajino za potrebe poljedelstva in živinoreje (npr. Šercelj 1966; Culiberg in Šercelj 1978; Šercelj 1996 in tam navedena literatura; Jeraj 2002; Jeraj s sod. 2009; Tolar s sod. 2011; Andrič [v pripravi]). Zaradi izsekavanja manjših površin gozda se je sestava pretežno bukovo-jelovih sestojev spreminjala v prid vrstam, kot so leska, hrast in navadni gaber, ki za uspevanje potrebujejo več svetlobe in so manj občutljive na gozdno pašo (Šercelj 1988; 1996; Gardner 1999b). Koliščarskih nasebin je bilo veliko in niso bile vse poseljene v istem obdobju. Dendrokronološke raziskave so pokazale, da je bila večina koliščarskih nasebin verjetno poseljenih le kratek čas (nekaj desetletij, Čufar s sod. 2010). Vpliv koliščarjev na vegetacijo je viden na pelodnih diagramih z arheoloških najdišč (*Maharski prekop*, *Stare gmajne*, *Blatna Brezovica*). Odkrit je bil pelod in semena kulturnih in ruderalnih rastlin ter njivskih plevelov (glej II. del/4.2; Šercelj 1975; Tolar s sod. 2011; Andrič [v pripravi]). V kulturnih plasteh arheoloških nasebin opazimo tudi upad peloda dreves, še zlasti bukve in jelke, pogosto pa tudi hrasta, ki so ga (poleg jesena, ki je nekoliko manj viden/zastopan na pelodnih diagramih) uporabljali za gradnjo kolišč (Culiberg in Šercelj 1991; Čufar s sod. 2010). Velika količina peloda leske nakazuje bolj odprto pokrajino, morda pa so leskove veje uporabljali tudi za krmo domačih živali (Andrič [v pripravi]).

Pred 5200 leti je "Na mahu" začela rasti šota, ki pa so jo ob izsuševanju in kolonizaciji Ljubljanskega barja v 18. in 19. stoletju našega štetja porezali in požgali (Melik 1927) in s tem uničili zapis o razvoju okolja v zadnjih nekaj tisočletjih. Podatkov o spremembah okolja "Na mahu" v zadnjih 4500 letih zato žal nimamo, mlajši paleoekološki zapis je v celoti ohranjen le še na redkih lokacijah: v *Podpeškem jezeru* (Gardner 1999b) in na mokrišču *Mali plac* (Šercelj 1971; Andrič, neobjavljeno).

Dosedanje paleoekološke raziskave na Ljubljanskem barju kažejo, da so bile spremembe okolja v zadnjih 15.000 letih zelo dinamične (npr. Šercelj 1965; Andrič s sod. 2008) in da je v tej zelo kompleksni in stari antropogeni krajini potekalo več ekoloških procesov hkrati. Osnovni proces je zasipanje bazena, vendar pa ne gre samo za preprosto, enakomerno **hidrološko sukcesijo** zaraščajočega se jezera (Andrič 2009). Pomembno vlogo pri uravnavanju ekoloških razmer v pokrajini sta imela tudi podnebje in človek. Rezultati multidisciplinarnih paleoekoloških analiz vrtine "Na mahu" (Andrič s sod. 2008) kažejo, da je do sprememb vegetacije in hidrologije prihajalo sočasno, kar, poleg vpliva vegetacije na hidrologijo (in obratno), lahko razložimo s tem, da je na rastlinstvo ter količino in nihanje višine vode bistveno vplivalo tudi podnebje. Spremembe okolja zaradi podnebnih nihanj so v bazenih, kot je Ljubljansko barje (velik, hidrološko zapleten sistem s številnimi pritoki in odtokom vode), navadno slabše vidne, ker poleg podnebja na fosilni zapis

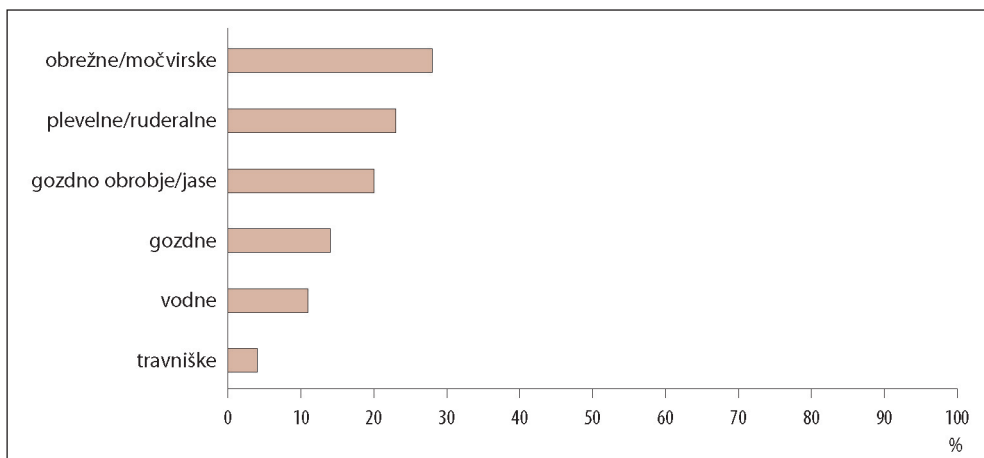


lahko vplivajo še drugi dejavniki. Naši rezultati so zato presenetljivi in vzpodbudni ter zahtevajo dodatne paleoekološke in paleoklimatološke raziskave. Kako pomemben je bil vpliv človeka na okolje? Na prvi pogled se zdi, da je bil vpliv človeka na Ljubljanskem barju manj izrazit kot v Beli krajini (II. del/4.1) in je manj preoblikoval pokrajino, vendar pa je v majhnih močvirjih Bele krajine lokalno izsekavanje gozda tudi bolj vidno kot na pelodnih diagramih z Ljubljanskega barja, kjer se manjše odprte površine pogosto "izgubijo" v širši sliki regionalne vegetacije (glej I. del/1.7).

## 5.2 Z vodo prepojeni arheobotanični makroostanki razkrivajo več

Rastlinski makroostanki z mokrotnih arheoloških najdišč so izjemnega pomena tudi pri ugotavljanju okoljskih značilnosti, natančneje naravne vegetacije v času in prostoru življenja naselbine. V mokrotnih arheoloških sedimentih se namreč, poleg ostankov gospodarsko pomembnih prehranskih rastlin, ohranijo tudi semena/plodovi drugih, divje rastočih vrst, ki so naravno uspevale v bližnji okolici raziskovane naselbine, in se kot takšni ohranijo "in situ". Na drugih, bolj suhih arheoloških najdiščih se tovrstni arheobotanični ostanki le redko ohranijo (glej I. del/2.3), zato so izjemnega pomena (I. del/2.5) in jih je treba posebej obravnavati.

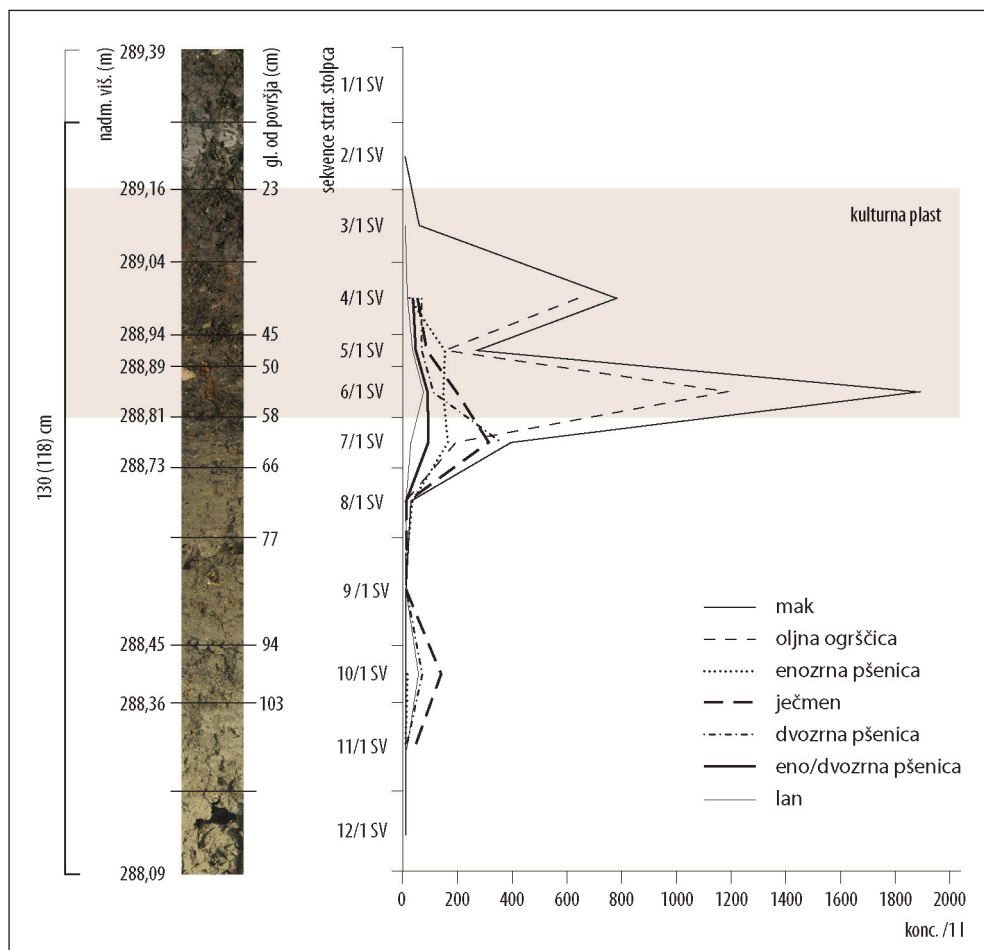
Na kolišču *Stare gmajne*, izkopavanja 2007 (sl. 127; Tolar s sod. 2011; 2012), smo 93 identificiranih rastlinskih taksonov, katerih ostanki so se ohranili v pribl. 35 cm debeli, površinski vzorčni kulturni plasti, razvrstili v 7 večjih ekoloških skupin (po Behre in Jacomet 1991): 1. gojene, 2. plevelne/ruderalne, 3. travniške, 4. rastline gozdnega obrobja in jas, 5. gozdne, 6. obrežne/močvirske in 7. vodne rastline ter tako, z izključitvijo gojenih in nabiranih (tj. v večini gozdnih in obgozdnih) rastlinskih taksonov (glej II. del/4.2), ugotovili vegetacijske razmere v neposredni in bližnji okolici bivališč (kolišč). Po pričakovanjih so prevladovali ostanki obrežnih in vodnih rastlin, sledijo plevelne/ruderalne



Sl. 127: Deleži 71 identificiranih divje rastočih rastlinskih taksonov s kolišča *Stare gmajne* glede na ekološke razmere, v katerih uspevajo.

rastlinske vrste, medtem ko je bilo travniških taksonov le za vzorec, kar kaže, da je bilo kolišče postavljeno v bližini (najverjetneje na obrežju) nekdanjega jezera. Travniških površin v okolici naselbine očitno ni bilo veliko. Podobno vegetacijsko sliko kažejo tudi arheobotanične raziskave s severnoalpskih kolišč (npr. Jacomet s sod. 1989, 245; Hosch in Jacomet 2004, 150; Haas in Magny 2004; Brombacher in Hadorn 2004; Kühn in Hadorn 2004; Haas 2004; Kohler-Schneider in Caneppele 2009; Jacomet 2014).

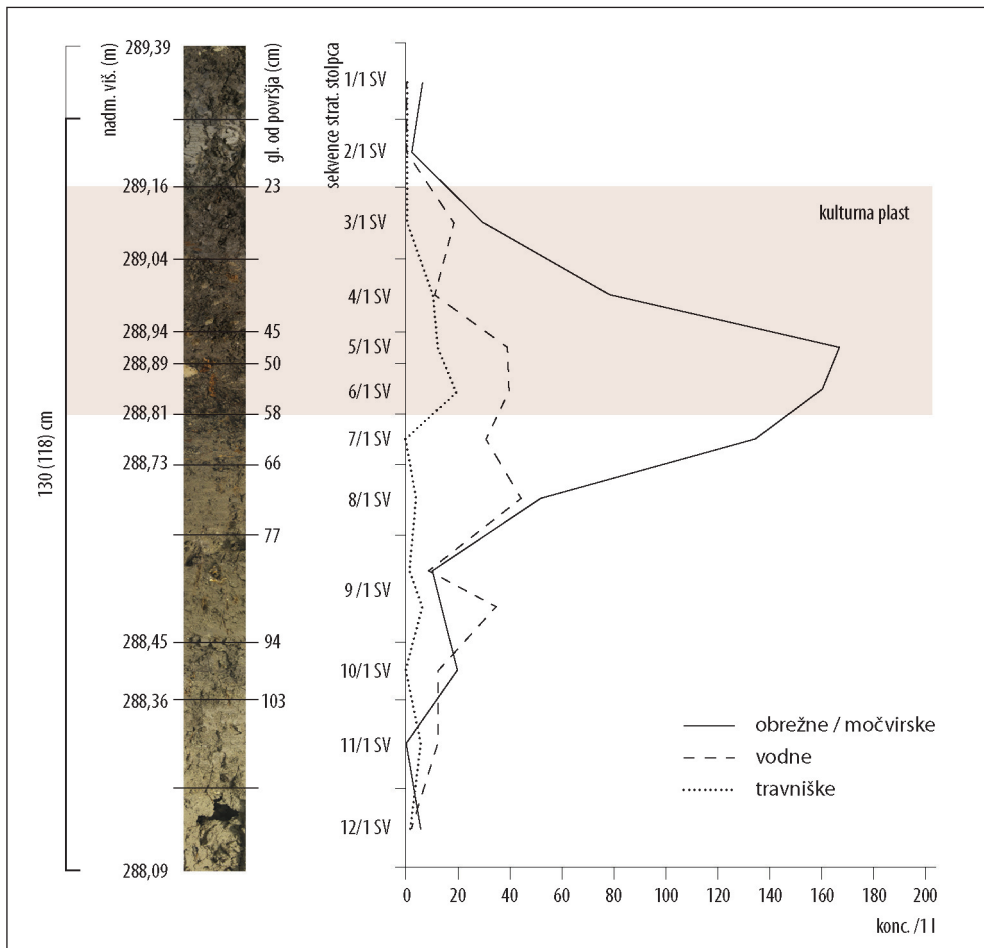
Na kolišču *Strojanova voda*, izkopavanja 2012 (Tolar in Andrič [v pripravi]), kjer je bil odvzet in arheobotanično analiziran 130 cm dolg stratigrafski stolpec sedimenta iz profila jarka (glej I. del/2.4.1 in II. del/1.2, sl. 85), je bilo mogoče ugotovljati tudi okoljske



Sl. 128: Vertikalna razporeditev rastlinskih makroostankov kulturnih rastlin (v koncentracijah rastlinskih makroostankov v 1 litru sedimenta) na najdišču *Strojanova voda*. Povzeto po: Tolar in Andrič [v pripravi].

razmere oz. spremembe v sestavi vegetacije v daljšem časovnem obdobju, torej ne samo med, temveč tudi pred poselitvijo tega območja in po njej.

Vertikalna razporeditev rastlinskih makroostankov prehranskih rastlin, tj. gojenih (ječmena [*Hordeum vulgare*], enozrnice [*Triticum monococcum*], dvozrnice [*Triticum dicoccum*], lanu [*Linum usitatissimum*], maka [*Papaver somniferum*], ogrščice [*Brassica rapa*]) in domnevno nabiranih divjih sadežev ter oreškov (Tolar in Andrič [v pripravi]), kaže dokaj enotno časovno razporeditev vseh prehransko pomembnih taksonov, ki ponastržajo viške poselitve na raziskovanem območju. Slika 128 kaže vertikalno razporeditev rastlinskih makroostankov gojenih rastlin, katerih koncentracije se začnejo na globini



Sl. 129: Vertikalna razporeditev makroostankov (v koncentracijah rastlinskih makroostankov v 1 litru sedimenta) prehransko nepomembnih, naravno rastočih rastlin (brez plevelno-ruderalnih), razporejenih v 3 ekološke skupine, v 130 cm dolgem stolpcu sedimenta iz profila *Strojanova voda* (1/1 SV [289,39 m nm]–12/1 SV [288,09 m nm]). Povzeto po: Tolar in Andrič [v pripravi].

23 do 45 cm od površja (tj. sek. 3–4/1SV) povečevati, nato na globini 45 do 50 cm (tj. sek. 5/1SV) upadejo in se na gl. 50 do 58 cm (tj. 6/1SV) zopet povečajo, kjer dosežejo tudi najvišjo vrednost. Nato zopet upadejo in se do globine 66 do 77 cm (tj. 8/1SV) zelo zmanjšajo, nekatere celo izničijo. Na globini 94 do 103 cm (tj. 10/1SV) je spet zaznati manjši sunek povečanih koncentracij makroostankov gojenih rastlin.

Podobno sliko vertikalne razporeditve kažejo makroostanki ostalih, negojenih (torej nabiranih) prehranskih taksonov, sadežev in oreškov ter tudi makroostanki plevelnih in ruderalnih taksonov, močno povezanih s človekovo aktivnostjo (npr. bela metlika [*Chenopodium album*], navadni kokalj [*Agrostemma githago*], bršljanovolistni jetičnik [*Veronica hederifolia*], slizek [*Silene* sp.], navadna zvezdica [*Stellaria media*], velika kopriva [*Urtica dioica*], navadni slakovec [*Polygonum convolvulus*], ptičja dresen [*Polygonum aviculare*], čišljak [*Stachys* sp.]) (Tolar in Andrič [v pripravi]). Po dosedanjih arheoloških in dendrokronoloških vedenjih naj bi človekova aktivnost na tem jugovzhodnem območju Ljubljanskega barja trajala nekje od pribl. 4600 (kolišče *Resnikov prekop*) do pribl. 2450 pr. n. št. (kolišče *Parte*), vendar ne neprenehoma, torej z vmesnimi prekinitvami poselitve (Velušček s sod. 2000; Velušček in Čufar 2002; Čufar in Korenčič 2006; Čufar s sod. 2013), kar očitno kažejo tudi arheobotanični rezultati. Sl. 128 namreč dokaj nazorno kaže več, vsaj dva do tri sunke, povečanih koncentracij makroostankov prehranskih rastlin v 68 cm profilnega stolpca (tj. od 288,36 do 289,04 m nm), kar dokazuje daljše človekovo delovanje z vmesnimi prekinitvami na širšem raziskovanem območju.

Eden izmed pomembnejših arheobotaničnih rezultatov, pridobljenih na obravnavanem najdišču, je tudi vertikalna razporeditev makroostankov drugih, neprehranskih in s človekovo aktivnostjo nepovezanih, tj. naravno rastočih, rastlinskih taksonov v 130 cm dolgi nepretrgani sedimentni **sekvenci** (sl. 129).

Sl. 129 prikazuje močno prevlado obrežnih in vodnih rastlin nad travniškimi. Koncentracije makroostankov obrežnih (močvirskih) rastlin in rastlin iz počasi tekočih ali stojčih voda so povišane ravno v plasteh, v katerih je bilo opaženo tudi povečano človekovo delovanje (tj. od 10/1SV do 4/1SV; glej tudi sl. 128). Jasno vidna je višja koncentracija makroostankov obrežnih rastlin, še zlasti v globini od 8/1SV do 4/1SV – torej ravno, po arheobotaničnih rezultatih, v najbolj aktivnem času življenja naselbine na najdišču *Strojanova voda*. Kaže, da je bila naselbina nedvomno (tako kot večina kolišč tedanje Evrope) postavljena na obrežju tedanjega jezera, ki je s časom usihalo in najverjetneje večkrat tudi poplavljal. Nizke koncentracije ostankov traviščnih rastlin tudi na tem najdišču pričajo o takratnih skromnih travniških površinah, ki so dandanes značilne za Barje in so rezultat paše ali košnje. Tudi ta podatek kaže, da so se domače živali koliščarjev najverjetneje pasle v zaledju jezera/močvirja, tj. na obrobem obgozdnem in gozdnem pobočju. Več o tem nam lahko povedo **koproliti**, ki jih je mogoče najti v koliščarskih plasteh (II. del/7.1).

### 5.3 Mali sesalci kot orodje za prepoznavanje paleoekoloških sprememb

Podnebne spremembe so stalnica v geološki zgodovini našega planeta. Nihanja so bila sicer v nekaterih obdobjih nenadnejša in izrazitejša, v drugih postopnejša in manj poudarjena (npr. Crowley 1983), so pa vseskozi ključno vplivala na rastlinstvo in živalstvo posameznih območij (npr. Parmesan in Yohe 2003; Kiehl in Shields 2005). To je z arheozoološkega vidika tudi najpomembnejše, saj postavlja živalske ostanke z arheoloških (in

paleontoloških) najdišč v vlogo enega verodostojnejših kazalnikov značilnosti nekdanjega okolja. Raziskovalci so se v tem smislu dolgo časa naslanjali predvsem na najdbe velikih sesalcev, saj so (bile) te znotraj posameznih vzorcev praviloma tudi najštevilnejše. Pri tem je tradicionalni pristop k pridobivanju vpogleda v lastnosti nekdanjih **biotopov** in **vegetacije** temeljil na preprosti preslikavi življenjskega okolja danes živečih predstavnikov posameznih živalskih vrst v preteklost. Vendar pa se je takšno sklepanje sčasoma izkazalo za strokovno sporno. Pomemben del velikih sesalcev se je namreč sposoben prilagoditi različnim okoljem in je zato utegnil v preteklosti naseljevati tudi drugačne habitate kot tiste, v katerih živi danes (glej npr. Musil 1985; Miracle in Sturdy 1991; Van Kolfschoten 1995). Dejstvo namreč je, da temperatura, vlažnost in drugi fizikalni pogoji neposredno določajo zgolj skrajne meje razširjenosti posameznih vrst, medtem ko je njihov vpliv na dejanski **areal** le posreden. Kaže se kot spreminjanje konkurenčnih sposobnosti posameznih vrst v primerjavi s tekmicami v (istem) okolju. Poglejmo si primer. Kuna zlatica (*Martes martes*) je v pretežnem delu Evrope danes vezana na gozdove, na zahodnem Irskem in na Balearih pa jo lahko najdemo tudi v grmičasti krajini. Zakaj le tam? Preprosto zato, ker drugod ta življenjski prostor zaseda v takšnem okolju očitno uspešnejša kuna belica (*Martes foina*), ki je v zahodnem delu Irske in na Balearih pač ni (Bright 1999). In arheozoološke implikacije? Če prisotnost kune belice vpliva na izbiro habitata kune zlatice danes, potem je tako seveda utegnilo biti tudi v preteklosti. Ostanke kune zlatice v evropskih ledenodobnih najdiščih tako ni mogoče razumeti kot prepričljivega dokaza za obstoj gozdov v tedanjem okolju (glej npr. Toškan in Dirjec 2011b, 173), saj je kuna belica v tem prostoru **holocenski prišlek** (Crégut-Bonnaure 1996).

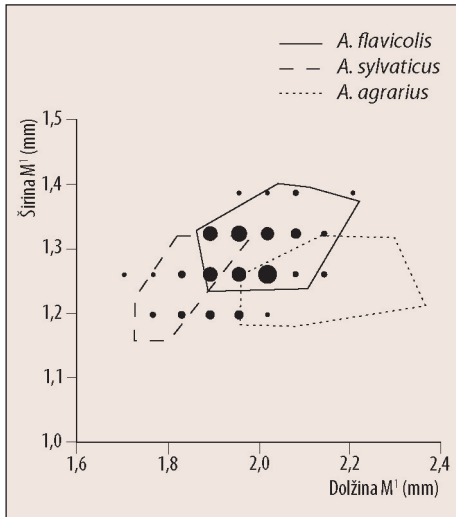
Zgoraj napisanemu navkljub je sicer treba poudariti, da so lahko včasih dober neposredni kazalnik nekdanjega okolja tudi veliki sesalci. Predvsem to velja za t. i. indikatorske vrste, kot sta polarna lisica (*Alopex lagopus*) za tundro ali alpski svizec (*Marmota marmota*) za odprte planinske travnike. Nekoliko bolj posredno lahko na podlagi prisotnosti ostankov velikih zveri sklepamo o bogati združbi pragoved (*Bos primigenius*), zobrov (*Bison bonasus*), losov (*Alces alces*), mamutov (*Mammuthus primigenius*) ali katerih drugih velikih rastlinojedov kot njihove hrane. Gledano v celoti pa je sicer vendarle treba poudariti, da so med sesalci za paleoekološke študije veliko primernejši t. i. mali sesalci (npr. glodavci, žužkojedi). Razlog tiči v njihovi omejeni mobilnosti in ožje opredeljenih ekoloških zahtevah (tj. manjši prilagodljivosti), zaradi česar so posamezne vrste tesneje vezane na točno določen tip habitata. Kot nazoren prikaz uporabnosti malih sesalcev za paleoekološke študije si v nadaljevanju oglejmo povzetek raziskave ostankov žužkojedov, netopirjev in glodavcev z več holocenskih najdišč Krasa (Toškan in Kryštufek 2004; Toškan 2009a).

Analizirano gradivo izvira s šestih različnih lokalitet, med katerimi po številu najdb močno izstopata *Viktorjev spodmol* pri Famljah in *Mala Triglavca* pri Divači (za njun opis glej II. del/1.4). Posledično se bomo v nadaljevanju večinoma osredotočili na podajanje rezultatov s teh dveh najdišč, saj so ti v splošnem povsem skladni z ugotovitvami z drugih analiziranih lokalitet (Toškan 2009a, 126). Zastopanost posameznih taksonov po časovnih obdobjih je prikazana na sliki 130, pri čemer je količina ostankov izražena kot najmanjše število osebkov (MNI; glej I. del/3.6.1; izjema je vzorec 4, kjer ta podatek v primarni objavi pač ni bil na voljo). Razlog za takšno odločitev je, da lahko nekatere žužkojede, predvsem pa glodavce prepoznamo po bistveno večjem številu različnih vrst zob kot druge (taksonomsko opredeljevanje malih sesalcev na podlagi kosti je zelo težavno in zato ni ustaljena praksa). Poglejmo si primer. Gozdno voluharico (*Myodes glareolus*),

TAKSON	Vzorec 1 MNI	Vzorec 2 MNI	Vzorec 3 MNI	Vzorec 4 NISP
Rdečezobe gozdne rovke ( <i>Sorex</i> )	11 (1,9 %)	3 (2,3 %)		1
Gozdna voluharica ( <i>Myodes glareolus</i> )	112 (19,3 %)	9 (6,8 %)	12 (3,5 %)	
Navadni krt ( <i>Talpa europaea</i> )	18 (3,1 %)	2 (1,5 %)	22 (6,3 %)	8
Snežna voluharica ( <i>Chionomys nivalis</i> )	12 (2,1 %)	1 (0,8 %)	6 (1,7 %)	3
Poljska/travniška voluharica ( <i>Microtus arvalis/agrestis</i> )	64 (11,0 %)	7 (5,3 %)	76 (21,9 %)	
Vrtna/ilirska voluharica ( <i>Microtus subterraneus/liechtensteini</i> )	59 (10,2 %)	13 (9,8 %)	11 (3,2 %)	1
Dinarska voluharica ( <i>Dinaromys bogdanovi</i> )	2 (0,3 %)	1 (0,8 %)		
Sivi hrček ( <i>Cricetulus migratorius</i> )	1 (0,2 %)	2 (1,5 %)		
Belonoge miši ( <i>Apodemus</i> )	213 (36,7 %)	67 (50,8 %)	101 (29,1 %)	53
Navadni polh ( <i>Glis glis</i> )	37 (6,4 %)	16 (12,1 %)	9 (2,6 %)	121
Drevesni polh ( <i>Dryomys nitedula</i> )	5 (0,9 %)			
Podlesek ( <i>Muscardinus avellanarius</i> )	21 (3,6 %)	1 (0,8 %)		4
Veverica ( <i>Sciurus vulgaris</i> )	1 (0,2 %)	4 (3,0 %)		
Druge vrste (Σ)	25 (4,3 %)	6 (4,6 %)	10 (2,9 %)	7

Sl. 130: Zastopanost pomembnejših taksonov malih sesalcev v gradivu s posameznih najdišč s Krasa. Količina ostankov je podana kot najmanjše število osebkov (MNI; vzorci 1–3) oziroma število določenih primerkov (NISP; vzorec 4); za predstavitev omenjenih kazalnikov glej I. del/3.6.1. Zaradi uporabe tako NISP kot MNI so deleži zastopanosti posameznih taksonov podani zgolj za vzorce 1 do 3. Predstavitev vzorcev: vzorec 1 – *Viktorjev spodmol*: starejši holocen; vzorec 2 – *Mala Triglavca*: starejši holocen; vzorec 3 – *Viktorjev spodmol*: srednji holocen; vzorec 4 – *Sokolak*: sodobni ostanki (Lipej, Gjerkeš 1996). Časovna opredelitev posameznih vzorcev temelji na rezultatih analize arheoloških najdb.

polha (*Glis glis*) ali veverico (*Sciurus vulgaris*) lahko preprosto prepoznamo po katerem koli izmed izoliranih zob z izjemo sekalcev, medtem ko je to pri, denimo, kratkouchih voluharicah (rod *Microtus*) mogoče storiti kvečjemu na podlagi prvega spodnjega kočnika. Tako tudi ni presenetljivo, da vsota gozdni voluharici pripisanih zob (tj. NISP; glej I. del/3.6.1) v gradivu iz *Viktorjevega spodmola* in *Male Triglavca* za štirikrat presega število vseh opredeljenih zob travniške/poljske voluharice (*Microtus agrestis/arvalis*), medtem

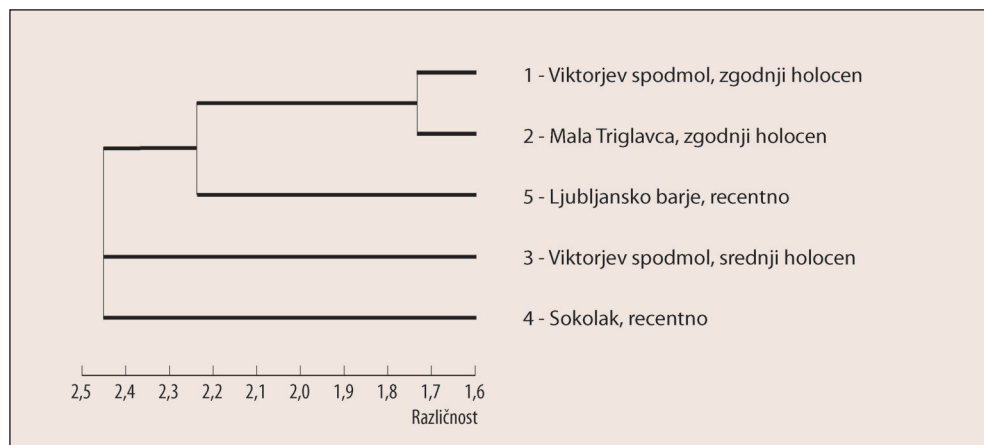


Sl. 131: Odnos med dolžino prvega zgornjega kočnika ( $M^1$ ) in njegovo širino pri belonogih miših iz *Male Triglavce* (pike; za Viktorjev spodmol glej Toškan in Kryštufek 2004, sl. 15.6). Poligoni obkrožajo vrednosti 35 sodobnih rumenogrlih miši (*Apodemus flavicollis*; sklenjena črta), 35 sodobnih navadnih belonogih miši (*Apodemus sylvaticus*; pretrgana črta) in 30 sodobnih dimastih miši (*Apodemus agrarius*; pikčasta črta) iz Slovenije. Velikost pik kaže število primerkov z dano izmerjeno dolžino oziroma širino prvega zgornjega kočnika v analiziranem gradivu.

ko je ob uporabi kazalca MNI razlika v deležu zastopanosti obeh taksonov zanemarljiva (sl. 130). Ob takšnih ugotovitvah ni seveda nikakršnega dvoma, da verodostojnejši vpogled v sestavo nekdanje združbe malih sesalcev ponuja prav MNI.

Poglejmo si sedaj rezultate. Arheozoološki podatki za starejšeholocensko gradivo iz Viktorjevega spodmola in *Male Triglavce* so pokazali, da je bil v prvih nekaj tisočletjih po koncu zadnje ledene dobe za Kras značilen mozaičen tip habitata z gozdovi, manjšimi travniki in kamenišči (sl. 130: vzorca 1 in 2). Da krajina ni bila enolična, dokazuje že velika vrstna pestrost obeh gradiv, ki vključujeta ostanke najmanj 27 oziroma 21 različnih vrst. Razumljivo namreč je, da pestrost razpoložljivih habitatov spodbuja tudi pestrost tam živečega živalstva. Še povednejši pa je seveda v tem smislu vpogled v deleže zastopanosti posameznih taksonov. Med boljše zastopane tako sodijo belonoge miši (rod *Apodemus*), polhi (*Glis glis*, *Muscardinus avellanarius*, *Dryomys nitedula*) in gozdna voluharica. V Viktorjevem spodmolu njihov skupni delež dosega 50 odstotkov vseh opredeljenih najdb, v *Mali Triglavci* pa to mejo celó bistveno presega. Ker so vse naštete vrste gozdne, lahko številčnost njihovih ostankov utemeljeno razumemo kot kazalnik razprostranjenosti gozdnih površin. Enako velja za posamezne najdbe rdečezobih gozdnih rovk (rod *Sorex*) in veverice. Pri tem pogostnost ostankov polha in rumenogrle miši (*Apodemus flavicollis*; sl. 131), ki sta prehransko vezana na plodonosne listavce, dokazuje skromno zastopanost iglavcev. O obstoju travnikov, ki pa so morali biti površinsko dokaj omejeni, pričajo posamezne najdbe travniške in poljske voluharice ter, denimo, navadne belonoge miši (*Apodemus sylvaticus*) in sivega hrčka (*Cricetulus migratorius*). Ostanke snežne voluharice (*Chionomys nivalis*) in dinarske voluharice (*Dinaromys bogdanovi*) dokazujejo obstoj kamenišč.

Vpogled v paleookolje drugega in prvega tisočletja pr. n. št. ponuja drugi, mlajši od obeh vzorcev iz Viktorjevega spodmola (sl. 130: vzorec 3). V primerjavi z gradivom iz starejših plasti je treba izpostaviti predvsem očitno manjši delež ostankov gozdnih vrst (tj. < 30 %), ki so tudi sicer manj številne. Med njimi tako ne najdemo več drevesnega polha (*Dryomys nitedula*), podleska (*Muscardinus avellanarius*), rdečezobih gozdnih rovk



Sl. 132: Drevo združevanja (= dendrogram), ki prikazuje stopnjo podobnosti med tremi prazgodovinskimi in dvema recentnima združbama malih sesalcev iz Slovenije. Osrednji dejavnik akumulacije ostankov so bile domnevno v vseh primerih sove. Podobnost med posameznimi vzorci je v obratnem sorazmerju z dolžino vodoravnih (tj. odebeljenih) črt po zadnjem skupnem razcepu. Predstavitev vzorcev: vzorci 1–4: glej podnapis k sliki 130; vzorec 5 – Ljubljansko barje (*Kozlarjeva gošča, Bevke, Sarsko*): sodobni ostanki (Kryštufek 1980).

in, denimo, nekaterih vrst “gozdnih” netopirjev (Toškan in Kryštufek 2004, tab. 15.10). Na drugi strani lahko opazimo povečanje deleža navadne belonoge miši (Toškan in Kryštufek 2004, 130) ter travniške in poljske voluharice (zgolj pri slednjih dveh za več kot trikrat). Ker so omenjene vrste vezane na odprte habitate, predstavljeni rezultati nedvoumno pričajo o širjenju travnatih površin (sl. 76). Pri tem kaže omeniti, da so s takšnimi ugotovitvami skladni tudi sicer skopi izsledki analize rastlinskih ostankov s proučevanega območja (npr. Turk s sod. 1992; 1993).

Sklepni del povzete paleoekološke študije je posvečen analizi vzorca malih sesalcev iz sodobnih **izbljuvkov** lesne sove (*Strix aluco*), ki so bili pobrani v *Sokolaku* pri Škocjanskih jamah (Toškan in Kryštufek 2004, 131–133; Toškan 2009a, 126–128). Zaradi uporabe drugačnega kazalnika količine najdb (tj. NISP; vrednosti MNI primarna objava gradiva žal ne vključuje) podatki o deležih zastopanosti tu niso navedeni, a nič zato. Poglavitna ugotovitev primerjave sodobnega gradiva (sl. 130: vzorec 4) s skupki najdb iz posameznih arheoloških obdobj (vzorci 1–3) je namreč ta, da se je trend siromašenja lokalne združbe malih sesalcev v zadnjih tisočletjih še stopnjeval. Ob nekaterih zelo prilagodljivih in torej splošno razširjenih vrstah malih sesalcev (npr. navadni polh, navadna belonoga miš) tako danes na Krasu najdemo zgolj samo še posamezne specialiste, ki se sušnemu okolju ogibajo z umikom pod zemljo oziroma med skalne razpoke (npr. ilirska voluharica [*Microtus liechtensteini*], navadni krt [*Talpa europaea*], snežna voluharica). Kako razložiti takšna opažanja? Bržčas predvsem s človekovim poseganjem v okolje. Tako kot še marsikod drugod po Sredozemlju (Kryštufek in Griffiths 1999), katerega ekonomija je po pojavu domačih živali temeljila predvsem na reji drobnice (Turk s sod. 1992; 1993, Toškan in Dirjec 2004a; Bonsall s sod. 2013), so namreč paša, krčenje grmičevja in namerni požigi



gozdov v kombinaciji s poletno sušo sprožili velike spremembe v vegetaciji in erozijo tal. Posledično se je tudi izjemno zmanjšala vrstna pestrost favne malih sesalcev. Na prehodu iz srednjega v mlajši holocen je bila prizadetost naravne gozdne vegetacije še zmerna in bržčas večinoma omejena na okolico dalj časa obstoječih naselij oziroma postojank, v zadnjih 3000 letih pa se je človekov poseg močno intenziviral. Po nekaterih ocenah naj bi obseg spremembe v sestavi favne malih sesalcev na Kraški planoti v zadnjih 3000 letih celó presegal tistega, ki so ga na tem območju povzročila velika podnebna nihanja ob koncu zadnje poledenitve in po njem (tj. glacial würm; Toškan in Kryštufek 2007, 206–207; Toškan 2009a, 127–128). Neposreden odsev takšnega dogajanja je med drugim dejstvo, da je sestava gradiva iz prazgodovinskih plasti *Viktorjevega spodmola* in *Male Triglavce* (sl. 130: vzorci 1–3) bolj podobna današnjim združbam iz notranjosti Slovenije, kot pa tistim, ki Kras poseljujejo danes (sl. 132). V osrednjeslovenskem prostoru namreč do podobno intenzivnih človekovih posegov v vegetacijo nikoli ni prišlo.



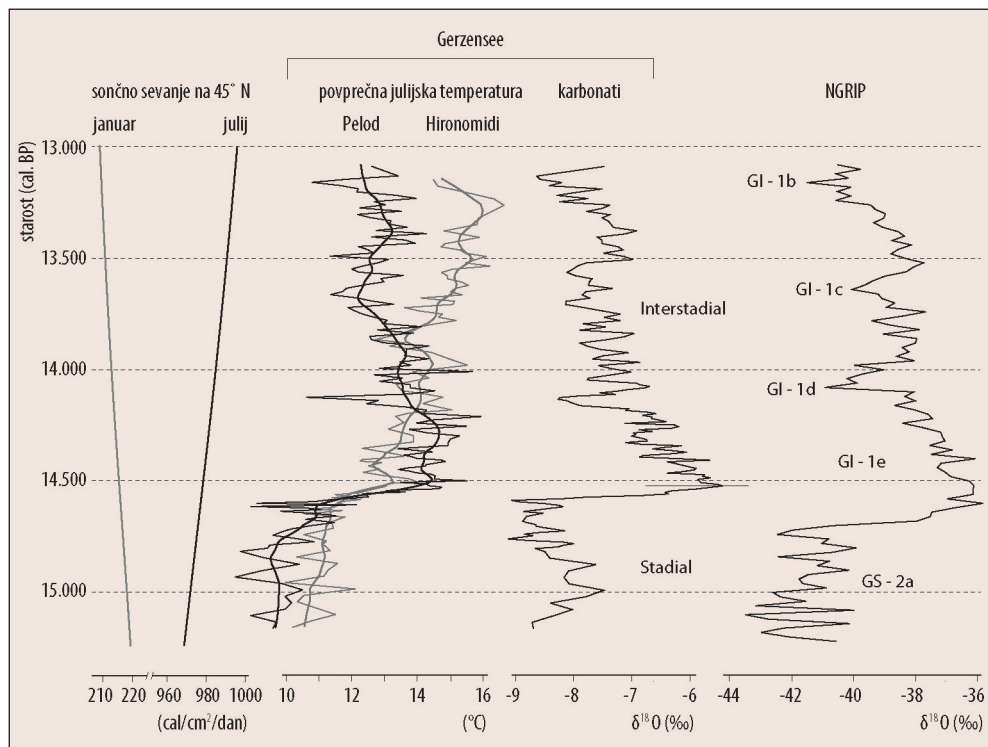
# 6 Podnebne in gospodarske spremembe v prostoru in času

## 6.1 Vpliv podnebja na vegetacijo

Rastlinstvo se odziva na podnebna nihanja, vendar pa na razvoj rastlin vpliva še veliko drugih dejavnikov, zato palinološke raziskave niso edina in osnovna metoda za proučevanje nekdanjega podnebja (glej I. del/1.7). V nadaljevanju bomo predstavili prednosti in slabosti palinoloških in drugih raziskovalnih metod, ki se uporabljajo za rekonstrukcijo podnebja, in z nekaj primeri ilustrirali, kako nam paleoklimatski podatki pomagajo razumeti vzroke za spremembe vegetacije v času in prostoru.

Palinološke paleoklimatske rekonstrukcije temeljijo na analogijah med današnjim in nekdanjim rastlinstvom, pri čemer pelod današnjih rastlin (kot posamezne taksone ali skupine taksonov, ki uspevajo v znanih podnebnih razmerah, npr. Prentice s sod. 1992; Prentice in Webb 1998; Klotz 1999; Salonen s sod. 2012; 2013), primerjamo z nekdanjim, in na osnovi tega sklepamo o podnebnih razmerah v preteklosti (npr. Huntley in Prentice 1988; Guiou s sod. 1989; Peyron s sod. 1998; Seppä in Birks 2001; Seppä s sod. 2004; Feurdean s sod. 2008 in tam navedena literatura). Pri tem upoštevamo štiri osnovne predpostavke: 1. količino in razporeditev rastlin določa podnebje, vpliv drugih dejavnikov je manj pomemben, 2. današnji ekološki procesi in odzivi rastlin na spremembe podnebja so veljali tudi v preteklosti, 3. moderna vegetacija je v ravnovesju (ekvilibriumu) s podnebjem in 4. za nekdanje **rastlinske združbe** obstajajo današnje analogije (Birks in Seppä 2004). Zgornje štiri predpostavke pa ne veljajo vedno (Birks 1981; Davis in Botkin 1985; Prentice 1986; Brubaker 1986; Ritchie 1986; Bennett in Willis 1995, glej I. del/1.7). Človekov vpliv na vegetacijo je (bil) v nekaterih obdobjih in geografskih območjih lahko pomembnejši kot podnebje, zato ni presenetljivo, da je bilo veliko palinoloških rekonstrukcij paleoklime narejenih le za obdobja hladnejšega podnebja (npr. višek zadnje ledene dobe in pozni glacial) in za območje severne Evrope (Skandinavije) in Alp, kjer je bilo zaradi nizkih temperatur podnebje zelo omejujoč dejavnik za rast rastlin, človekov vpliv na okolje pa manj intenziven kot drugje v Evropi.

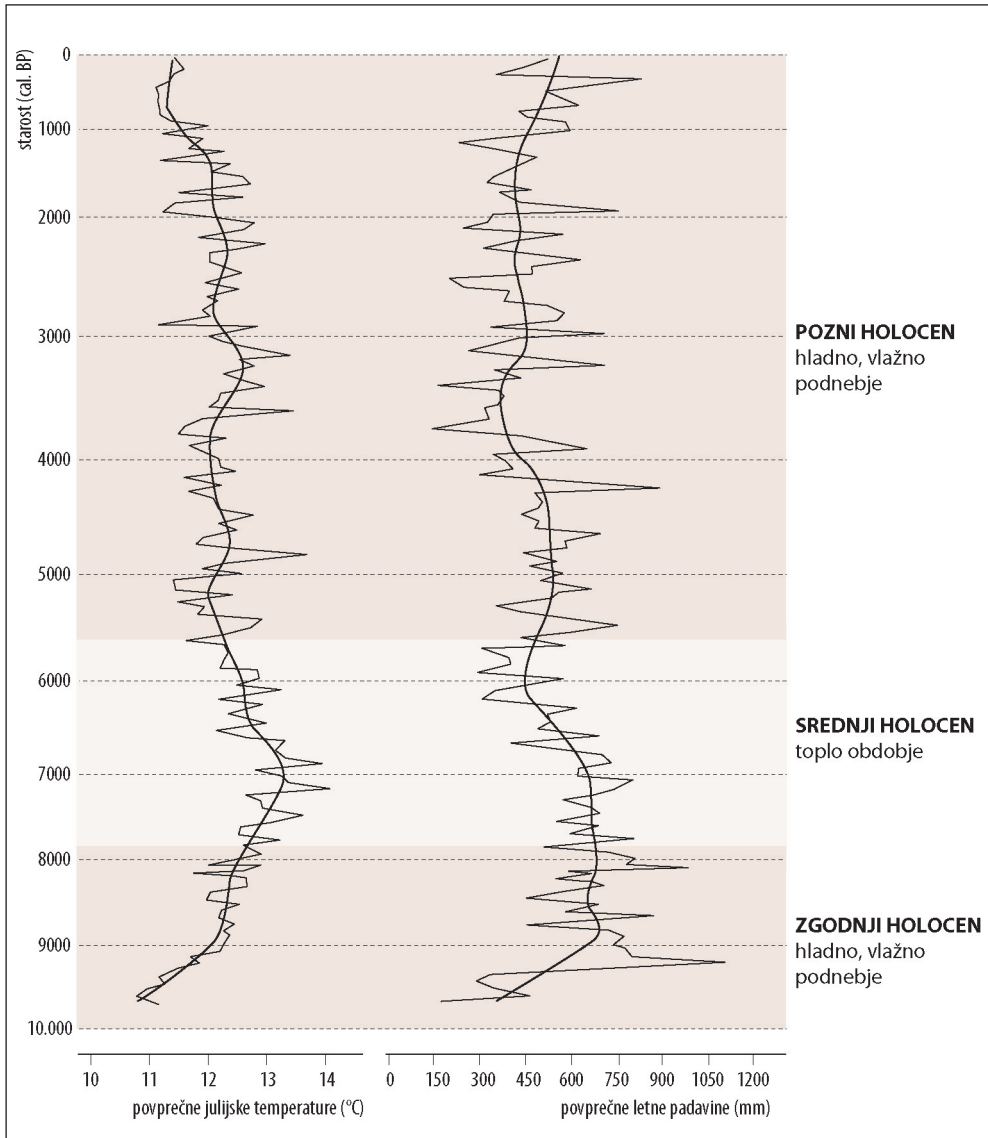
Nekdanje podnebje v Romuniji (gorovje Gutaiului, Feuerdan s sod. 2008; Klotz 1999) in švicarskih Alpah (jezero Gerzensee, Lotter s sod. 2012) je bilo v poznem glacialu (pred pribl. 15.000–11.700 leti) hladnejše (še zlasti pozimi) in bolj **celinsko** (manj padavin, večji kontrasti med letnimi časi) kot današnje. Otoplitve v poznoglacialnih **interstadialih** so bile hitre. A. Lotter in sodelavci (2012) so julijske temperature v času poznoglacialnega interstadiala (GI-1, pribl. 14.600–13.000 cal. BP) rekonstruirali z analizo fosilnega peloda in žuželk – **hironomidov** (*Chironomida*, mušice) v vrtini z jezera Gerzensee (Švica, sl. 133). Otoplitev na začetku interstadiala pred 14.650 leti je bila hitra (pribl. 50–100 let), podobno kot drugje v Evropi in svetu (npr. Lotter s sod. 1992; Rosen s sod. 2014, tudi



Sl. 133: Rekonstrukcija poznoglacijalne temperature jezera *Gerzensee* na osnovi peloda, hironomidov in koncentracije kisikovih izotopov ( $\delta^{18}\text{O}$ ). Rezultate primerjamo s količino sončnega sevanja na  $45^\circ$  severne širine (prva krivulja) in razmerjem kisikovih izotopov ( $\delta^{18}\text{O}$ ) v grenlandskem ledu vrtnice NGRIP (zadnja krivulja). Opazni sta dve hladni **oscilaciji**, ki so ju zaznali tudi na drugih najdiščih v srednji Evropi in v grenlandskem ledu (GI-1d in GI-1b). Po predlogi: Lotter s sod. 2012, sl. 4.

v okolici *Blejskega jezera*, Andrič s sod. 2009). Dvig povprečne julijske temperature nakazujejo pelod (za kar  $4\text{--}5^\circ\text{C}$ ), hironomidi (za  $2\text{--}3^\circ\text{C}$ ) in povečane vrednosti razmerij kisikovih izotopov ( $\delta^{18}\text{O}$ ) v sedimentu in **ostrakodih** (rakcih dvoklopnikih) za  $3\text{‰}$  (von Grafenstein s sod. 2013). Paleoklimatski rekonstrukciji na osnovi peloda in hironomidov pa se tudi močno razlikujeta. Pelod kaže, da je začetni otoplitvi sledilo postopno upadanje temperature skozi celoten interstadial, medtem ko hironomidi, ravno nasprotno, kažejo še nadaljnjo postopno otoplitev. Avtorji omenjeno nasprotje razlagajo s tem, da je vegetacija občutljivejša na spremembe letnih časov, hladne zime in količino padavin kot hironomidi, ki so vodni organizmi. Pozimi so ličinke hironomidov pod ledom, zato nanje niso vplivale domnevno vse nižje temperature zimskega ozračja (Lotter s sod. 2012), so se pa bolj odzivali na toplejša poletja.

Rekonstrukcije holocenskega podnebja so redkejšje. Seppä in Birks (2001) sta na osnovi peloda v jezeru *Tsuolbmajavri* na severu Finske rekonstruirala temperature in letno količino padavin za zadnjih 9900 let (sl. 134). Ugotovila sta, da je bilo podnebje v



Sl. 134: Ocena povprečnih holocenskih julijskih temperatur in letne količine padavin v jezeru *Tsuolbmajavri* (Finska). Po predlogi: Seppä in Birks 2001, sl. 6.

severni Skandinaviji na začetku holocena bolj oceansko kot danes, z nizkimi povprečnimi julijskimi temperaturami (11–12 °C) in visoko letno količino padavin (600–800 mm), kar lahko povežemo z močnejšimi zahodnimi vetrovi, ki so prinašali vlažen zrak z Atlantika. Podobno ugotavljajo tudi raziskovalci vrtin v **globokomorskih** sedimentih in grenlandskem ledu (O'Brien s sod. 1995; Bond s sod. 1997; Dahl-Jensen s sod. 1998), ki domnevajo, da

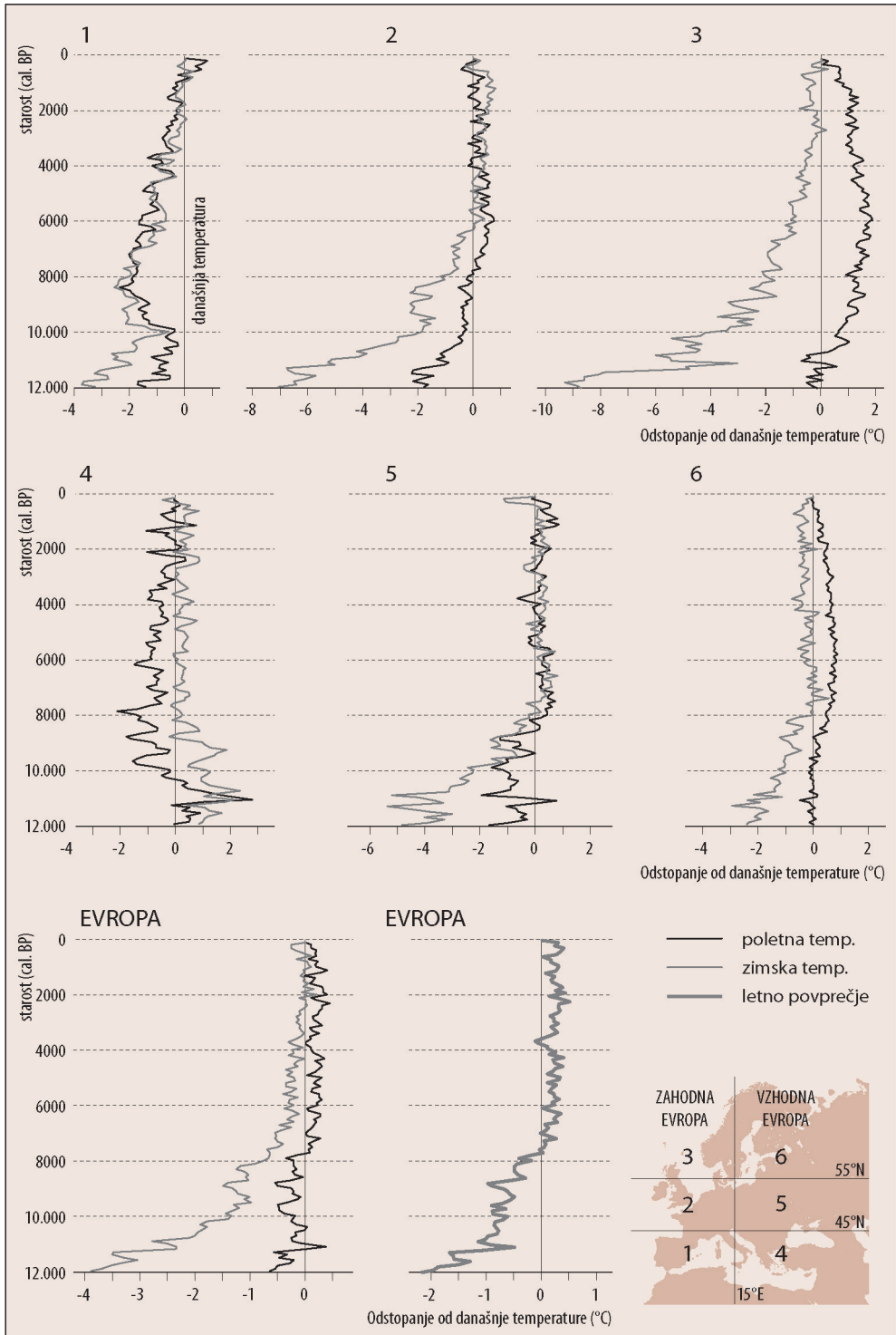
je bila cirkulacija v oceanih in atmosferi v zgodnjem holocenu pomembnejša kot količina sončnega sevanja. V srednjem holocenu so poletne temperature na severu Skandinavije narasle na 12,5–13 °C, kar je 1,4–1,7 °C več kot danes, količina padavin pa je upadla (celo pod 450 mm letno). V zadnjih 5700 letih so povprečne vrednosti julijskih temperatur upadale (z izjemo toplega in suhega obdobja med 3600–3200 cal. BP) in zadnjih 2000 let je bilo najhladnejših.

Ali je bilo podnebje v preostali (srednji in južni) Evropi podobno kot v Skandinaviji? Davis in sodelavci (2003) so s primerjavo današnjega in fosilnega peloda ugotovili, da so po koncu zadnje ledene dobe povprečne letne temperature linearno naraščale po vsej Evropi, pred pribl. 7800 leti, ko se je dokončno stalil led, ki se je nakopičil ob višku zadnje poledenitve, pa so se ustalile (sl. 135). Večje razlike med posameznimi deli Evrope so pri sezonskih temperaturah. V severni Evropi je temperatura sprva naraščala in je pred 6000 leti dosegla poletni temperaturni maksimum, nato pa je prišlo do ohlajanja, kar se ujema z ugotovitvami Seppe in Birksa (2001). Temperature v srednji Evropi so bile podobne tistim na severu, ampak brez izrazitih trendov, podnebni optimum pred 6000 leti je bil izrazitejši v zahodnem kot vzhodnem delu srednje Evrope. Vzorec temperaturnih sprememb v južni Evropi je bil ravno obraten kot na severu: zgodnjeholocensko podnebje v južni Evropi je bilo hladnejše in domnevno vlažnejše kot danes. Rekonstrukcija vodostaja jezer v Sredozemlju (Magny s sod. 2013) je pokazala, da je bila gladina jezer v južnem Sredozemlju (južno od 40° N, npr. jezera *Pergusus* in *Trifoglietti*) najvišja v obdobju med 10.300 in 4500 leti pred sedanostjo (vlažne zime in poletja), medtem ko na severu (npr. jezera *Ledro* in *Accessa*) zaznavamo hidrološki minimum (vlažne zime in suha poletja med 9000–4500 pred sedanostjo). Sledila je otoplitev s sušnejšimi razmerami, še zlasti v južnem in zahodnem Sredozemlju.

Navedeni primeri kažejo, da so palinološke raziskave primerne za proučevanje daljših (tisočletnih) in izrazitejših podnebnih trendov ali nihanj. Vpliv podnebja na krajše (desetletne/stoletne) in manj intenzivne spremembe (lokalne/regionalne) vegetacije pogosto ni bil odločilen (glej I. del/1.7), zato je zelo pomembno, da o nekdanjih podnebnih razmerah ne sklepamo le na osnovi peloda, ampak dobljene rezultate primerjamo z rezultati drugih, neodvisnih metod za proučevanje nekdanjega podnebja (npr. Lotter s sod. 2012, glej uokvirjeno besedilo na str. 232 in 234). K tem metodam sodijo npr. analiza astronomskih (orbitalnih) parametrov Zemlje in **multidisciplinarne** raziskave (glej uokvirjeno besedilo na str. 234) paleoekoloških arhivov, ki jih lahko razdelimo v tri skupine: 1. ledeniki (Grenlandija, Antarktika), 2. globokomorski sedimenti (Atlantik) in 3. kopenski arhivi (jezera, šotišča, jame, drevesa, arheološka najdišča).

→

Sl. 135: Palinološka rekonstrukcija holocenskih poletnih, zimskih in povprečnih letnih temperatur v južni, srednji in severni Evropi. Davis in sodelavci (Davis s sod. 2003) so holocenske temperature v Evropi rekonstruirali s primerjavo 2363 palinoloških površinskih vzorcev in fosilnega peloda v 510 vrtnah. Današnji in fosilni pelod so primerjali z metodo nevronske omrežij. Po predlogi: Davis s sod. 2003, sl. 3 in 5.



## PALEOKLIMATSKE RAZISKAVE

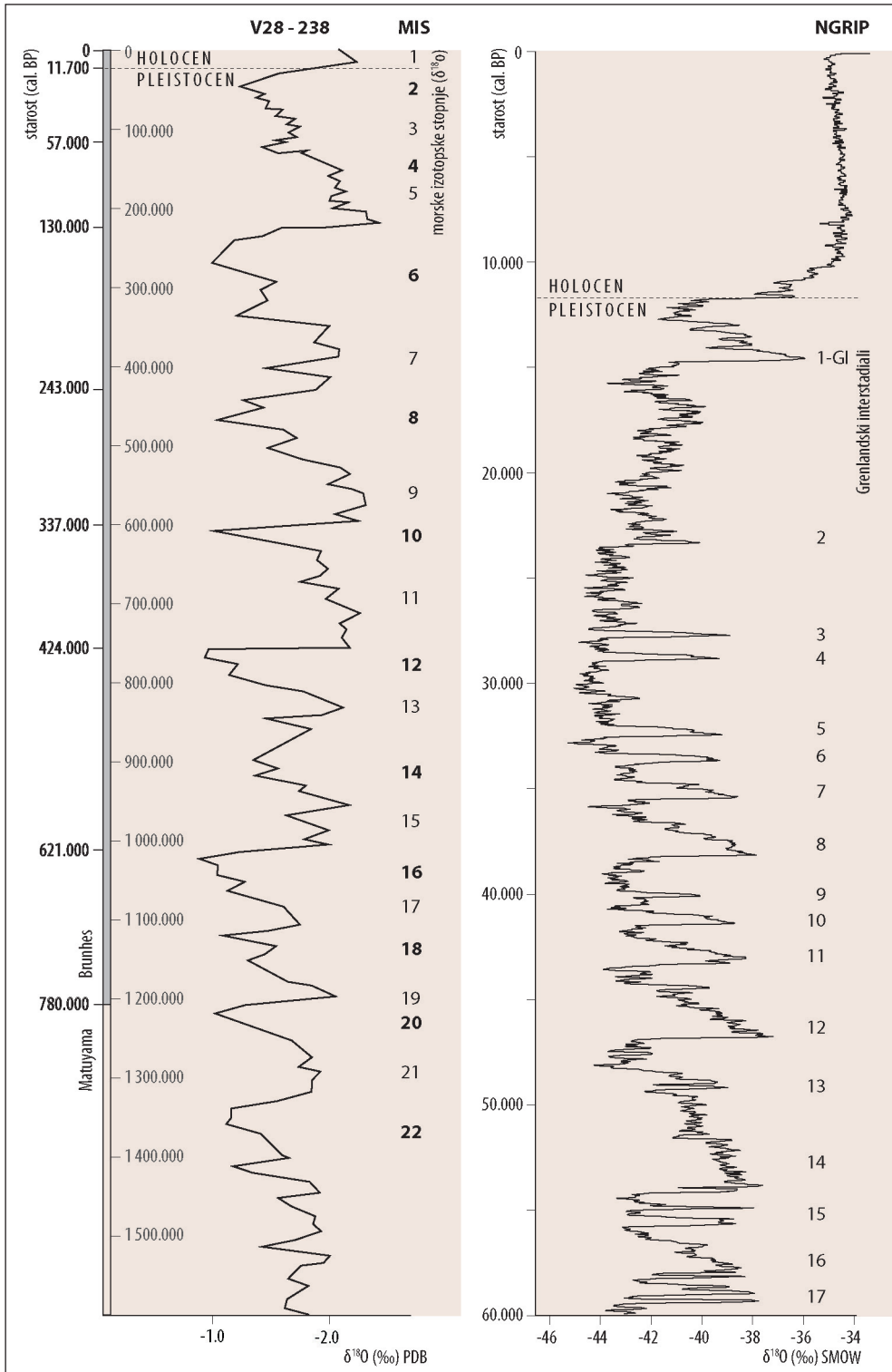
Količina sončnega sevanja, ki je dosegla Zemljo v preteklosti, je bila odvisna od orbitalnih parametrov Zemlje (tj. nagnjenosti zemeljske osi in njene oddaljenosti od Sonca). Orbitalni parametri, ki se spreminjajo ciklično (Milankovičevi cikli: pribl. 100.000, 40.000 in 21.000 let; Milankovitch 1930; Imbrie in Imbrie 1979), vplivajo na izmenjavanje ledenih in medledenih dob. Na podnebje poleg sončnega sevanja vplivajo še drugi dejavniki (npr. trki z asteroidi in tektonika plošč, zaradi katere se spreminjata intenziteta vulkanizma in razporeditev kontinentov, kar vpliva na kroženje snovi v atmosferi in oceanih), zato podnebni cikli, ki jih lahko opazujemo v paleoekološkem zapisu v globokomorskih sedimentih (Shackleton in Opdyke 1973) in grenlandskem ledu (Dansgaard s sod. 1993; glej sl. 136) niso (bili) čisto pravilni.

Temperatura vpliva na kemično sestavo ozračja in oceanov. Razmerje kisikovih izotopov ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) v nekdanjih morjih ter posledično tudi v sedimentu in morskih organizmih, ki kisikove atome vgrajujejo v svoje ogrodje (npr. **foraminifere** in **diatomeje**), se spreminja glede na podnebje. Ko morska voda hlapi in se odlaga v ledenih pokrovi, z njo hlapi tudi lažji kisikov izotop ( $^{16}\text{O}$ ), težji izotop ( $^{18}\text{O}$ ) pa večinoma ostaja v oceanih. Razmerje kisikovih izotopov v ledu in v sedimentih je odvisno od temperature zraka med kondenzacijo vodne pare in se v literaturi po navadi prikaže kot odstopanje ( $\delta^{18}\text{O}$  ‰) od standardnih materialov. Nižje (bolj negativne) vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  v kontinentalnem ledu so značilne za hladnejša (ledenodobna) obdobja. Ravno obratno je v morskih sedimentih. V hladnejših obdobjih, ko je ledeni pokrov večji in je zato več lahkega kisikovega izotopa ujetega v ledu, je morska voda obogatena s težjim kisikovim izotopom (bolj pozitivne vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$ ). Kisikovi izotopi so prisotni tudi v jezerih (karbonatni sediment, ostrakodi, mehkužci), branikah dreves, koralah, sigi in šoti, vendar pa je interpretacija teh arhivov zaradi kompleksnejšega kroženja snovi pogosto težavnejša kot v morskih sedimentih in ledu. Na izotopsko sestavo jezerske vode poleg temperature zraka vplivajo tudi količina in izvor padavin ter izhlapevanje (Siegenthaler in



Sl. 136: Razmerje kisikovih izotopov ( $\delta^{18}\text{O}$ ) v planktonskih foraminiferah globokomorskih sedimentov (vrtina V28-238, zadnjih pribl. 1 mio. let; leva krivulja) in v grenlandskem ledu (vrtina *NGRIP*, zadnjih pribl. 60.000 let, desna krivulja). Nazobčana oblika krivulj nakazuje izmenjavo toplih in hladnih obdobj (ledenih in medledenih dob s 100.000-letnim ciklom, ki sovpadajo z Milankovičevimi cikli ekscentričnosti Zemljine orbite in podnebnih nihanj znotraj teh). Morske izotopske stopnje (angl. "marine isotope stages" MIS, 1–22) globokomorske vrtine V28-238 označujejo topla (interglaciali, lihe številke, npr. 1 = holocen) in hladna obdobja (glaciali, sode številke). Na desni strani časovne skale je prikazana ocena starosti po prvotni objavi (Shackleton in Opdyke 1973), na levi pa najnovejša (okt. 2014) kronostratigrafska shema Komisije za stratigrafijo Mednarodnega geološkega združenja: <http://www.stratigraphy.org>. Nižje (bolj negativne) vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  v kontinentalnem ledu in višje vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  v sedimentih so značilne za hladnejša obdobja (glej uokvirjeno besedilo na str. 232), na isti skali bi imeli krivulji zrcalno obliko. Podnebje zadnje ledene dobe (MIS 2) pa ni bilo samo hladno. Nihanja vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  v grenlandskem ledu (vrtina *NGRIP*, desna krivulja) jasno kažejo, da je poleg hladnejših obdobj, grenlandskih stadialov (GS – označeni samo na sl. 137), prihajalo tudi do otoplitev, interstadialov (GI 1–17). Primera takih podnebnih nihanj v poznem glacialu sta Bøllinško-Allerødski interstadial (GI-1, pribl. 14.700–12.900 cal. BP), ki mu je sledil **mlajši drias** (GS-1, pribl. 12.900–11.700 cal. BP), zadnja ohladitev pred prehodom v holocen (sl. 137). Tudi v tem primeru vidimo, da so bile otoplitive zelo hitre, ohladitve pa nekoliko bolj postopne. Po predlogi: Shackleton in Opdyke 1973; Svensson A. s sod. 2008, sl. 3 in Lowe s sod. 2008, sl. 1.





Eicher 1986; Leng 2003). Raziskava v jezeru *Ammersee* v južni Nemčiji je npr. pokazala, da so na izotopsko sestavo lupinic ostrakodov vplivale značilnosti lokalnih padavin, ki pa so bile odvisne od temperature zraka (von Grafenstein s sod. 1999). Rezultati von Grafensteina in sodelavcev kažejo, da so bile poznoglacialne in zgodnjeholocenske podnebne spremembe v srednji Evropi zelo podobne tistim v Skandinaviji, vendar pa je bilo na Grenlandiji podnebje hladnejše kot v srednji Evropi. Na začetku holocena se je podnebje v srednji Evropi bolj ogrelo kot na Grenlandiji, nato (10.000–8700 cal. BP) pa so se razlike med regijama zmanjšale (von Grafenstein s sod. 1999).

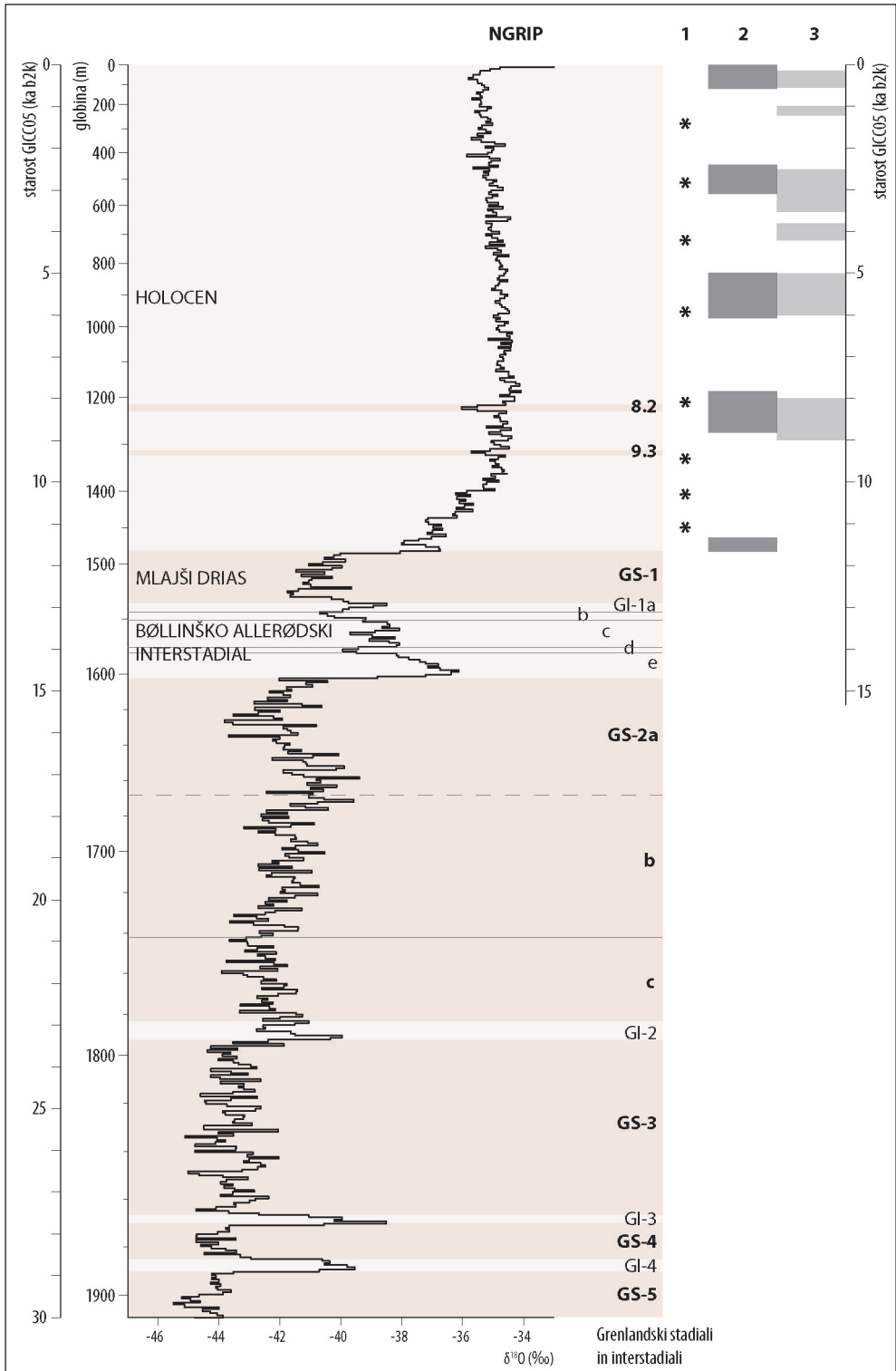
#### MULTIPROKSI RAZISKAVE

Paleoekologi nekdanjega podnebja ne moremo proučevati neposredno, analiziramo lahko le fosilne ostanke rastlin in živali ter geokemično sestavo sedimenta, na osnovi česar potem sklepamo o nekdanjih okoljskih razmerah. Čim več različnih paleoekoloških raziskav naredimo, tem podrobnejša bo naša informacija o nekdanjem okolju. Takšne multidisciplinarne raziskave, kjer vsaka izmed raziskav prispeva oceno (nadomestek, približek, angl. "proxy") paleoekoloških razmer, se imenujejo raziskave **multi-proksi**. Primeri multi-proksi raziskav sta zgoraj opisani analiza vrtine iz jezera *Gertzensee*, *Blejskega jezera* (Andrič s sod. 2009) in analiza vrtine "Na mahu" (II. del/5.1).

Najbolj znane so raziskave grenlandskega ledu (vrtine *GRIP*, *GISP2* in *NGRIP*) in severnoatlantskega globokomorskega sedimenta (sl. 136). Kemične analize in meritve stabilnih izotopov v ledu in sedimentu so pokazale, da je bilo podnebje zadnje ledene dobe (zadnjih pribl. 100.000 let) zelo nestabilno, z obdobji postopne (2–3 tisočletja) ohladitve, ki so se končale z najhladnejšimi fazami (t. i. Heinrichovimi dogodki). Tem je vsakič sledilo hitro (v desetletjih) segrevanje ozračja (t. i. Dansgaard-Oeschgerjevi dogodki, Shackleton in Opdyke 1973; GRIP Members 1993; Dansgaard s sod. 1993; sl. 136). Po zadnji otoplitvi na prehodu poznega glaciala v holocen (pred pribl. 11.700 leti) večjih nihanj holocenskega podnebja ni bilo (sl. 137). Temperatura na območju Grenlandije in severnega Atlantika je bila med holocenskim podnebnim optimumom pred pribl. 8000–5000 leti za 2–3 °C toplejša kot danes (Stuvier s sod. 1995; Dahl-Jensen s sod. 1998), zadnjih 5000 let pa se je postopno ohlajala. Ta splošen trend so občasno pretrgala krajša hladna obdobja, ko so se ledene gore z območja severno od Islandije razširile na jug, vse do Velike Britanije, in s seboj nosile koščke kamenja in vulkanskega stekla z Islandije (t. i. angl. "ice-rafted debris



Sl. 137: Koncentracija  $\delta^{18}\text{O}$  v grenlandski vrtini *NGRIP*. V holocenu ekstremnih ohladitev (z izjemo hladnih sunkov pred 9300 in 8200 leti) glede na vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  v vrtini *NGRIP* ni bilo. Kljub temu so se dogajale občasne ohladitve holocenskega podnebja, kar kažejo: 1. spremenjena sestava globokomorskih sedimentov (Bond s sod. 1997, IRD dogodka), 2. povišane vrednosti nečistoč v grenlandskem ledu (O'Brien s sod. 1995), podatki o razširjenosti ledenikov (Denton in Karlén 1973) in 3. primerjava rezultatov raziskav različnih arhivov (Mayewski s sod. 2004, RCC). Raster označuje obdobja s hladnejšim podnebjem glede na vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  v vrtini *NGRIP*. Časovna skala ka b2k je v tisočletjih pred letom 2000 n. št. (glej II. del/Uvod). Po predlogi: Lowe s sod. 2008, sl. 1.



(IRD) events” oz. Bondovi dogodki, Bond s sod. 1997), alpski ledeniki so napredovali (Denton in Karlén 1973), podnebje pa je postalo hladnejše in vlažnejše (sl. 137). Ta hladna obdobja se pojavljajo v neenakomernih, t. i. “tisočletnih” ciklih (pribl. vsakih 1470 ± 500 let). V holocenskem zapisu grenlandskega ledu  $\delta^{18}\text{O}$  (z izjemo ohladitve pred 8200 leti) niso vidna, zaznali pa so jih z meritvami nečistoč (morske soli in kopenskih prašnih delcev) v grenlandskem ledu (O’Brien s sod. 1995) ter z analizo planktonskih foraminifer in **granulometrično analizo** globokomorskih sedimentov (Bond s sod. 1997). Točna datacija teh hladnih obdobij se med posameznimi arhivi in regijami nekoliko razlikuje (sl. 137), kar je lahko posledica različne kronologije ali pa (še zlasti v drugi polovici holocena, O’Brien s sod. 1995) vse večjih medregionalnih razlik. Mayewski in sodelavci (2004) so s primerjavo 50 arhivov po vsem svetu določili sledeča obdobja hitrih podnebnih sprememb: 9000–8000, 6000–5000, 4200–3800, 3500–2500, 1200–1000 in 600–150 cal. BP (glej sl. 137). Ta obdobja le deloma sovpadajo s šestimi hladnimi obdobji Wannerja in sodelavcev (2011) (8200, 6300, 4700, 2700, 1550 in 550 cal. BP; z znatnimi razlikami med regijami, za Alpe glej Haas s sod. 1998a), ki domnevajo, da se ohladitve niso pojavljale v ciklih, vzroki zanje pa so bili različni (npr. taljenje ledu v severnem Atlantiku, šibko sončno sevanje, vulkanski izbruhi in spremembe v kroženju tokov v oceanih).

Grenlandski ledeniki in atlantski globokomorski sedimenti nam prinašajo informacije o nekdanjem globalnem podnebnju in dogajanju v severozahodni Evropi in na Atlantiku, vendar pa so na podnebje v različnih delih Evrope vplivale tudi regionalne podnebne razmere, ki jih lahko rekonstruiramo s kopenskimi paleoekološkimi arhivi. Korelacija med različnimi tipi arhivov je v zadnjih letih zato postala eno najpomembnejših raziskovalnih področij (skupina INTIMATE, angl. “INTEgration of Ice-core, Marine, and TERrestrial records”, Lowe s sod. 2008; Blockley s sod. 2012).

Primerjava kopenskih paleoekoloških arhivov je pokazala, da je bila intenzivnost posameznih otoplitev na severu in jugu Evrope različna. Spremembe podnebja na toplejšem jugu so bile manjše in postopnejše (Moreno s sod. 2014). Glede na višino gozdne meje v različnih delih Alp raziskovalci sklepajo, da je holocenski maksimum poletnih temperatur v osrednjih in vzhodnih Alpah nastopil prej (pribl. 10.000–5000 cal. BP) kot v severnoalpski regiji (pribl. 6000–4000 cal. BP) (Heiri s sod. 2014). Podnebna nihanja v vzhodni Evropi niso zamujala za tistimi v severozahodni Evropi, bila pa so manj intenzivna, zato so celo med najhladnejšimi obdobji odprti borealni gozdovi lahko rasli vse do 55° severne geografske širine (npr. Poljske in Češke). Hladno podnebje je bolj vplivalo na vegetacijo severnega dela vzhodne Evrope, medtem ko je bila vegetacija južnega dela obravnavane regije stabilnejša, vendar tudi bolj stepska (celinska) (Feurdean s sod. 2014).

V Sloveniji, ki leži na prehodu med severom in jugom ter vzhodom in zahodom Evrope, so paleoklimatološke raziskave zelo redke. Opravljene so bile klimatostratigrafske raziskave pleistocenskih sedimentov v *Divjih babah* (Turk s sod. 2007), dendroklimatološke raziskave za zadnjih 500 let v Alpah (Levanič 2012; Hafner s sod. 2014) in analize  $\delta^{18}\text{O}$  v poznoglacijalnem/zgodnjeholocenskem sedimentu *Blejskega jezera* (Andrič s sod. 2008). Raziskava paleoklime za celotno holocensko obdobje še ni bila opravljena, zato o nekdanjih podnebnih razmerah večinoma lahko sklepamo le posredno, na osnovi vegetacije (npr. sestave gozda) in primerjav s paleoklimatološkimi raziskavami v drugih regijah Evrope. V nadaljevanju predstavljamo razvoj holocenskega gozda ob primeru treh najdišč, ki ležijo vzdolž podnebnega gradienta, od Julijskih Alp (Šijec, Pokljuka) na severozahodu, prek osrednje Slovenije (“Na mahu”, Ljubljansko barje), do Bele krajine (*Mlaka*) na jugovzhodu. (sl. 138).

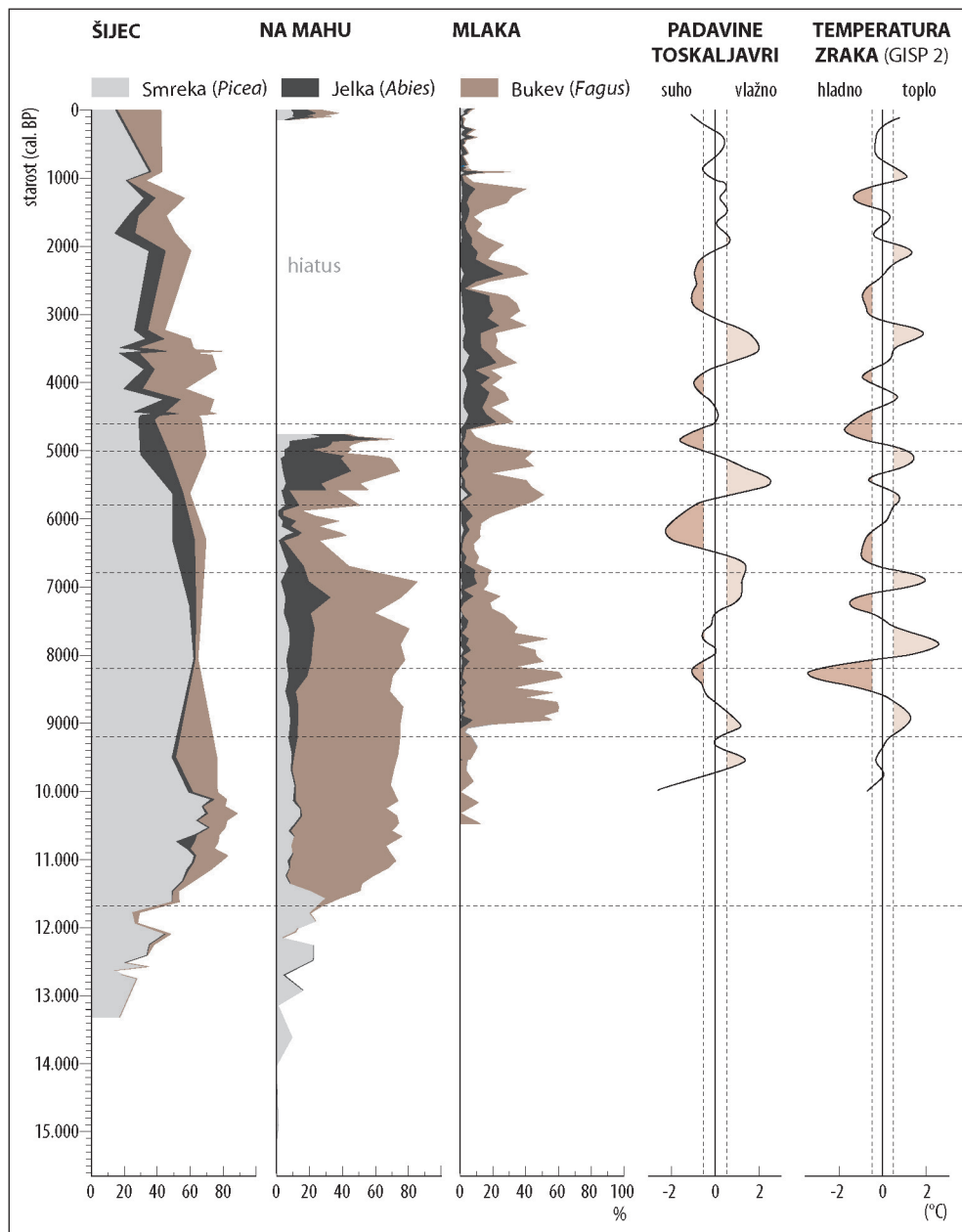


Sl. 138: Palinološka najdišča Šijec (Pokljuka, 1200 m nadmorske višine), "Na mahu" (Ljubljansko barje, 290 m nadmorske višine) in Mlaka (Bela krajina, 150 m nadmorske višine) ležijo na preseku, od severozahoda Slovenije proti jugovzhodu, v smeri od hladnejšega in bolj vlažnega do toplejšega in bolj sušnega podnebja.

Kratki, poenostavljeni pelodni diagrami prikazujejo glavne spremembe v sestavi gozda skozi čas (sl. 139). Razvoj gozda na izbranih lokacijah je bil zaradi različnih naravnih danosti in vpliva človeka precej različen, opazamo pa tudi nekatere podobnosti. Hitra razširitev bukve (*Fagus*) na prehodu poznega glaciala v holocen (11.700 cal. BP) je povezana z lokalno prisotnostjo posameznih bukovih dreves v poznem glacialu (Culiberg in Šercelj 1998) in hitro otoplitvijo. V Beli krajini se je zaradi domnevno nekoliko bolj aridnega podnebja bukev razširila pozneje (Andrič 2007), medtem ko je bila smreka (*Picea*) na Pokljuki zaradi hladnejšega podnebja skozi celoten holocen bolj zastopana kot v drugih regijah Slovenije. Druge večje spremembe v sestavi holocenskega gozda so povezane s porastom bukve in/ali jelke (*Abies*) pred pribl. 9200, 8200–7000, 5800–5000 in 4600 leti, kar lahko povežemo z obdobji vlažnejšega (in v manjši meri tudi nekoliko hladnejšega) podnebja (Tinner in Lotter 2006), medtem ko je upad omenjenih dveh taksonov (6750–5800 in pribl. 4800 cal. BP) lahko posledica bolj suhega podnebja ali pa človekovega vpliva na okolje (Andrič 2007, Andrič s sod. 2008). Večji odstotek smreke na Pokljuki in nekoliko nižji odstotek jelke in bukve (tudi zaradi zelo intenzivnega vpliva človeka) v Beli krajini v primerjavi z Ljubljanskim barjem lahko povežemo s podnebnim gradientom od bolj hladnega in vlažnega do bolj suhega in toplega podnebja v smeri SZ–JV.

Zanimivo je, da so bile spremembe sestave gozda v prvi polovici holocena (pred pribl. 6000 cal. BP) na Pokljuki ravno obratne kot na obeh nižinskih najdiščih. V obdobjih naraščanja števila dreves bukev/jelke na Ljubljanskem barju in v Beli krajini (npr. 9200, 8200 cal. BP) je delež bukve na Pokljuki upadal, narasel pa je delež smreke. Obratno je v obdobju med 6750 in 5800 cal. BP odstotek bukve in jelke na Ljubljanskem barju in v Beli krajini upadel, na Pokljuki pa se je povečal. Primerjava z rekonstrukcijo holocenske količine padavin in temperature (sl. 139) po Wannerju s sodelavci (2011) nam razkrije, da so bile za uspevanje gozdov na Pokljuki v hladnih obdobjih v prvi polovici holocena najbolj omejujoč dejavnik verjetno nizke temperature (9200 in 8200 cal. BP), na katere je manj občutljiva smreka (Ellenberg 1988; Mlakar 1990), medtem ko je v toplejših nižinah uspevanje gozda bolj omejevala nizka količina padavin (6750–5800 cal. BP).

Na tem mestu pa se bo naša interpretacija ustavila. Ne želimo se namreč ujeti v začaran krog, ko bi podnebne spremembe razlagali s spremembami vegetacije in obratno. Človekov vpliv na vegetacijo je bil prav tako pomemben (Andrič in Willis 2003), zato samo na osnovi sprememb vegetacije le težko sklepamo o nekdanjem podnebju. Potrebujemo nove, neodvisne paleoklimatološke raziskave.



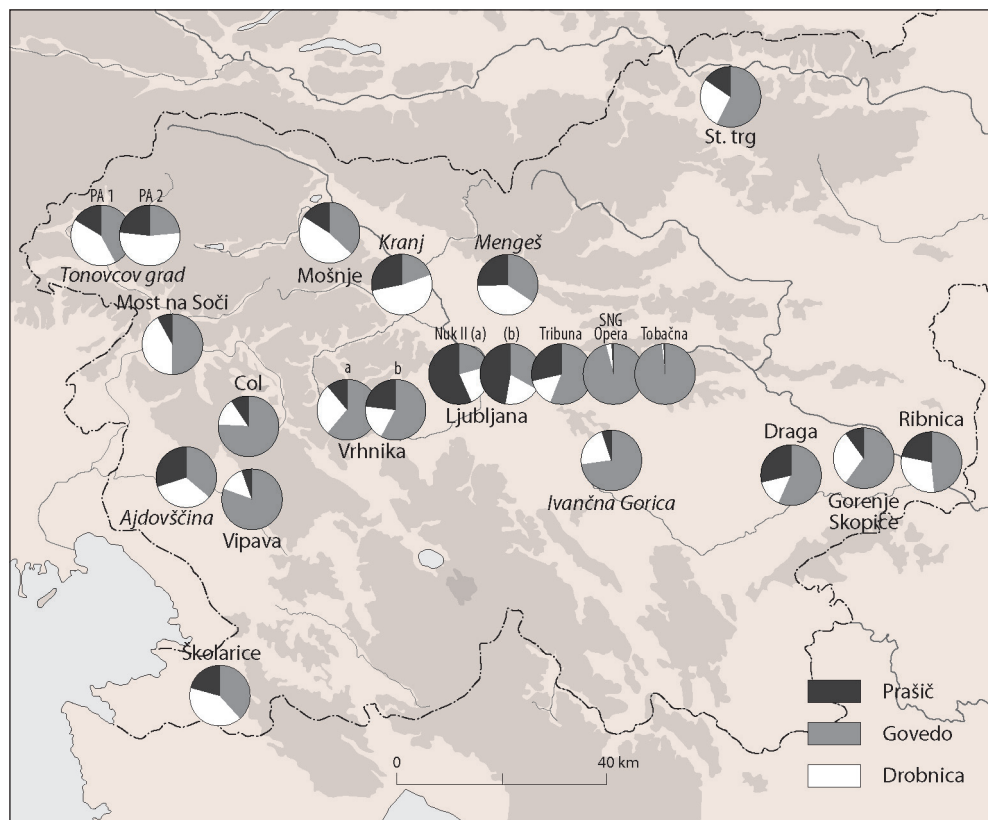
Sl. 139: Kratki pelodni diagrami za visoko barje Šijec (predhodni in do zdaj še neobjavljeni podatki), Ljubljansko barje (vrtina "Na mahu", Andrič s sod. 2008) in mokrišče *Mlaka* v Beli krajini (Andrič 2007), ki prikazujejo deleže smreke, jelke in bukve. Vodoravne črtkane črte označujejo obdobja najmočnejših sprememb vegetacije. Pelodne diagrame primerjamo z ocenami povprečnih letnih temperatur (glede na vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  grenlandske vrtine GISP 2, Alley 2000) in povprečne letne količine padavin (na osnovi palinoloških raziskav finskega jezera *Toskaljavri*, Seppä in Birks 2002). Po predlogi: Wanner s sod. 2011, sl. 1.

## 6.2 Govedoreja v jugovzhodnih Alpah med vzponom in padcem rimske države

Udomačitev prvih živali po psu in s tem povezan pojav živinoreje je eden najpomembnejših korakov v ekonomskem in socialnem razvoju človeštva. Govedo, prašič, drobnica, konj, mačka, pes, kokoš pa tudi lama, vodni bivol ali, denimo, puran so namreč z udomačitvijo postali pomemben vir mesa, maščob, krvi, jajc in sčasoma tudi druge hrane (npr. mleko) pa seveda kož, volne, dlak, tetiv, vlečne sile, tudi družbe (npr. pes, mačka) in še kopice drugih dobrin, potrebnih za človekovo ekonomsko, socialno in tehnološko dobrobit. Vzporedno z razvojem živinoreje se je seveda povečevala raznovrstnost trgovanja, transporta in trženja pridelanih proizvodov, česar pri arheozooloških raziskavah kompleksnih družb seveda nikakor ne smemo spregledati. Prav tako si ustrezno pozornost zaslužijo vse morebitne politične, družbene, verske, vojaške in tehnološke spremembe znotraj družbe, saj so praviloma močno vplivale na razvoj lokalnega ali celó globalnega gospodarstva. V ponazoritev kompleksnosti vseh teh odnosov in njihovega spreminjanja v prostoru in času si v nadaljevanju pogledjmo krajši povzetek študije o pomenu goveda v **romaniziranem** jugovzhodnoalpskem prostoru (Toškan 2013).

Raziskava je zajela 8579 ostankov domačega goveda (*Bos taurus*) z 29 najdišč oziroma časovno opredeljenih najdiščnih kontekstov iz časa od sredine 1. stoletja pr. n. št. do 6. stoletja n. št. z območja današnje Slovenije. Sedem izmed omenjenih gradiv je vključevalo manj kot sto taksonomsko opredeljenih kosti in zob, zaradi česar so dopuščali kvečjemu vpogled v nabor gospodarsko najpomembnejših živalskih vrst na posameznih lokacijah. Večina pa jih je bilo vendarle obsežnejših in ti so omogočili tudi pridobitev verodostojne ocene razmerij (!) izkoriščanja posameznih **domestikativ** (Davis 1987, 46). Tako je pregled podatkov o deležih zastopanosti različnih sesalskih vrst po najdiščih pokazal, da v povprečju kar 90 odstotkov (razpon: 66,6–99,2 %) taksonomsko opredeljenih ostankov pripada domačemu govedu, drobnici in prašiču. Pri tem je med gradivom iz časa od sredine 1. stoletja pr. n. št. do 4. stoletja n. št. po številu najdb praviloma v ospredju prav govedo. Takšno sliko kaže kar 12 od skupno 16 v ta čas umeščenih najdiščnih kontekstov, pri čemer je v osmih primerih delež goveda celo presegal 50 odstotkov (sl. 140). Omenjeni podatki nedvoumno dokazujejo tedanji velik pomen govedoreje, ki je bila v jugovzhodnih Alpah očitno z naskokom vodilna živinorejska panoga. Pozneje, tj. v obdobju od okvirno 4. do 6. stoletja, se je slika bistveno spremenila (glej spodaj).

A ostanimo še v obdobju razcveta rimske države (tj. 1. stol. pr. n. št. do 4. stol. n. št.) in si pogledjmo izsledke analize dimenzijskih podatkov za nepoškodovane dolge kosti okončin. Največja dolžina posameznih nadlahtnic, koželjnic, dlančnic, stegenic, golenic in stopalnic naj bi bila namreč v soodvisnosti z velikostjo živali, zato je na podlagi teh mer mogoče verodostojno oceniti višino ob **vihru** (Matolcsi 1970). Rezultati so pokazali, da so v tedanjih čredah prevladovali velike živali napredne rimske pasme. Gre za pasmo, ki so jo razvili na Apeninskem polotoku, s širitvijo rimske države pa je bila nato ponosena tudi v druge dele Evrope, Sredozemlja in širše (Bökönyi 1974, 127–133). Pri analiziranih primerkih iz posameznih rimskodobnih kontekstov s Slovenskega (N = 101) je višina ob vihru v povprečju znašala slabih 125 cm, in tako v celoti sovпада z vrednostmi za že omenjeno rimsko pasmo v širšem srednjeevropskem prostoru (razpon: 120–140 cm; Bökönyi 1974, 128). V nasprotju s tem je tradicionalno govedo z železnodobno tradicijo, na katerem je lokalna reja slonela v stoletjih pred prihodom Rimljanov, ob vihru praviloma merilo zgolj tja do 110 cm (glej npr. Bökönyi 1994, 194–196).

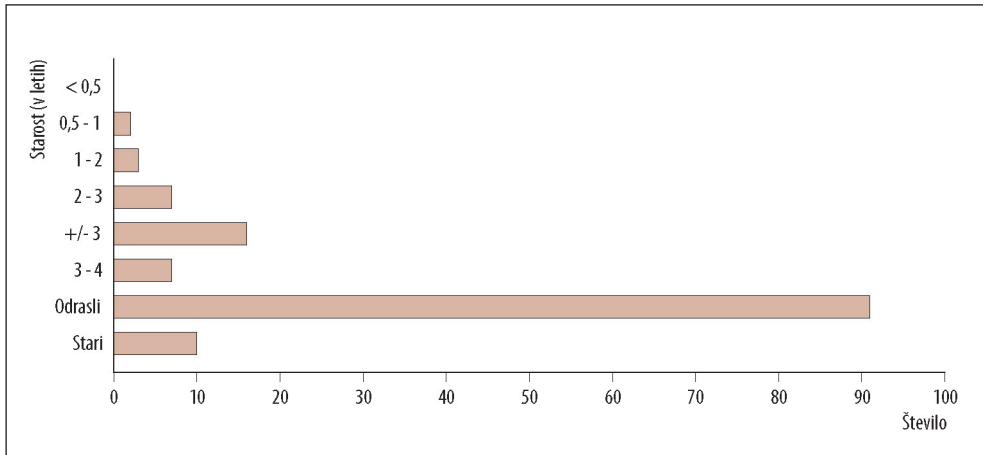


Sl. 140: Razmerje med deleži zastopanosti domačega goveda (*Bos taurus*), prašiča (*Sus domesticus*) in drobnice (*Caprinae*) v okviru analiziranih gradiv rimskodobne starosti s Slovenskega z najmanj sto taksonomsko opredeljenimi ostanki. Konteksti iz časa od sredine 1. stoletja pr. n. št. do okvirno 4. stoletja n. št. so zapisani pokončno, tisti iz časa od 4. do 6. stoletja n. št. pa ležeče. Okrajšave: Tonovcov grad PA1/PA2 – poznoantična faza 1/poznoantična faza 2; Vrhnika a/b – Kočevjarjev vrt/Kočevjarjev vrt-Elektro; NUK II a/b – vojaški vadbeni tabor/Emona.

Velikostni podatki dlančnic in stopalnic so uporabni tudi za oceno razmerja med spoloma (glej npr. Davis s sod. 2012). Še več! Zaradi sprememb hormonske slike, ki jih sproži **kastracija**, in posledično drugačnega vzorca rasti posameznih kosti, je na podlagi velikosti in oblike dlančnic in stopalnic načeloma mogoče razlikovati celó med biki in voli (Clutton-Brock 1999, 37). Toškan (2013, 46–47) je med analiziranim gradivom z že omenjenih rimskodobnih najdišč ugotovil primerljiv delež samic in samcev, pri čemer so med slednjimi domnevno močno prevladovali voli. Enaki so bili izsledki analize spolno-specifičnih morfoloških lastnosti dovolj dobro ohranjenih primerkov medenic (prim. Greenfield 2006a).

Ocene o razmerju med spoloma so bile v nadaljevanju kombinirane z rezultati analize podatkov o stopnji obrabe žvekalne površine kočnikov, ki kažejo starost posameznih živali ob zakolu/poginu (sl. 141; glej uokvirjeno besedilo na str. 113). Na podlagi očitne prevlade





Sl. 141: Smrtnostni profil domačega goveda z različnih rimskodobnih najdišč na Slovenskem, pridobljen na podlagi podatkov o stopnji obrabe žvekalne površine spodnjih kočnikov. Podatki se nanašajo na najdbe iz časa od sredine 1. stoletja pr. n. št. do okvirno 4. stoletja n. št. (N = 133). Uporabljena je bila metodologija, ki jo je objavila Grant (1982).

ostankov odraslih živali je bila oblikovana teza, po kateri naj bi bila tedanja govedoreja v prvi vrsti usmerjena v izkoriščanje posameznih sekundarnih proizvodov in ne toliko v prirajo mesa in maščob. Glede na primerljiv delež volov in krav sta utegnili biti v tem smislu sorazmerno enakovredno izkoriščana tako fizična moč teh živali za delo na polju in v transportu kot tudi njihova mlečnost (glej I. del/3.7). Prvo od obojega zelo neposredno dokazujejo tudi najdbe kosti s specifičnimi patološkimi deformacijami, katerih nastanek navadno povezujemo prav z izpostavljenostjo skeleta dolgotrajnim fizičnim (pre)obremenitvam (glej I. del/3.7; sl. 75b, c). Navkljub nedvomno velikemu ekonomskemu pomenu posameznih sekundarnih proizvodov reje pa se je ob zakolu zdravih živali seveda na mizah znašlo tudi njihovo meso. Pravzaprav je vsled tedanje vsesplošne razširjenosti govedoreje in sorazmerno velike mase krav, bikov in volov povsem jasno, da je bila za lokalno prebivalstvo osrednji vir beljakovin prav govedina. Morda tudi zaradi tega ta kulinarčno ni bila pretirano cenjena (glej npr. MacKinnon 2004, 217).

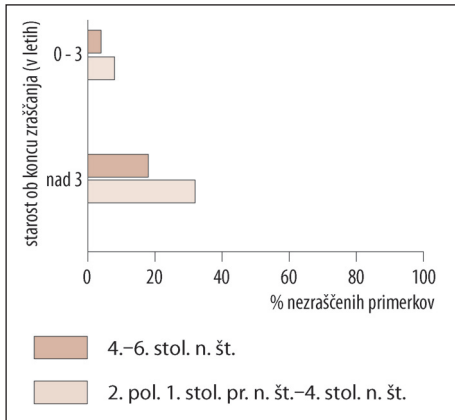
Pomemben segment raziskave je bil namenjen odkrivanju različnih vidikov družbeno-ekonomske, funkcionalne ali celotne etnične diferenciacije tedanje družbe. Tovrstne razlike so bile pričakovano najbolj prepoznavne v okviru večjih mest. Solidna zastopanost kulinarčno zelo priljubljenih divjadi in domačega prašiča med gradivom z lokacije *NUK II* (vzorec *NUK IIb*), ki leži znotraj obzidja nekdanje Emone, je bila tako interpretirana kot odsev višjega statusa tam živečih ljudi v primerjavi s prebivalci predmestnih četrti. Razpoložljivi arheozoološki podatki z obrobnejših lokacij namreč izkazujejo predvsem prevlado govejih ostankov, divjad pa skoraj v celoti manjka. Delno bi pri tem lahko šlo tudi za odsev funkcionalne diferenciacije prebivalstva. Lokacija *NUK II* naj bi bila namreč v času razcveta rimske Emone namenjena javnim termam ter z njimi povezanim trgovskim in obrtnim dejavnostim. V nasprotju s tem so kosti z obrobja ali celo zunaj urbaniziranega območja

mesta izvirale iz posameznih produkcijskih jeder (npr. lončarska četrt na območju lokacije *SNG Opera*) oziroma agrarnih površin (lokacija *Tobačna*).

Poseben komentar v tem smislu zasluži ugotovljen večinski delež prašiča na območju domnevnega zgodnjerskega vojaškega vadbenega tabora na lokaciji *NUK II* (vzorec *NUK IIa*; sl. 140). Dejstvo namreč je, da med arheozoološkim gradivom iz okvirno sočasnih kontekstov z območja osrednje Slovenije prevladujejo ostanki goveda, prašič pa večinoma zaostaja celo za drobnico (Andrič s sod. 2012, 413). Ker naj bi bila za vojaško moštvo večinoma italskega porekla, ki je postavilo tabor na lokaciji *NUK II*, svinjina dejansko pomemben del kulinarčne tradicije, bi namreč lahko v netipični sestavi arheozoološkega gradiva z omenjenega najdiščnega konteksta iskali odsev etničnega porekla teh ljudi. Navsezadnje so do podobnih ugotovitev prišli tudi ob raziskovanju nekaterih drugih okvirno sočasnih vojaških taborov z večinskim italjskim moštvom na obrobju tedanje rimske države (npr. King 1999, 144). Žal pa je nabor analiziranih najdb v gradivu z *NUK II* zelo skromen (NISP = 114), kar narekuje izjemno previdnost pri oblikovanju kakršnih koli dokončnih sklepov.

S prehodom iz 4. v 5. stoletje n. št. se na območju zahodnorimskega imperija (in torej tudi današnje Slovenije) začne obdobje pozne antike, ki okvirno traja do leta 600. Gre za čas izrazite varnostne in politične nestabilnosti, ki je pospešila zamiranje mest in drugih naselbin v nižinskem svetu z vzpostavljanjem novih utrjenih višinskih postojank na bolj oddaljenih in zato manj izpostavljenih območjih (Ciglenečki 1999, 287). Seveda so se te spremembe kazale tudi v lokalni ekonomiji, predvsem skozi težnjo po vse večji samozadostnosti posameznih skupnosti. Pri živinoreji se je to zelo očitno pokazalo v upadu obsega govedoreje zaradi povečanja vzrejno manj zahtevne reje drobnice, prašiča pa tudi perutnine. Tako je izmed šestih analiziranih kontekstov poznoantične starosti govedo zares prevladovalo zgolj še v enem (*Ivančna Gorica*), v gradivu s *Tonovcovega gradu* (prva poznoantična faza oz. PA1) je bil njegov delež primerljiv z deležem drobnice, drugod pa so se v ospredje bolj ali manj očitno že prebili posamezni manjši domestikati (ovca, koza, prašič; sl. 140).

Vzporedno z upadom obsega govedoreje so se zgodile tudi velike spremembe v sami sestavi govejih čred. Kot je pokazal v povprečju več kot desetodstotni upad velikosti kosti omenjenega **domestikata** v primerjavi s stanjem pred tem, je namreč težišče te živinorejske panoge z velike rimske pasme zopet prešlo na nizkorasle tradicionalne lokalne forme, ki so bile vzrejno manj zahtevne. Do določenih sprememb je prišlo tudi v spolni sestavi in starostni strukturi tedanjih čred, in sicer v smeri povečevanja deleža samic in zviševanja povprečne starosti ob zakolu. Žal so bili številni analizirani vzorci količinsko sorazmerno skromni, kar bi seveda utegnilo negativno vplivati na verodostojnost predstavljenih rezultatov. Po drugi strani pa se zdi trend ugotovljenih sprememb v luči tedanjih družbenih razmer pravzaprav logičen. Tako bi lahko v povečanem deležu krav odsevala nuja prebivalcev posameznih višinskih naselbin po kar najbolj samozadostni oskrbi s hrano, vključno s povečano potrebo po izkoriščanju mleka. Pred tem, tj. v času razcveta rimskega imperija, kravje mleko na območju Italije namreč v splošnem ni bilo posebej priljubljeno, dasiravno je bil po dobrih mlekaricah znan ravno predalpski svet (MacKinnon 2004, 94, 205–206). Poleg tega je zmanjšanje obsega optimalnih kmetijskih in pašniških površin ob selitvi v višinske postojanke kmete sililo v iskanje kompromisov med potrebo po zagotavljanju zadostnih količin krme za živino na eni strani ter poljščin zase in družino na drugi. Pri tem pa so z zamenjavo volov s kravami, ki so jih domnev-



Sl. 142: Delež kosti domačega goveda z nezraščanima epi- in diafizo med ostanki odlomkov skeletnih elementov, pri katerih se omenjeno zraščanje konča pred dopolnitvijo tretjega leta starosti (zgoraj) oziroma po njej (spodaj). Podatki se nanašajo na rimskodobna najdišča s Slovenskega in so prikazani ločeno za gradivo iz časa od sredine 1. stoletja pr. n. št. do okvirno 4. stoletja n. št. (N = 1.014) in za tisto iz časa od 4. do 6. stoletja n. št. (N = 91).

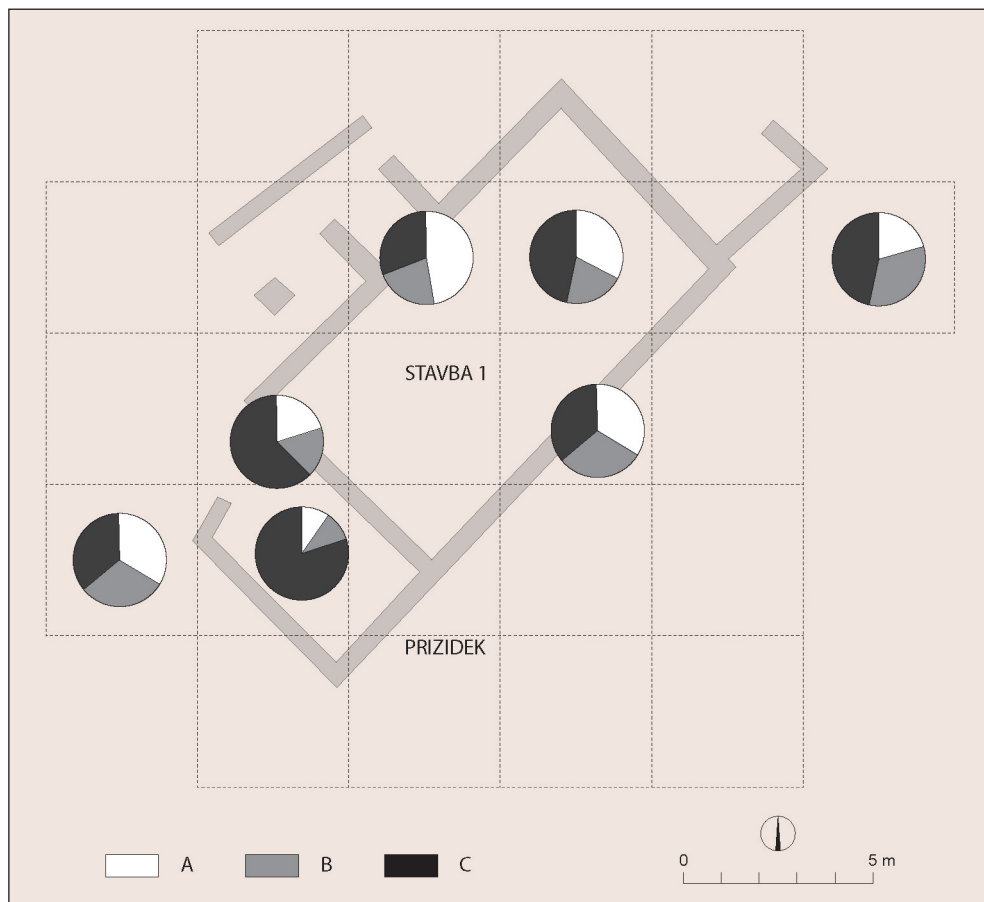
no intenzivneje začeli izkoriščati tudi kot delovno živino, lahko pomembno omejili potrebo po pašniških površinah.

V tem miselnem kontekstu je mogoče najti tudi razlago za domnevno povišanje povprečne starosti goveda ob zakolu. Da se je to bržčas zgodilo, priča upad deleža kostnih najdb s še nezraščanima epi- in diafizo med ostanki tistih skeletnih elementov, kjer se to zraščanje konča pri starosti okrog treh let. To namreč pomeni, da je bil v zakol poslan bistveno nižji delež do treh let starih telet kot pred tem (glej uokvirjeno besedilo na str. 113; sl. 142). Pravzaprav je do takšnih zakolov, ki so imeli za cilj izkoriščanje okusnejšega mesa mlajših živali, tudi v času razcveta rimske države praviloma prihajalo zgolj v okviru specializiranih govedorejskih centrov velikega obsega. Le tu naj namreč premišljen odvzem določenega števila telet ne bi ogrozil reprodukcijske zmožnosti črede. Povprečen manjši kmetovalec iz podeželskega naselja oziroma – če govorimo o poznoantičnem času – prebivalec odmaknjene višinske naselbine, ki je moral dajati prednost vzreji goveda kot delovne in morebiti tudi mlečne živine, pa naj si česa takega praviloma niti ne bi mogel privoščiti (MacKinnon 2004, 208–211, 215–217).

Kljub številnim očitnim kazalcem upada življenjske ravni poznoantičnega prebivalstva v tem delu Evrope pa izsledki analiz porazdelitve živalskih ostankov v prostoru še vedno kažejo obstoj določenih socialno in morebiti tudi funkcionalno pogojenih razlik v jedilniku posameznih slojev. V okviru naselbine *Ajdovski gradec* nad Vranjim je bil tako delež prašičjih in ribjih najdb v njenem prestižnejšem, osrednjem delu bistveno višji kot na njenem obrobju (Bartosiewicz 1999a, 315). Podobno je Toškan (2013, 57) nadpovprečno visok delež kosti iz najbolj mesnatih delov goveda na območju cerkvenega kompleksa *Tonovcovega gradu* nad Kobaridom pogojno povezal s specifično vlogo duhovnika in njegovih sodelavcev v tedanji družbi. Še očitnejša razlika v zastopanosti ostankov bolj ali manj cenjenih delov trupa v okviru navedenega najdišča pa je bila sicer ugotovljena med gradivom iz notranjosti glavnega prostora t. i. stavbe 1 in tistim iz njenega veliko manj kakovostno grajenega in neprimerno manjšega prizidka (sl. 143). Verjetnost, da bi bila ta razlika zgolj plod naključja, je manjša kot pet odstotkov. Na podlagi navedenega in ob upoštevanju nekaterih drugih razlik med obema prostoroma (površina, kakovost gradnje, arheološke najdbe; Ciglenečki s sod. 2011, 80–93) kaže presežek kosti iz najmanj mesnatih

delov trupa goveda, drobnice in prašiča na območju prizidka razumeti prav kot odsev razkoraka med jedilnikom gospodarjev (glavni prostor) in njihovih hlapcev (prizidek).

Sklepni del raziskave o pomenu goveda v romaniziranem jugovzhodnoalpskem prostoru je bil namenjen prepoznavanju vloge te vrste v duhovnem svetu antičnega človeka (Toškan 2013, 49–53). Žal je bil nabor razpoložljivih podatkov za izvedbo takšne študije silno skromen, a delež goveda v okviru posameznih grobišč in edinega arheozoološko analiziranega rimskodobnega svetišča pri nas je praviloma povsod močno zaostajal za vrednostmi iz posameznih naselbinskih kontekstov. Kaže torej, da je bila simbolna vloga tega domestikata sorazmerno skromna. Seveda pa je treba pri tem omeniti tudi možnost, da so prednamci bodisi v grobove bodisi na svetišča večinoma vstavljali/prinašali že očiščeno goveje meso in da so kosti že pred tem zavrgli drugje.



Sl. 143: Delež zastopanosti ostankov iz najbolj (kategorija A), srednje (kategorija B) in najmanj mesnatih delov trupa (kategorija C) domačega goveda, drobnice in prašiča znotraj gradiva druge poznoantične faze *Tonovcovega gradu* z območja stavbe 1, njenega prizidka in njune bližnje okolice. Podatki so prikazani po kvadrantih velikosti 4 x 4 m, in sicer samo takrat, ko je bilo znotraj posameznega kvadranta najdenih najmanj 20 taksonomsko opredeljenih kosti in zob.

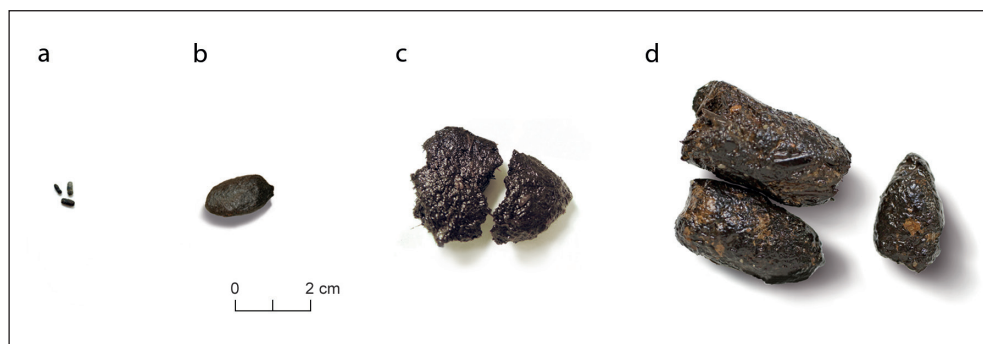
## 7 Izpovedna vrednost po presoji odvzetih vzorcev

Naravoslovne raziskave v arheologiji imajo nemalokrat pomembno vlogo tudi pri analizah t. i. 'po presoji odvzetih' arheobotanično ali arheozoološko zanimivih vzorcev, ki jih arheologi na terenu opazijo s prostim očesom in jih namerno odvzamejo (glej I. del/2.4.1, str. 64), tj. vzorčijo skupaj s čim več sedimenta okoli njih. Arheobiologi najdbo v celoti v laboratoriju primerno obdelamo (očistimo, dokumentiramo, podvzorčimo) in analiziramo z različnimi pristopi. V nadaljevanju bodo predstavljeni trije primeri tovrstnih arheobotaničnih raziskav.

### 7.1 Fosilni iztrebki ali koproiliti

Različne študije so dokazale, da se lahko nekatera semena, zrna, pleve in tudi mikroostanki, npr. pelod, spore gliv, fitoliti, mikroogljje, ostanki žuželk in jajčeca zajedavcev pri prehodu skozi prebavni trakt živali ali ljudi ohranijo do prepoznavnosti (npr. Charles 1998; Hall in Kenward 1998; Akeret in Jacomet 1997; Kühn in Hadorn 2004; Marti 2004; Haas 2004; Kühn s sod. 2013; Kühn s sod. v tisku).

Ker so se domače živali v preteklosti neomejeno gibale tudi znotraj naselbinskega prostora, so v arheoloških plasteh pogosto odkriti tudi njihovi iztrebki (sl. 144). Različne analize teh fosilnih iztrebkov ali koproilitov lahko neposredno vplivajo na diskusije o prazgodovinskem sistemu živinoreje, krmljenju in o zgodovini oz. nastanku kulturne krajine (Maier 2004; Herbig 2009b). Pomemben vir arheobotaničnih podatkov so lahko



Sl. 144: Koproliti z najdišča *Stare gmajne*: a) malih sesalcev, velikosti miši; b) koz ali ovac, c) goveda in d) psa.

tudi človeški iztrebki, ki vsebujejo neprebavljene rastlinske dele, npr. žitne otrobe in manjša semena, ki so bila ob hranjenju cela pogoltnjena (npr. Maier 2001; Dickson 1989; Britton in Huntley 2011). Prevlada žitnih otrobov v njih priča npr. o velikem pomenu žitne prehrane za človeka (Maier 2001).

Prepoznavanje koproilitov med izkopavanji je pogosto težavno (Kühn s sod. 2013), zato so največkrat odkriti šele med spiranjem sedimenta oz. flotiranjem organskih ostankov (glej I. del/2.5.1, sl. 41), torej v poizkopavalnem laboratorijskem delu. Koproiliti ovac in koz ter malih sesalcev (npr. miši) so lahko prepoznavni, ker se iz telesa izločijo v obliki "bobkov", lebdiijo (flotirajo) na vodi (glej I. del/2.5.1; sl. 144a in b) in se ob nežnem spiranju ujamejo na sitih. Večji skupki bolj kompaktnega materiala, ki bi lahko bili ostanki iztrebljanja prežvekovalcev (npr. goveda), tudi gnoja, so veliko težje prepoznavni (Akeret in Rentzel 2001; Jacomet 2013; Kühn s sod. 2013; sl. 144c). Kljub morebitnim higienskimi pomislekom predstavljajo živalski iztrebki izjemno arheobotanično najdbo, zato jih je treba na terenu primerno vzorčiti in shraniti za kasnejše intenzivnejše raziskave (npr. Akeret s sod. 1999; Kühn s sod. 2013; Kühn s sod. v tisku; glej primere v nadaljevanju).

Na najdišču *Arbon-Bleiche 3* je bilo odkritih več fosilnih iztrebkov, predvsem ovac in koz, ter nekaj primerkov govejega govna in celo človeških iztrebkov, ki so jih natančneje opredelili šele po pregledu njihove vsebine (Kühn in Hadorn 2004). Človeški iztrebki se namreč od živalskih razlikujejo po tem, da so v njih ohranjeni rastlinski ostanki podobnega spektra kot so ostanki, ohranjeni v posodah, v katerih so pripravljali hrano. V njih je bilo tako najdenih npr. veliko kostnih fragmentov ter ostankov gojenih (pelod žit, otrobi, ostanki semen lanu) in nabiranih rastlin (npr. jabolčni perikarpi). Analiza človeških iztrebkov nam poleg rekonstrukcije nekdanjega jedilnika omogoča rekonstruirati tudi tedanje prehranjevalne navade ljudi, npr. ali so vse te identificirane reči jedli skupaj, tj. kombinirano, ali vsako zvrst hrane posebej (Maier 2001; Kühn in Hadorn 2004; Britton in Huntley 2011). Pri nekaterih koproilitih je bilo mogoče odkriti tudi znake bolezni, npr. črevesnih parazitov, kar prinaša podatke tudi o higieni in zdravju ljudi. V več koproilitih so odkrili npr. ostanke trakulje (npr. Le Bailly s sod. 2003; Le Bailly in Bouchet 2004; Marti 2004).

Odkrivanje izvora iztrebka in ali sploh gre za iztrebek, se je večkrat izkazalo kot težavno. Pri tem lahko pomaga **mikromorfološka** in arheobotanična analiza. Akeret in Rentzel (2001) sta analizirala domnevne ostanke govejega govna z najdišča *Arbon-Bleiche 3* in ugotovila, da se od kozjih in ovčjih razlikujejo po obliki, medtem ko je vsebnost rastlinskih makroostankov v njih podobna. Z mikromorfološkim analizami sta potrdila domnevo o govejem govnu, katerega značilnosti so plastovita (večslojna) struktura, majhen delež **alohtonega** materiala iz okolja (npr. mulja), notranjost iztrebka je bolj rahla, zunanje plasti pa gostejše in zbite (tudi Courty s sod. 1991; Macphail s sod. 1997).

Pri interpretaciji rastlinskih makroostankov v iztrebkih z arheološkega najdišča nam lahko pomaga analiza recentnih iztrebkov (npr. Akeret in Rentzel 2001; Tolar 2013a) in vedenje o posebnostih prebavnega sistema posamezne živalske vrste (npr. Atkeson s sod. 1934; Gardener s sod. 1993). Raziskave kažejo, da semena večine rastlinskih vrst prestanejo pot skozi prebavni trakt v različnih stanjih, v odvisnosti od velikosti, oblike in trdnosti semenske lupine. Zaključujejo, da se v iztrebkih zagotovo ohrani vsaj nekaj semen, ki so bila zaužita v večjih količinah. Analiza štirih govejih iztrebkov z najdišča *Arbon-Bleiche 3* je tako npr. pokazala, da se je govedo hranilo predvsem z gozdnim in obgozdnim rastjem. V njih so našli ostanke listov listavcev, iglic jelke (*Abies alba*) in tudi večinoma jelovega

lesa. Tako so ugotovili, da obsežnejših travniških površin zelo verjetno ni bilo veliko, kar potrjuje tudi več arheobotaničnih in palinoloških raziskav z obalpskih kolišč (glej II. del/5.2; npr. Jacomet s sod. 1989, 245; Hosch in Jacomet 2004, 150; Haas in Magny 2004; Brombacher in Hadorn 2004; Kühn in Hadorn 2004; Haas 2004; Kohler-Schneider in Caneppele 2009; Tolar s sod. 2011; 214; Jacomet 2014). Temu so bile očitno prilagojene tudi tedanje živali. Prehrana današnjega goveda namreč sloni na zeliščnih (travniških) rastlinah. Zelo verjetno pa so bile domače živali v preteklosti dodatno krmljene tudi z ostanki trebljenja žit in slamo. Analiza vsebnosti rastlinskih ostankov v koprolitih je dovoljevala tudi rekonstrukcijo sezone, v kateri so bili iztrebljeni. V treh izmed štirih iztrebkov so bili med drugim odkriti tudi ostanki bele omele, značilne zimske krme še iz zgodovinskih obdobj (npr. Troels-Smith 1960). Ena izmed podvrst te zimzelene rastline (*Viscum album* ssp. *abietis*) je značilen zajedavec ravno na jelkah, najpogosteje identificirani vrsti v raziskanih govejih koprolitih. Sklep, da je v naselbini prisoten (ohranjen) samo zimski gnoj, podpirajo tudi številne bodice rožnic, najverjetneje robid (*Rubus fruticosus* agg.), in fragmenti listov praproti – obe značilni zimski krmi. Iz tega dejstva je bilo mogoče sklepati tudi, da so se živali poleti pasle zunaj naselij (Akeret in Rentzel 2001). To ugotavljata tudi Kühn in Hadorn (2004), ki sta s še podrobnejšo analizo ohranjenih **epidermisov**, ne le rastlinskih makroostankov (tj. semen, listov/iglic in bodic) v arheološkem govnu iz najdišča *Arbon-Bleiche 3*, dognala, da je bilo govedo, poleg jelke in bele omele, krmljeno tudi z bršljanom (*Hedera helix*) ter suhimi listi in mačicami. Velik delež jelovih ostankov v govejem govnu kaže tudi, da so živali krmili v naselju, saj so bila jelova debla na tem najdišču med daleč najbolj priljubljenimi za konstrukcijo kolišč (glej II. del/4.2) in so tako veje in iglice jelke predstavljale odpaden material, uporabljen za najverjetneje zimsko krmo. Mogoče je, da so bile praproti in robide popasene zunaj naselbine, saj lahko živali po njih posežejo tudi same.

#### BRŠLJAN IN BELA OMELA, ČLOVEKU STRUPENI RASTLINI, V PRETEKLOSTI POMEMBNI ZIMSKI KRMNI RASTLINI

Čprav cela rastlina bršljana vsebuje strupeno snov hederin, ki je človeku nevarna, je v gozdu pomemben vir hrane za živali, še zlasti v zimskem času. Srnjad rada obžira njegovo listje, s plodovi se hranijo ptice in tako raznašajo semena (Brus 2008). Nekateri rastlinski deli vsebujejo tudi več zdravilnih učinkovin, zato je bila rastlina verjetno uporabljena tudi tako.

Tudi bela omela, predvsem njeni plodovi, vsebuje za človeka strupene učinkovine. Pa vendar je to rastlina, še posebej njeni zimzeleni listi, ki jih, po ljudskem zdravilstvu, nabiramo pozimi, z izjemnimi zdravilnimi učinki, poznanimi že več tisoč let. Njene plodove pa so uporabljali tudi za pripravo limanic oz. lepila za lovljenje manjših živali (ptic, polhov idr.). Več o prehranskih vrednostih zimzelenega rastja in njihove namenske izrabe v prazgodovini najdemo v članku Hejzman s sod. 2014.

Ker so koproliti ovac in koz veliko lažje prepoznavni (sl. 144b), je bilo na njih narejenih tudi več raziskav, sprva predvsem palinoloških (npr. Troels-Smith 1955b; Körber-Grohne 1982; Richard 1986; Haas in Hadorn 1998; Haas s sod. 1998b), pozneje pa tudi botaničnih makroostankov (tj. semena, plodovi, ostanki vej, listov, iglic in lesni ostanki; npr. Rasmussen

1993; Akeret in Jacomet 1997; Karg 1998). Analize 311 fosilnih iztrebkov koz oz. ovac z najdišča *Arbon-Bleiche 3* so veliko boljše izhodišče za razumevanje gospodarjenja z domačimi živalmi kot prej obravnavani zgolj štirje goveji iztrebki z istega najdišča. Pa vendar so sklepi podobni, in sicer, da so bili vsi iztrebki iztrebljeni v obdobju od pozne jeseni do zgodnje pomladi, torej v zimskem času (Akeret s sod. 1999). Vseh 311 koprolitov je bilo analiziranih makroskopsko (rastlinski makroostanki), 20 pa tudi mikroskopsko (npr. pelod, ostanki epidermisov). V njih je bilo ohranjenih le malo rastlinskih makrofosilov, še manj semen in plodov. Tudi pelod je bil prisoten v nizkih koncentracijah, z izjemo peloda leske (*Corylus avellana*) in jelše (*Alnus glutinosa*). Ugotovljena sta bila dva glavna tipa prehrane, oba zimskega značaja: prvi, pogostejši tip sestoji iz ostankov robidnic (tudi bodic na listih in steblih) in v splošnem z zelo malo peloda – kar kaže najverjetneje zimsko pašo, lahko tudi krmljenje, saj je robida ena redkih rastlinskih vrst v Evropi, ki pozimi ostanejo zelene, poleg tega so njihovi listi priljubljena hrana koz (Wessely 1877; Watson 1958). Tudi plodovi robidnic so lahko zimska hrana, saj ostanejo na rastlini dolgo, lahko v tudi že posušenem stanju. Ker živali to rastlino dosežejo same, saj zraste le do 2 metra visoko, so se verjetno pasle v bližini naselbine še dolgo v zimo. Ko se je začelo obdobje pomanjkanja paše in visok sneg, je prišlo na vrsto krmljenje. To dokazuje drugi, redkejši tip koprolitov, ki vsebuje ostanke krmnih rastlin, predvsem jelove iglice in pelod ter prašnike zgodaj cvetočih dreves/grmovnic, kot sta leska in jelša (Akeret s sod. 1999). Nekaj je bilo tudi iztrebkov brez ohranjenih rastlinskih makroostankov, ki so imeli tudi zelo nizko pelodno koncentracijo, kar zopet potrjuje domnevo o izključno zimskih iztrebkih, ohranjenih v naselbini. Raziskava koprolitov z *Arbon-Bleiche 3* torej predvideva sezonsko skrb ljudi iz 4. tisočletja pr. n. št. za domače živali, saj vse kaže, da so bile krmljene in varovane v naselbini samo v zimskem času, tj. v času, ko se same niso mogle napasti (tj. v visokem snegu). Večji del leta so se živali prosto pasle (tudi del zime) zunaj naselbine. Koproliti, ohranjeni v naselbini, dokazujejo, da so bile živali v zimskem času deloma varovane v naselbini (verjetno ponoči in ob pomankanju hrane zaradi snega), deloma pa so se pasle zunaj naselbine. Vse kaže, da živali niso bile varovane v naselbini med letom (tj. od pozne pomladi do jeseni) – kar morda že nakazuje možnost letne (sezonske) paše v "planinah", torej premestitev živali v regije z drugačnimi podnebnimi razmerami (tudi npr. Akeret in Jacomet 1997). Raziskava kaže tudi, da je bilo krmljenje (z listi/iglicami/vejami) pomembnejše za govedo, kar je razumljivo, saj so ga neolitski kmeti gotovo bolj cenili kot drobnico. Govedo je nedvomno imelo tudi več težav pri preživetju zime, saj potrebuje več krme, ki mora biti boljša in bolj raznolika. Z zgolj štirimi kravjimi iztrebki se tega ne da trditi, zato so potrebne nadaljnje raziskave, ki bodo v prvi vrsti pogojene z novimi odkritji koprolitov.

Da so bile veje jelke pomembna zimska krma, pričajo tudi ostanki te rastline na drugih obalpskih koliščih, kjer bivališča niso bila grajena na jelovih kolih, temveč na hrastovih in jesenovih (tako kot kolišča z Ljubljanskega barja), kar pomeni, da jelove veje niso bile odpadni gradbeni material, tako kot v primeru *Arbon-Bleiche 3*, ampak so jih prinašali v naselbino za krmo in steljo. Pri odgovoru na vprašanje, kaj rastlinskega bi sploh še lahko bilo primerno za zimsko krmo, moramo upoštevati rezultate drugih raziskav. Vemo, da v okolici kolišč zelo verjetno ni bilo veliko travnih površin, torej verjetno tudi ne sena za zimo (npr. Behre in Jacomet 1991; Brombacher in Jacomet 1997; Hodgson s sod. 1999; glej tudi II. del/5.2). Pomembnejšo vlogo bi lahko imelo skladiščenje suhega drevesnega listja, kar potrjujeta dva rezultata več raziskav. Opažena so očitna nihanja v pelodnem diagramu



različnih drevesnih vrst v neolitiku, npr. upad bresta (*Ulmus* sp.), kar je obrazloženo kot posledica namernega obvejevanja brestov (npr. Faegri 1940; 1944; Kalis 1988). Nadalje so v arheoloških plasteh pogosto odkrite tudi veje in vejice te drevesne vrste – interpretirane kot ostanek krmljenja z njegovimi listi ali vejami (npr. Rasmussen 1989a; 1989b; 1993).

Sistematično zbiranje in kartiranje po presoji odvzetih vzorcev (najdb), tudi koproli-tov, lahko pokažejo tudi njihove morebitne koncentracije na določenih območjih zunaj ali znotraj hiš ter tako pomagajo prepoznati mesta iztrebljanja in rekonstruirati izrabo naselbinskega prostora (npr. Maier 2001).

## 7.2 Material iz nepopolno žganega predmeta, izdelanega iz gline

Med izkopavanji na kolišču *Stare gmajne* (datirano pribl. 3160–3100 cal BC) leta 2006 so arheologi Inštituta za arheologijo ZRC SAZU naleteli na nepopolno ožgan glinen predmet, ki je bil v celoti ohranjen (sl. 145), vendar se je “ponesreči” ali “k sreči” med izkopavanjem v zgornjem delu preklal (glej sl. 146). Po čiščenju se je izkazalo, da gre za izjemno veliko, 22 cm visoko in 14,4 cm široko piramidalno utež, ki se je zdela votla (Velušček 2009b, 68).



Sl. 145: *Stare gmajne* (izkopavanja 2006). Glinasta utež “in situ”. Povzeto po: Velušček 2009b, 68, slika 3.21.

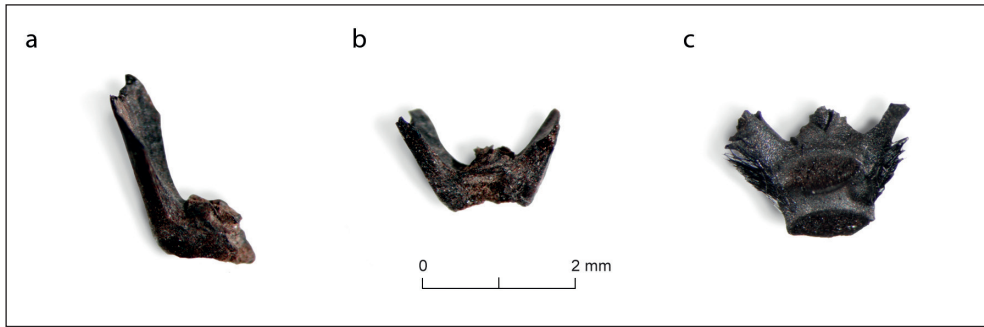


Sl. 146: Stare gmajne (izkopavanja 2006). Utež ob čiščenju. Povzeto po: Velušček 2009b, 68, slika 3.22.



Sl. 147: Zogleneli in napol zogleneli ostanki trebljenja žit v materialu iz nepopolno žgane glinene uteži: a) odlomki rahisa z ostankoma ogrinjalnih plev enozrne pšenice (*Triticum monococcum*), b) ostanki ogrinjalnih plev dvozne pšenice (*Triticum dicoccum*), c) odlomki rahisov ječmena (*Hordeum vulgare*). Povzeto po: Tolar s sod. 2016.

Glinen, z vodo prepojen material oz. sediment, ki je zapolnjeval utež, smo v laboratoriju skrbno izkopali iz uteži in ga mokro presejali (oz. nežno sprali) na sitih z velikostjo odprtin 2 mm in 0,355 mm. Na sitih so se ujeli zogleneli in napol zogleneli rastlinski makroostanki, v večini ostanki trebljenja žit (tj. žitne pleve in fragmenti rahisov; glej I. del/2.2, sl. 32 in 34) (sl. 147; Tolar s sod. 2016). Ugotovili smo, da je bila notranjost uteži



Sl. 148: Ostanek ogrinjalne pleve dvozrne pšenice (a), odlomek rahisa z ostankoma ogrinjalnih plev enozrne pšenice (b), odlomek rahisa ječmena (c).

zapolnjena z originalnim glinenim materialom, ki so ga koliščarji uporabljali za izdelavo večjih glinenih predmetov, kot je npr. obravnavana utež, in ne s sedimentom, ki bi lahko utež zapolnil po opustitvi uporabe tega predmeta (Tolar s sod. 2016).

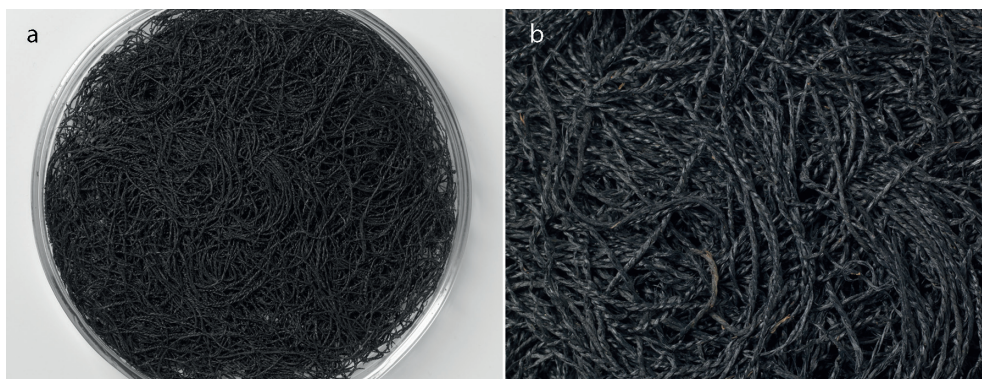
Glini so bili namenoma dodani ostanki trebljenja žit, da bi povezali oz. utrdili predmet. Dodajanje rastlinskega materiala h glini, predvsem za izolacijo sten in utrjevanje večjih posod, je bil na različnih koncih sveta v tem času že dobro uveljavljen postopek (npr. Ernst in Jacomet 2005; Borojevič 2006, 125; Kohler-Schneider 2007, 212), vendar ga na slovenskih arheoloških najdiščih doslej še nismo uspeli dokazati. Tokrat smo lahko prvič sistematično raziskali tovrstni rastlinski material, pri čemer nam je uspelo ovrednotiti količino in vrsto oz. tip ter čistost predvsem žitnih plev, uporabljenih za utrjevanje glinenega materiala. V skoraj enem litru neožgane glinje smo tako identificirali več kot 1800 zoglenelih in napol zoglenelih dobro ohranjenih in lahko določljivih žitnih ostankov (predvsem odlomkov rahisa in ogrinjalnih plev; glej sl. 147 in 148) ječmena, dvozrne in enozrne pšenice (več o tem Tolar s sod. 2016). S tem smo znova potrdili gojenje treh vrst žit na Ljubljanskem barju v 4. tisočletju pr. n. št. (Tolar s sod. 2011; 2012).

### 7.3 Ostanke tekstila, vrvi ali sukanca

Tudi redke najdbe tekstila, vrvi ali sukanca sodijo med arheobotanične vzorce, odvzete po presoji, ki jih obravnavamo posebej in skušamo iz njih pridobiti čim več informacij. Ostanke zoglele eneolitke preje, ki so bili pred kratkim najdeni na kolišču *Stare gmajne* (Velušček 2009c; Pajagič Bregar s sod. 2009), so bili ob odkritju neprepoznavno sprijeti s kepico blatne zemlje (sl. 149). Pozorno oko arheologa je kepico blata s skorajda neopaznim prepletom niti prepoznalo kot morebiten arheobiološki artefakt. Podrobnejša analiza, ki je sledila nežnemu konservatorskemu čiščenju organskih ostankov v blatu, je pokazala, da gre za pooglenele ostanke prepleta množice niti rastlinskega izvora (sl. 150), zraven pa je bilo ohranjenih tudi nekaj (skupaj 18) zoglenelih ječmenovih zrn. Poleg pooglenitve zaradi domnevnega požara (plast, v kateri je bila odkrita preja, je bila namreč žganinska) so k ohranitvi pribl. 5100 let starega organskega artefakta nedvomno pripomogli tudi anaerobni pogoji v ilovnatih barjanskih tleh.

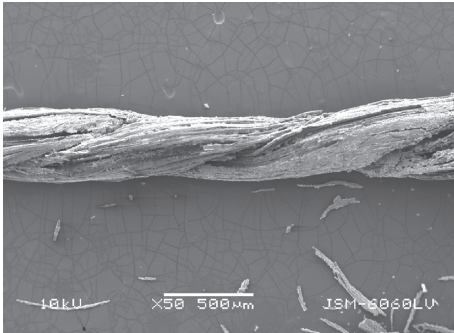


Sl. 149: *Stare gmajne* (izkopavanja 2006). Ostanke preje takoj ob odkritju. Povzeto po: Pajagič Bregar s sod. 2009, 309, sl. 15.1.



Sl. 150: Preja s *Starih gmajn* po restavriranju (a) in detajl (b). Povzeto po: Pajagič Bregar s sod. 2009, 316, sl. 15.7.

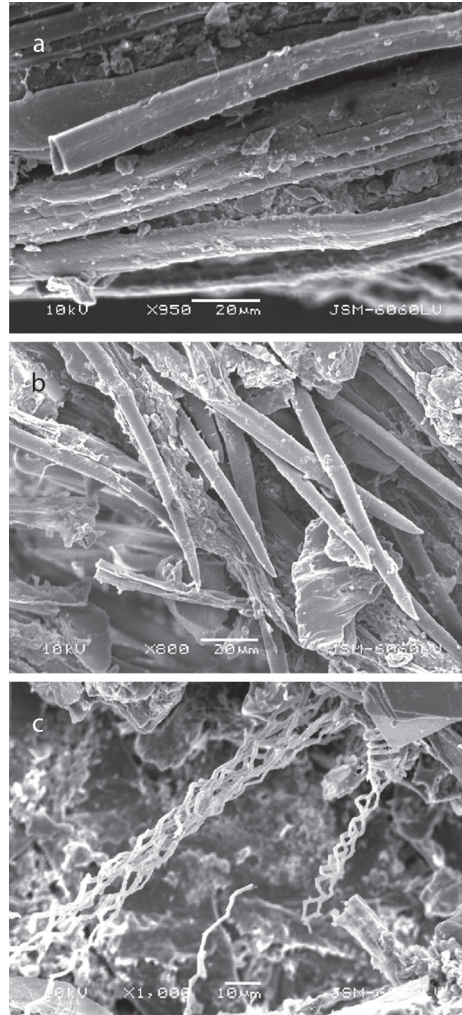
Sodelavci Inštituta za arheologijo ZRC SAZU smo v sodelovanju s Tekstilno fakulteto v Ljubljani in Konservatorskim centrom Narodnega muzeja v Ljubljani to izjemno najdbo kar se da natančno preiskali in dokumentirali. Osnova preje sta dve tanjši niti, ki ju tvorijo



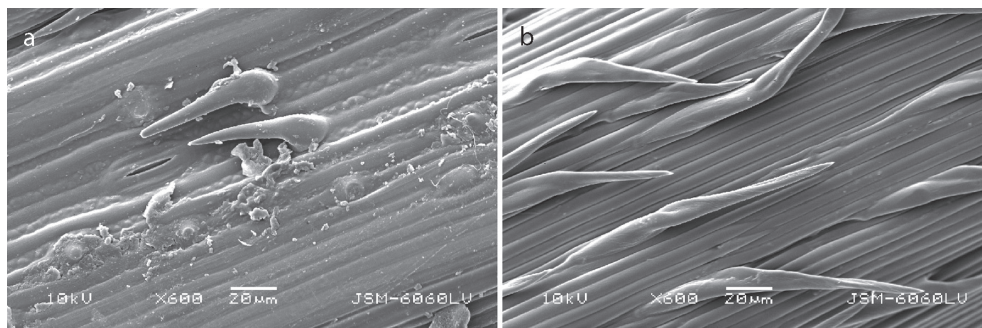
Sl. 151: Posamezna enota pooglenele preje je sestavljena iz dveh sukanih niti. Povzeto po: Pajagič Bregar s sod. 2009, 311, sl. 15.3.

izjemno fina vlakna in sta enakomerno spredeni s sukanjem v S-smeri (sl. 151; Pajagič Bregar s sod. 2009). Zdi se, da bi lahko bila odkrita preja zvita v klopčič in pripravljena za tkanje platna oz. finejše tekstilije ali sukanje vrvi (npr. Leuzinger 2002). Očiščena vlakna smo pregledali pod elektronskim **vrstičnim mikroskopom**, ki omogoča do 400-kratno povečavo (sl. 152), in ugotovili, da gre za vlakna celuloznega rastlinskega izvora, kar je potrdila tudi kemična analiza. Slednja je potrdila tudi odsotnost lignina, kar pomeni, da ne gre za lesen material. V obdobju, iz katerega izhajajo tekstilna najdba, so bila namreč za izdelavo tovrstnih predmetov pogosto uporabljena tudi vlakna skorje dreves (npr. Müllauer in Ramsel 2007; Reichert 2007; A. Rast, osebna komunikacija).

Vpogled v anatomsko zgradbo arheološke preje z vrstično mikroskopijo je pokazal tri specifične lastnosti (znake) na arheoloških rastlinskih vlaknih (sl. 152; Pajagič Bregar s sod. 2009). Opisane značilnosti treh tipov vlaken smo skušali poiskati na vlaknih nekaterih recentnih rastlin, ki bi lahko bile potencialen vir arheološkega vlaknenga materiala. Dobro viden preplet dveh (oz. treh) tipov vlaken (sl. 152) nas je vodil k sklepu, da gre morda za rastlino s stebelnimi in daljšimi semenskimi vlakni, torej s semeni/plodovi, obdanimi s plevami in resami, kakršni so plodovi trav. Mogoče pa je seveda tudi, da je bila preja spredena iz vlaken dveh ali več različnih vrst rastlin. Za natančnejšo identifikacijo smo proučili in med seboj primerjali elektronske slike vlaken nekaj rastlinskih vrst:



Sl. 152: Prisotnost treh tipov vlaken v preji: a) daljša, ravna, gladka stebelna vlakna, b) krajša, gladka, na koncih ošiljena semenska vlakna in c) spiralne strukture med vlakni. Povzeto po: Pajagič Bregar s sod. 2009, 312, sl. 15.4.



Sl. 153: Stebelna vlakna stoklase (a) in semenska vlakna bodalice (b) pod elektronskim mikroskopom kažejo nekaj podobnosti z vlakni preje s *Starih gmajn*. Povzeto po: Pajagič Bregar s sod. 2009, 314, sl. 15.6.

- lanu (*Linum usitatissimum*), v času koliščarjev gojene rastlinske vrste,
- konoplje (*Cannabis sativa*), ki naj bi se kot **kulturna rastlina** na slovenskih tleh pojavila sicer šele v srednjem veku (tj. pred koncem 15. stoletja; po virih iz srednjeveških urabrijev [Ž. Zwitter, osebna komunikacija]), vendar je bila rastlina najverjetneje v osrednji Evropi poznana in uporabljena že v železni dobi (npr. Werneck 1949; Swidrak 1999; Boenke 2007), zagotovo pa s prihodom Rimljanov (npr. Dörfler 1990) in bila od pribl. leta 500 n. št. že značilna kulturna rastlina za pridobivanje tekstilnih vlaken (Simmonds 1979),
  - stoklase (*Bromus* sp.), katere zoglenela semena so pogosto prisotna v kulturnih plasteh koliščarskih naselbin,
  - bodalice (*Stipa* sp.), katere makroostankov zaenkrat sicer še nismo odkrili na barjanskih koliščih, vendar je rastlina zanimiva za primerjavo zaradi značilno dolgih “semenskih” vlaken – na podaljšani resi krovne pleve so namreč gosto nameščene nekaj mm dolge dlake,
  - ovsa, (*Avena* sp.), v času koliščarjev še nepoznane uporabne rastline, ki smo jo kot vzorčno vrsto z dolgimi “semenskimi” vlakni oz. resastimi podaljški (glej I. del/2.2, sl. 32) – na površini krovne pleve so namreč podobni laski kot pri bodalici – primerjali z ostalimi, v raziskavo zajetimi vrstami.

Glede na mikroskopske posnetke (sl. 151–153) in dejstva iz literature (npr. Herzog 1955; A. Rast, osebna komunikacija) smo izključili možnost prisotnosti lanu in konoplje v prepletu odkritih vlaken (podrobnosti v Pajagič Bregar s sod. 2009, 312–313). Še največ podobnosti z arheološkimi vlakni so kazala stebelna vlakna stoklase (sl. 153a) in semenska vlakna bodalice (sl. 153b), torej vrst iz družine trav (Poaceae). Za natančnejšo identifikacijo, tj. za katero vrsto iz družine trav gre, bi potrebovali mnogo večjo referenčno zbirko vlaken vrstno določenih rastlin, posnetih z vrstičnim mikroskopom.

Z odkritjem preje in raziskavo njenih vlaken smo, poleg ponovne potrditve odličnih spretnosti in iznajdljivosti koliščarjev, morda na dobri poti, da ugotovimo, ali in zakaj koliščarji s *Starih gmajn* lanu niso uporabljali za tekstilna vlakna, čeprav so rastlino že poznali in celo gojili (Tolar s sod. 2010; Tolar in Velušček 2009). Dodatne raziskave, predvsem na lanenih semenih (glej npr. Herbig in Maier 2011; tudi v II. delu/3.3), nam bodo pomagale odgovoriti na to vprašanje. Zaenkrat se lahko nagibamo le k domnevi, da je bila odkrita preja s *Starih gmajn* spredena iz vlaken nelesne rastlinske vrste, najverjetneje vrste iz družine trav.

# 8 Arheozoologija in zooarheologija

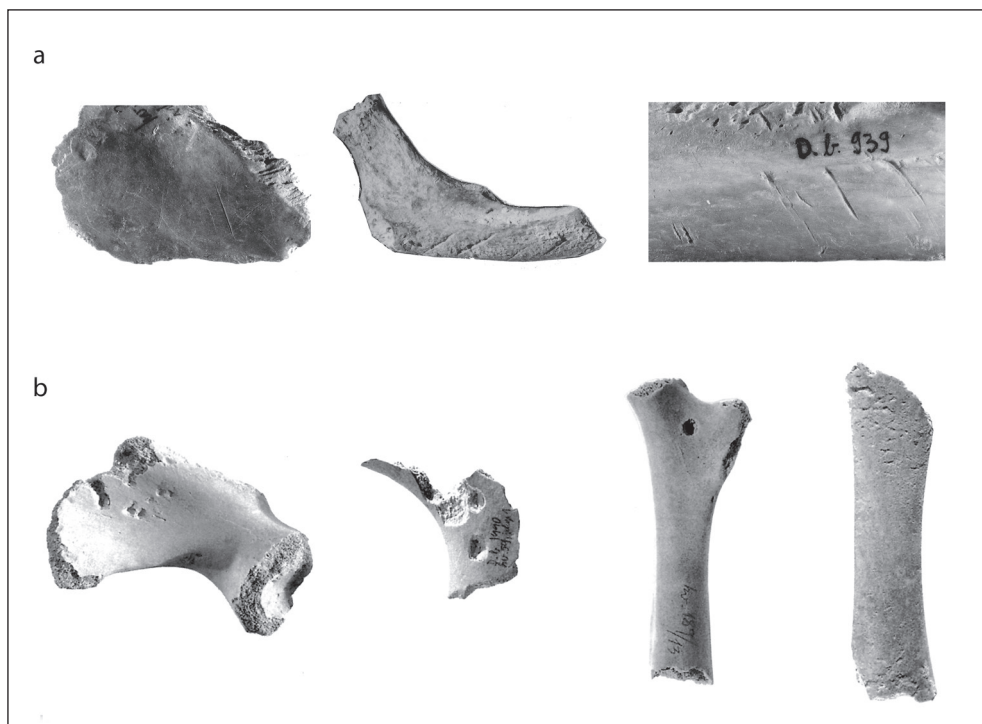
## 8.1 O kultu jamskega medveda

V uvodnem arheozoološkem poglavju prvega dela te knjige (str. 81) je že bilo omenjeno, da je pri raziskovanju živalskih ostankov z arheoloških najdišč mogoče pozornost usmeriti bodisi k bolj antropološko/arheološkim problematikam bodisi pretežno zoološkim. Izbira prvega, t. i. zooarheološkega pristopa, je bistveno pogostejša in v ta okvir ne nazadnje sodijo tudi vsi doslej predstavljeni primeri raziskav živalskih ostankov v tej knjigi. V nadaljevanju si zato pogledjmo še povzetke nekaterih nekoliko bolj arheozoološko obarvanih raziskav, katerih skupna točka je proučevanje biologije izumrlega jamskega medveda.

Jamski medved (*Ursus spelaeus*) je v številnih evropskih arheoloških in paleontoloških najdiščih iz zadnjega **glaciala** z naskokom najbolje zastopana živalska vrsta (glej npr. Rakovec 1973). Tej, pred približno 27.000 leti izumrli zveri (Stiller s sod. 2014, 225), namreč pogosto pripada več kot 90 odstotkov vseh zbranih živalskih najdb v okviru posamezne lokalitete (npr. Rakovec 1958, 372; Pohar 1981, tab. 13; Pacher 2003, 119). Posledično je jamski medved že desetletja predmet intenzivnih znanstvenih raziskav, ki nemalokrat posegajo tudi na področje arheozoologije. Gre namreč za vrsto, ki je bila najmanj v obdobju **zimskega dremeža** močno vezana na jamske brloge, s čimer je razvila tekmovalni odnos s človekom. Kot primer takšne pristno arheozoološke študije si pogledjmo dela več različnih avtorjev, ki so proučevali ostanke jamskega medveda iz starejšekamenodobnega najdišča *Divje babe I* pri Cerknem (Debeljak 2002; Turk [ur.] 2007; 2014).

*Divje babe I* so 45 m dolga in do 15 m široka vodoravna jama, ki leži 230 m nad strugo reke Idrijce nedaleč od zaselka Reka. Med letoma 1978 in 1999 so sodelavci Inštituta za arheologijo ZRC SAZU tam izvajali sistematična izkopavanja in pri tem odkrili arheološke ostanke iz časa od okvirno 115.000 do 40.000 let pred sedanostjo (Turk [ur.] 2014). Samo v zadnjem desetletju terenskega raziskovanja, ko je bilo vseh 260 m<sup>3</sup> izkopanega sedimenta sprano na sitih (premer por: 10 mm, 3 mm in 0,5 mm), je bilo dokumentiranih več kot 940.000 kosti in 73.000 zob jamskega medveda. Po nekaterih ocenah naj bi šlo za ostanke najmanj 1000 do 1200 različnih živali (Turk 2014, 321). Te naj bi – tako kot tudi v drugih podobnih primerih – večinoma poginile naravne smrti v obdobju malo pred koncem zimskega dremeža ali tik po njem (prim. Kurtén 1976, 109–114). Teza, da bi ljudje izvajali specializiran lov na jamskega medveda po zgledu lova na nekatere druge živali, je namreč v strokovnih krogih že dlje časa razumljena kot nesmisel.

Posamezne najdbe kosti s specifičnimi poškodbami ali s sledmi vrezov (sl. 154a; glej tudi Withalm 2004b; Wojtal s sod. 2014) sicer pričajo o tem, da je ta velika zver občasno dejansko postala plen ledenodobnih lovcev. Vendar pa so takšni ostanki praviloma izjemno redki, redkejši tudi kot obgrizene kosti. V primeru *Divjih bab I* je bilo tako, denimo, med

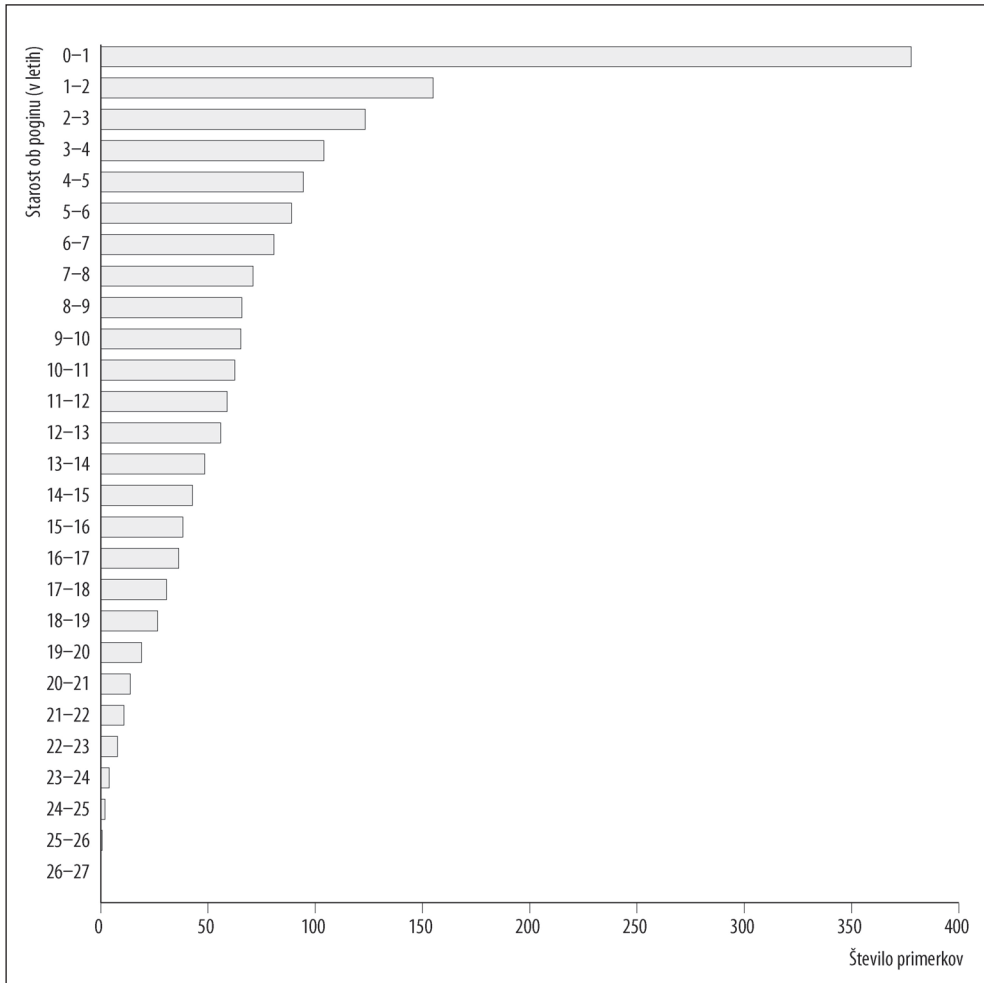


Sl. 154: Primeri kosti jamskega medveda iz *Divjih bab I* z vrezji (a) in sledovi zverskih zob (b). Po predlogah: Turk 2014, sl. 15.1 ter Turk in Dirjec 1997, sl. 9.2.

skupno 939.723 pregledanimi kostnimi ostanki iz osrednjega predela jame primerkov s sledmi vrezov komaj 15, takšnih z odtisi zverskih zob pa kar 25-krat več. To kaže, da je moral biti lov tamkajšnjih ljudi na jamskega medveda dokaj izjemen dogodek in da so bile v tem pogledu bržčas dejavnejše nekatere večje zveri (sl. 154b; Turk s sod. 2014, 322–323).

Za celovitejše razumevanje vprašanja lova na jamskega medveda je pogosto ključnega pomena poznavanje starostne strukture fosilne populacije. V primeru *Divjih bab I* je bila starost posameznih živali ob poginu ocenjena na podlagi razvitosti korenine in obrabe krone mlečnih spodnjih četrth ličnikov ( $mP_4$ ;  $N = 921$ ) in debeline korenine oziroma relativne širine pulpnega kanala (glej sl. 54) stalnih spodnjih prvih kočnikov ( $M_1$ ;  $N = 488$ ; Debeljak 2002). Pri slednjih je bilo ob tem upoštevano tudi število prirastnic na **zobnem cementu** (Debeljak 2002; glej uokvirjeno besedilo na str. 113). Da sta bila za oceno starostne strukture izbrana prav omenjena dva zoba (tj.  $mP_4$  in  $M_1$ ), je treba pripisati domnevi, da so spodnji prvi kočniki pri jamskem medvedu izražali skoraj sočasno z izpadom mlečnih četrth ličnikov, tj. še pred dopolnitvijo prvega leta starosti. Posledično je bilo z navedenim metodološkim pristopom v analizo mogoče zajeti skoraj vse starostne skupine brez vmesnih vrzeli (Debeljak 2002, 49–64). Poleg tega je tovrstno ocenjevanje starosti ob poginu pojmovano kot zelo natančno, sploh kar se tiče štetja cementnih prirastnic





Sl. 155: Seštevek levih mlečnih četrlih spodnjih ličnikov in levih prvih spodnjih kočnikov jamskega medveda iz *Divjih bab I* po starostnih razredih. Podatki se nanašajo na gradivo iz plasti 2 do 10 (tj. pribl. 40.000–67.000 pred sedanostjo; Blackwell s sod. 2007). Po predlogi: Debeljak 2002, sl. 35.

(Debeljak 2002, 60). Prirastnice v zobnem cementu namreč nastajajo zaradi cikličnega izmenjevanja obdobij zimskega dremeža, ko prihaja do zastoja v prehranjevanju in posledično tudi v nalaganju zobnega cementa, in aktivnih faz življenja v preostalem delu leta, ko se nalaganje cementa nadaljuje. Preslikava števila prirastnic na starost posamezne živali je zatorej prej kot ne nezmotljiva.

Zdaj pa preidimo k rezultatom! Ti so pokazali očitno prevlado ostankov do enega leta starih mladičev, pri starejših živalih pa je bila smrtnost veliko manjša (sl. 155). Izredno veliko število mlečnih četrlih spodnjih ličnikov eno- do štirimesečnih medvedov

Debeljakova (2002, 199–200) pripisuje umrljivosti v prvi zimi in zgodnji pomladi, ko so mladiči s samico že zapuščali brlog. Med najverjetnejše vzroke za tako visoko smrtnost prišteva bolezn, napade odraslih samcev ali drugih plenilcev (npr. Bellemain s sod. 2006; Diedrich 2011, 64–67) in ločitev od matere. Naslednji višek umrljivosti je bil opažen pri približno eno leto starih medvedih, ki so poginili v svoji drugi zimi. Prej omenjenim vzrokom za pogin kaže tu dodati še izstradanost (če mladiču jeseni ni uspelo nabrati dovolj maščobnih zalog), morda pa tudi nezmožnost vzpostavitve posebnega metabolizma, ki bi omogočil uspešno **hibernacijo** (Nelson s sod. 2007, 350). Na podlagi predstavljenih rezultatov lahko torej visoko umrljivost mladičev v *Divjih babah I* razložimo z naravno smrtnostjo tamkajšnjih jamskih medvedov, čeprav bi v tem primeru nemara pričakovali nekoliko višji delež (zelo) starih živali. Med mogočimi razlogi za pičlost kosti in zob takšnih medvedov Debeljakova (2002, 159) omenja verjetnost, da so brlog zapustili in poginili nekje na prostem, ali pa da v nekaterih najdiščih – vključno z *Divjimi babami I* – starejše živali pač praviloma sploh niso prezimovale. Ne kaže namreč pozabiti na verjetno spolno-specifično selektivnost jamskih medvedov pri izbiri brloga (npr. Miracle 2011, 107).

Nadaljnje raziskave so bile usmerjene v ugotavljanje morebitnega vpliva podnebja na smrtnost jamskih medvedov. Rezultati so dejansko pokazali obstoj statistično značilnih razlik med **sedimentacijskimi nivoji**, nastalimi v različnih podnebni razmerah ter številčnostjo in vrsto medvednjih ostankov (Turk 2003; 2014, 325–327). Ključno vlogo naj bi pri tem imeli temperatura in (predvsem) vlažnost. Ne samo, da se je v obdobjih z daljšimi zimami podaljšalo trajanje zimskega dremeža, kar je bilo za medvede brez ustrezno povečanih maščobnih zalog največkrat usodno, ampak se je v hladnejših fazah zadnjega glaciala domnevno močno spremenila tudi spolna struktura živali, ki so v jami prezimovale (Jambrešič in Turk 2007, 379; Toškan 2007b, 386–391). Ugotovljeno je bilo predvsem očitno povečanje deleža dominantnih samcev, kar je povzročilo umik samic z mladiči v bolj odmaknjene brloge. Znano je namreč, da so lahko srečanja med odraslimi samci in mladiči za slednje tudi usodna (Bellemain s sod. 2006). Rezultati so ob tem pokazali še na nekoliko zmanjšan delež poginulih enoletnih mladičev (spremljali naj bi matere v druge, težje dostopne brloge) in povečano smrtnost komaj osamosvojenih, a še sorazmerno šibkih in neizkušanih starejših mladičev (starost: dve do štiri leta; Turk 2014, 325). Po drugi strani pa je treba pri ocenjevanju starostne strukture upoštevati tudi tafonomski dejavnik, saj je znano, da so zobje med nastajanjem različnih plasti razpadali različno intenzivno (Turk in Dirjec 2007, 281–282).

Na podlagi zgoraj navedenega je torej mogoče verodostojno trditi, da ledenodobni obiskovalci *Divjih bab I* jamskega medveda praviloma niso lovili. Vendar pa to še ne pomeni, da so bili do tako velikih množic kosti in številnih kadavrov tudi nujno ravnodušni. Kako sicer razložiti očitne koncentracije medvedjih kosti in zob v žganini posameznih kurišč in ognjišč (Turk s sod. 2014)? Ali pa izjemno skromnost nabora starejšekamenodobnih (pol)izdelkov človeških rok, dasiravno je bilo v jami odkritih najmanj 21 ognjišč in kurišč? Nenavadno pičlo je v tem pogledu tudi število ostankov navadne lovne divjadi, ki ne presega števila tisoč (Toškan 2007a). Tu so še izrazita razdrobljenost in zaradi neposredne izpostavljenosti ognju pogosto tudi zoglenelost ali celó **kalciniranost** kostnih najdb ob ognjiščih, sorazmerno dobra zastopanost koščenih izdelkov v primerjavi s kamnitimi, odkritje domnevne antropomorfne figurice iz skrilavca in predvsem najstarejšega poznanega glasbila na svetu, izdelanega iz stegenice mlajšega jamskega medveda (Turk 2014). Vsa

ta s simboliko nabita dejstva nasprotujejo opredelitvi *Divjih bab I* kot lovske postojanke v smislu navadne razlage tovrstnih jamskih najdišč v tem delu Evrope (tj. začasnega taborišča, od koder so lovci odhajali na pohode; Turk 2014, 329; Toškan 2007a, 244–249). Slutiti je, da je bila jama prej uporabljena kot obredni prostor, vloga katerega je utegnila biti tesno povezana prav z močno fizično prisotnostjo jamskega medveda in z njim povezanimi metafizičnimi razlagami rojstva, smrti in drugih naravnih dogodkov (Turk 2014, 329).

Skladni s tem se zdijo indici, ki kažejo odnašanje nekaterih skeletnih elementov večinoma odraslih medvedov iz jame ali vsaj njihovo premeščanje v arheološko še neraziskane predele. Ugotovljen je bil, denimo, primanjkljaj atraktivnih podočnikov odraslih samcev, ki je praviloma najizrazitejši ravno v sedimentacijskih nivojih s sorazmerno številnimi starejšekamenodobnimi najdbami (Toškan 2007b, 390–391; Turk in Dirjec 2007, 285–287). Skromna je tudi zastopanost lobanj in stegenic, kar ima dobre vzporednice v neandertalskih pokopih po Evropi (Turk s sod. 2014, 301–305). V zvezi z domnevnimi obredi v *Divjih babah I* pa pozornost vsekakor zaslužijo tudi posamezni bolj ali manj v celoti ohranjeni primerki lobanj (N = 6; Toškan 2007c), izmed katerih nekateri s svojo postavitvijo, lego in orientacijo močno opozarjajo na možnost načrtne postavitve v prostor (Turk s sod. 2014, 281–828). Čeprav človek ob lovu torej ni bil kopičil kosti jamskega medveda v *Divjih babah I*, pa rezultati predstavljenih arheozooloških študij nakazujejo, da je ta zver vendarle odigrala pomembno vlogo v življenju človeških obiskovalcev jame. Prav to nemara posredno odgovarja tudi na vprašanje, zakaj so ljudje tudi pozimi hodili v medvedji brlog in tvegali srečanje z jamskim medvedom, če ni prepričljivejših znamenj o lovu nanj? Ne nazadnje pa iz zgoraj napisanega izhaja še eno, za bralca te knjige bržčas najpomembnejše spoznanje. Namreč to, da sta arheozoologija in zooarheologija v resnici močno prepleteni veji iste vede, med katerima pravzaprav ni mogoče postaviti jasne ločnice.



**Maja Andrič**, palinologinja

[maja.andric@zrc-sazu.si](mailto:maja.andric@zrc-sazu.si)

<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/sodelavci/maja-andric-sl#v>

<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/oddelek/9279#v>

**Tjaša Tolar**, arheobotaničarka

[tjasa.tolar@zrc-sazu.si](mailto:tjasa.tolar@zrc-sazu.si)

<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/sodelavci/tjasa-tolar-sl#v>

<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/oddelek/9278#v>

**Borut Toškan**, arheozoolog

[borut.toskan@zrc-sazu.si](mailto:borut.toskan@zrc-sazu.si)

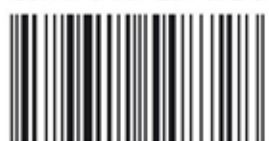
<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/sodelavci/borut-toskan-sl#v>

<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/oddelek/4495#v>

Avtorji smo zaposleni na ZRC SAZU, Inštitut za arheologijo  
p. p. 306, 1001 Ljubljana

<http://iza2.zrc-sazu.si/#v>

ISBN 978-961-254-872-8



Založba ZRC  
<http://zalozba.zrc-sazu.si>  
ZRC Publishing

37 €