

ARHEOLOGIJA OKOLJA (1) - Študijsko gradivo za študente 3. letnika arheologije
Oddelek za arheologijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani

dr. Maja Andrič, ZRC SAZU, Inštitut za arheologijo, Novi trg 2, 1000 Ljubljana
maja.andric@zrc-sazu.si, tel. (01) 4706 434

Ljubljana, 25.4.2019

PALINOLOGIJA – analiza cvetnega prahu (peloda)

Nastanek in zgradba peloda

Pelod nastaja v prašnikih cvetnic in vsebuje dedni zapis rastline. Prenos do pestiča s pomočjo vetra (vetrocvetke) ali žuželk (žužkocvetke) in oprasitev. Velikost pelodnih zrn: ca. 10–180 µm. Zunanja ovojnica (eksina): specifična zgradba/tekstura/pore/brazde, na osnovi katerih lahko določimo kateri družini/rodu (redkeje vrsti) rastlin pelod pripada.

Tafonomija

Pelod se odlaga v jezerih in močvirjih (vključno z mokrotnimi arheološkimi najdišči kot so npr. na Ljubljanskem barju oz. pod nivojem talne vode, v jarkih), kjer se zaradi prekritosti z vodo, odsotnosti aerobnih bakterij, in npr. kislega pH-ja v šotiščih lahko ohrani tisočletja ali desetisočletja dolgo. Pelod rastlin, ki so rastle v bližnji/daljnji okolici + lahko tudi pelod nekaterih rastlin, ki so jih na najdišče prinašali ljudje.

Vzorčenje, shranjevanje in priprava vzorcev

Palinološko vrtanje jezer/močvirij z vrtalno opremo Livingstone, vzorčenje iz profila arheološke sonde, lahko tudi posamezni vzorci med arheološkim izkopavanjem iz izbranih kontekstov/kvadrantov (ob dobri pelodi koncentraciji zadostuje že 1 cm³ sedimenta). Shranjevanje vzorcev: hladilnica, +4°C. Laboratorijska priprava vzorcev – glej osnovno literaturo (Andrič et al. 2016, 24–29).

Identifikacija peloda

Svetlobni mikroskop 400x povečava, referenčna zbirka, določevalni ključi in atlasi. Radiokarbonsko datiranje (rastlinskih makrofosilov ali organskega sedimenta), izdelava pelodnega diagrama in interpretacija.

Interpretacijske možnosti in omejitve vede

Majhna jezera/močvirja (< 30 m): lokalna vegetacija, velika jezera/močvirja: regionalna vegetacija (Jacobson in Bradshaw 1981). Zgodovina razvoja vegetacije (npr. spremembe v sestavi gozda, odprtost krajine) zaradi klimatskih nihanj in človekovega vpliva na okolje v različnih arheoloških obdobjih, tudi nekdanje gospodarstvo. Poleg peloda lahko določamo še koncentracijo mikroogljja - nekdanji požarni režimi v pokrajini zaradi naravnih požarov (aridna klima) ali človekovega vpliva (krčenje gozda za potrebe poljedelstva in živinoreje). Dobre informacija o okoliški vegetaciji (zastopane vse cvetnice, ampak različno številčno glede na njihovo pelodno produkcijo). Palinologija pogosto manj taksonomsko natančna pri identifikaciji kulturnih rastlin od arheobotanike (npr. ne moremo ločiti peloda pšenice od ječmena), lahko pa spremljamo razvoj vegetacije (še zlasti spremembe v sestavi gozda in odprtost krajine) skozi daljša časovna obdobja.

Podnebje (temperatura, količina padavin, dolžina rastne sezone) vpliva na fiziološke procese v rastlinah in geografsko razširjenost rastlinskih vrst. V glacialih več hladnoljubnih drevesnih vrst (bor, breza), v toplejših obdobjih pa se razširijo mezofilni in termofilni listavci (hrast, bukev, jelka). Pomembna je tudi interna vegetacijska dinamika: konkurenčni odnosi med rastlinami in procesi sukcesije (i.e. zaporedje različnih rastlinskih združb na enem prostoru, npr. kjer je bila prej vegetacija

uničena zaradi poseke). Najprej se naselijo hitro rastoče rastline in rastline s hitrim širjenjem semen, sledijo 'pionirji', ki potrebujejo veliko svetlobe: bor, breza, pod njihovo krošnjo pa mladice bolj nekoliko konkurenčno močnejših vrst kot sta npr. hrast in beli gaber, proti koncu sukcesije pa še 'sencovzdržni' bukev in jelka. Bukev in jelka tvorita sestoje z gosto krošnjo, v senci katere kalitev vrst, ki potrebujejo veliko svetlobe, ni več možna. Se pa konkurenčno razmerje med vrstami poruši ob človekovem posegu v okolje (ob npr. izsekavanju gozda). Najočitnejši znak človekovega vpliva na okolje je večja odprtost krajine, nastala zaradi izsekavanja in požiganja gozda (za potrebe poljedelstva in živinoreje) ter pojav travnikov in njiv. Antropogeni indikatorji (rastline, ki so se pojavile ali razširile zaradi delovanja človeka): kulturne rastline - žita, rž, koruza, konoplja, stročnice, lan in ajda (zadnja dva tvorita malo peloda) in pelod plevelov, zraslih med pridelkom ali na opuščenih njivah (metlikovke, kopriva, glavinec), pašniki in travniki: trave, kislica, zlatica; ozkolistni trpotec (pašni indikator). Rastline iz teh skupin imajo širok ekološki razpon in lahko uspevajo tudi na naravnih ruderalnih tleh, bogatih z mineralnimi snovmi in dušikom (npr. bregovi rek, stepe). 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.

Primeri raziskav – glej naslednja predavanja

Osnovna literatura

Andrič M., Tolar T. in Toškan B. 2016. Okoljska arheologija in paleoekologija: palinologija, arheobotanika in arheozoologija. Ljubljana, Inštitut za arheologijo in Založba ZRC.

Behre K.-E. 1981. The Interpretation of Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams. *Pollen et Spores* 23, 225–245.

Behre K.-E. 1988. The Role of Man in European Vegetation History. V: B. Huntley in T. Webb (ur.). *Vegetation History*. Dodrecht, Kluwer Academic Publishers, 633–672.

Fægri K., Iversen J. 1989. Textbook of pollen analysis, IV. Edition (K. Fægri, P. E. Kalnd, K. Krzywinski eds.), New Jersey, The Blackburn Press.

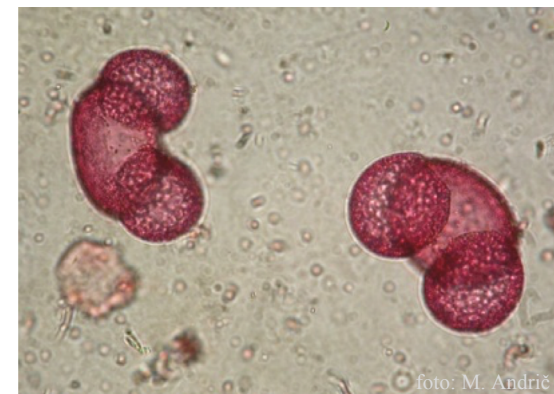
Jacobson G. L. in Bradshaw R. H. W. 1981, The selection of sites for palaeovegetational studies, *Quaternary Research* 16, 80–96.

Moore, P. D., Webb J. A. in Collinson M. E. 1991. *Pollen Analysis*. Second Edition. Oxford: Blackwell Science.

Pearsall D. M. 2000. *Paleoethnobotany (A Handbook of Procedures)*. Second Edition. London, Academic Press.

PALINOLOGIJA

- nastanek in zgradba pelodnih zrn
- tafonomija – v kakšnih razmerah se ohrani pelod in kako nastaja fosilni pelodni zapis?
- načrtovanje raziskave, vzorčenje in shranjevanje vzorcev
- laboratorijska priprava in analiza vzorcev
- interpretacija – prednosti in omejitve palinologije
- primeri



Maja Andrič, Inštitut za arheologijo ZRC SAZU, maja.andric@zrc-sazu.si

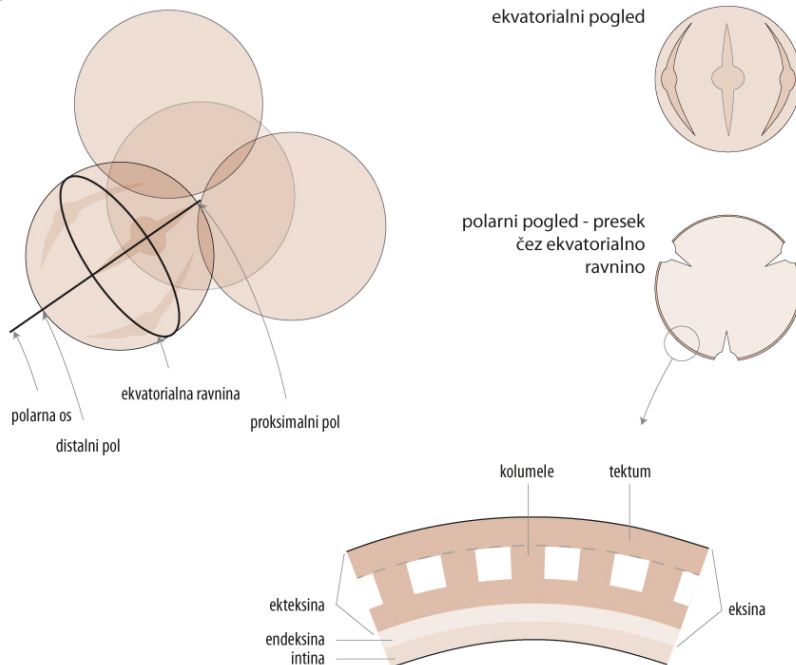
'Arheologija okolja', predavanja (P5-Palinologija, 2017/18) za študente arheologije Univerze v Ljubljani

Pelod bukve (*Fagus sylvatica*), risba T. Korošec

a



b



Nastanek in zgradba pelodnih zrn

- pelodna zrna nastajajo v prašnikih cvetnic
- vsebujejo dedni zapis rastline
- ko pelod dozori, se sprosti v zrak in prenese do ženskega dela cveta (pestiča), kjer pride do oprašitve – vetrocvetke in žužkocvetke
- pelodna ovojnica je zgrajena iz intine in eksine
- intina med fosilizacijo hitro propade, eksina pa v ugodnih razmerah (odsotnost oksidacije in aerobnih bakterij) lahko preživi tisočletja
- glede na obliko in zgradbo eksine lahko določimo kateremu rodu ali družini (redkeje vrsti) pelodno zrno pripada

V cvetu rdečega bora (*Pinus sylvestris*), ki je vetrocvetka lahko nastane 160.000 pelodnih zrn, v prašniku detelje (žužkocvetka) pa ,le' ca. 220

Velikost pelodnih zrn se giblje med ca. 10 in 180 μm .

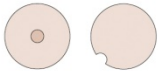
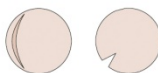
Velika večina pelodnih zrn je manjših od desetinke milimetra!

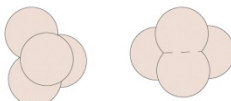
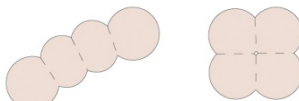


V fosilnih vzorcih sedimenta najdemo samo zunanje ovojnice pelodnih zrn.

Zunanja ovojnica (eksina) pelodnega zrna je zgrajena iz obstojnih polimerov (sporopolenin) in zato lahko pelodna zrna preživijo v okoljih, kjer je aktivnost mikrobov nizka.



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

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

Identifikacija pelodnih zrn

glede na obliko in zgradbo zunanje ovojnice

- število por, brazd in zgradba površine

JELŠA



Foto M. Andrič

HRAST



BOR



črna jelša (*Alnus glutinosa*)



puhasti hrast (*Quercus pubescens*)



črni bor (*Pinus nigra*)

- do nivoja rodu ali družine rastlin, redkeje vrste
- identifikacija peloda dreves je lažja kot identifikacija peloda zeli

[illegible]

	PORATNA PELODNA ZRNA	KOLPATNA PELODNA ZRNA	KOLPORATNA PELODNA ZRNA
MONO -	  Poaceae (trave)	  Nuphar (blatnik)	
TRI -	  Betula (breza) Corylus (leska)	  Acer (javor)	  Fagus (bukev)
PENTA -	  Alnus (ješla) Ulmus (brest)	  Rubiaceae (broševke)	  Viola (vijolica)
POLI -	  Chenopodiaceae (metlikovke)	  Lamiaceae (ustnatice)	  Symphitum (gabez)

Bohinjsko jezero, foto M. Andrič

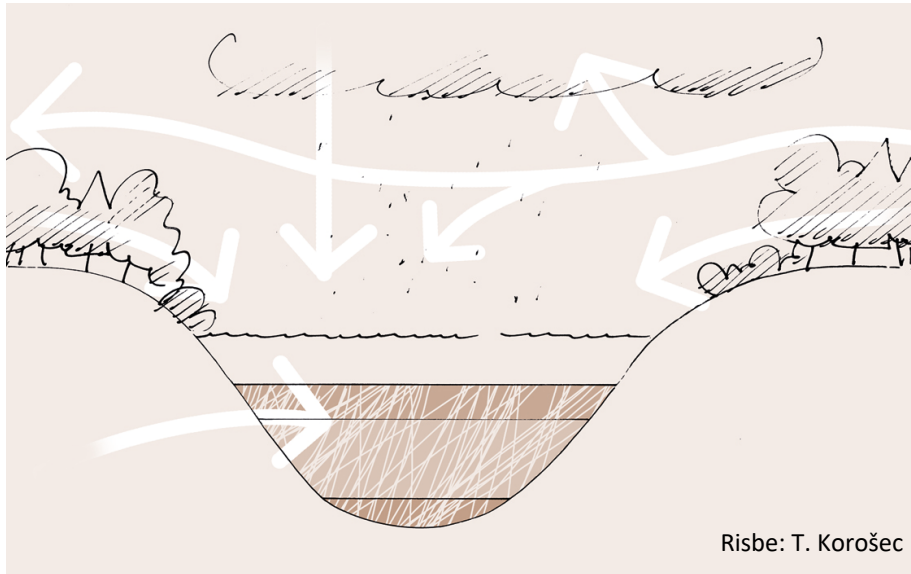
Bohinjsko jezero, foto M. Andrič



Visoko barje Šijec (Pokljuka), foto M. Andrič

Kako nastaja pelodni zapis?

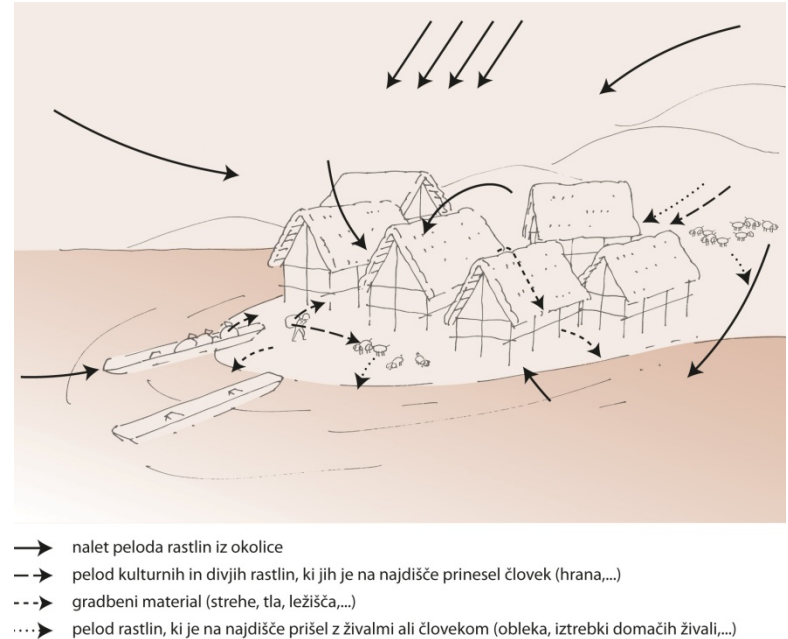
Paleoekološka najdišča (jezera, močvirja)



Enostavnejša tafonomija, daljše časovno obdobje.

Bolj ali manj enakomerno nalaganje sedimenta, ki vsebuje pelod, od starejših plasti spodaj do mlajših plasti zgoraj....

Arheološka najdišča



Kompleksni tafonomski procesi, pelod se ohrani samo v dovolj vlažnih razmerah.

Na arheološkem najdišču je lahko prisoten tudi pelod rastlin, ki so jih tja prinesli ljudje.

Pelod se **izjemoma** lahko ohrani še v drugih kontekstih:

- v snegu in ledu
- morskih sedimentih
- jamskih sedimentih
- puhlici
- koprolitih
- gnezdih glodavcev
- v ekstremno suhih ali slanih tleh in bližini kovinskih predmetov, ali pa na površini na katero je bil nenadoma nasut material, ki je preprečil dostop zraka (npr. pod gomilami, nasipi ali vulkanskim pepelom)

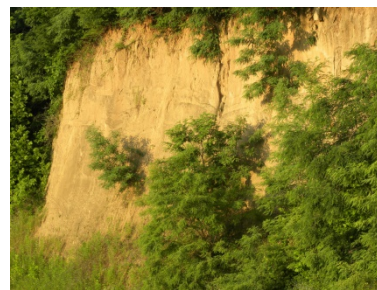
...vendar je pri načrtovanju raziskave in interpretaciji **potrebna previdnost in upoštevanje tafonomskih procesov na najdišču** (glej Andrič et al. 2016, 16-17)!



https://en.wikipedia.org/wiki/Ice_core



<https://phys.org/news/2017-04-dna-extinct-humans-cave-sediments.html>



<https://eucbeniki.sio.si/geo1/2850/index2.html>

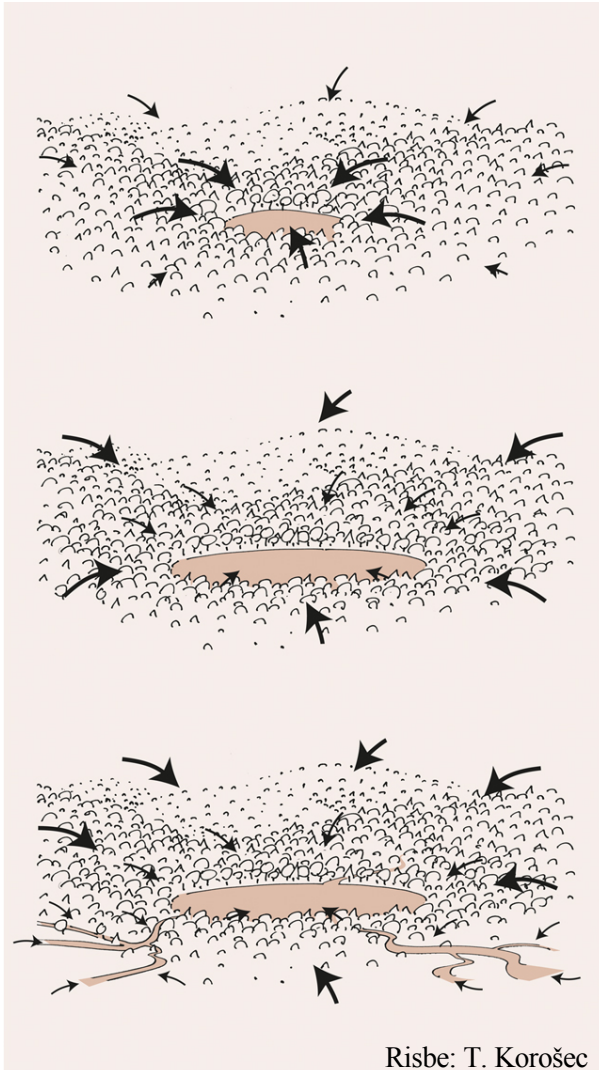


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bakken_Core.JPG

Načrtovanje raziskave

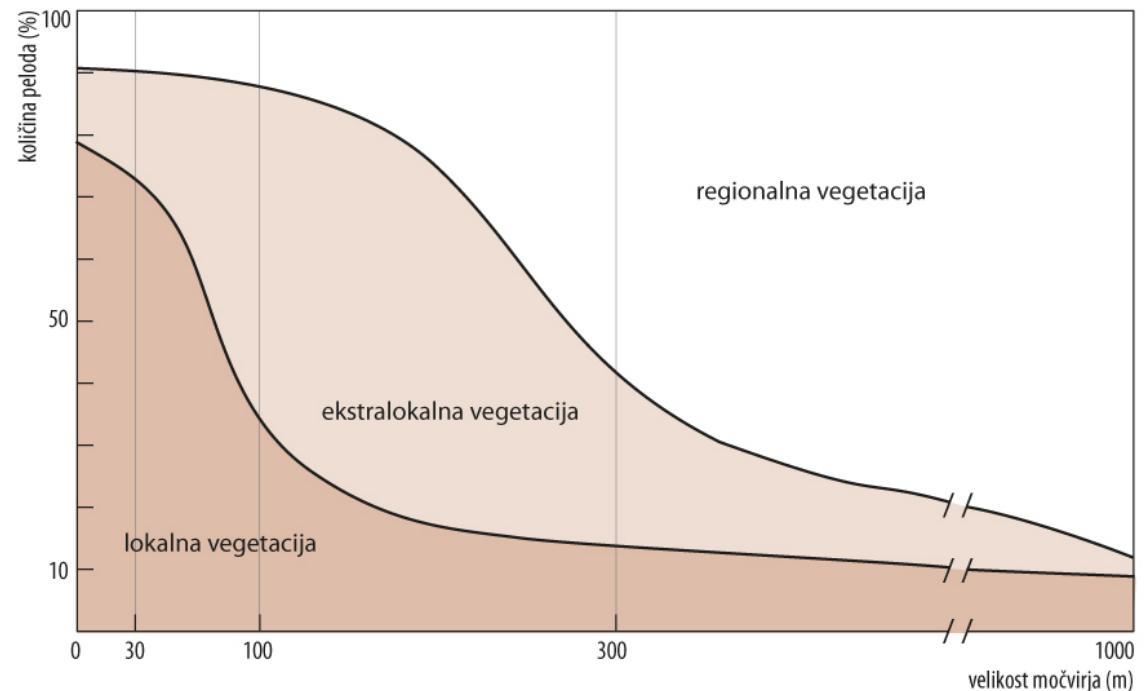
Na začetku vsake raziskave je potrebno postaviti raziskovalna vprašanja.

Raziskovalne metode se prilagajajo cilju raziskave in naravnim danostim terena.



Majhna močvirja/jezera > lokalna vegetacija

Velika močvirja/jezera > vegetacija širše regije



Jacobson in Bradshaw 1981

Vzorčenje na terenu – palinološko vrtanje

Paleoekološka najdišča (jezera, močvirja):

- običajno primernejša za palinološke raziskave kot arheološka najdišča
- boljša ohranjenost peloda, mirnejše sedimentacijsko okolje in enostavnejša tafonomija ter daljša časovna sekvenca
- palinologi vrtamo z vrtalno opremo Livingstone

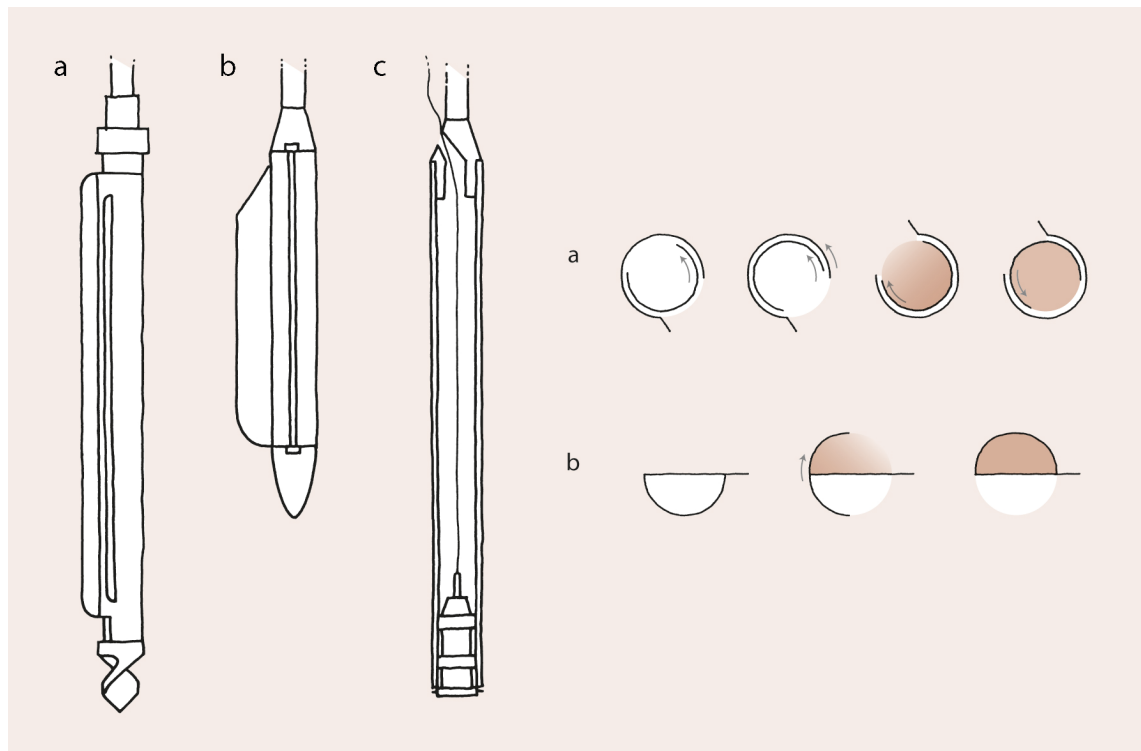
VSE VZORCE JE TREBA ČIMPREJ SHRANITI V
HLADILNICI PRI +4°C!

Pelod na sobni temperaturi napadejo aerobne bakterije in propade.



Risba: T. Korošec

Vrtalna oprema



Risba T. Korošec po predlogi: a) Hiller, b) Ruski vrtalnik, c) Livingstone

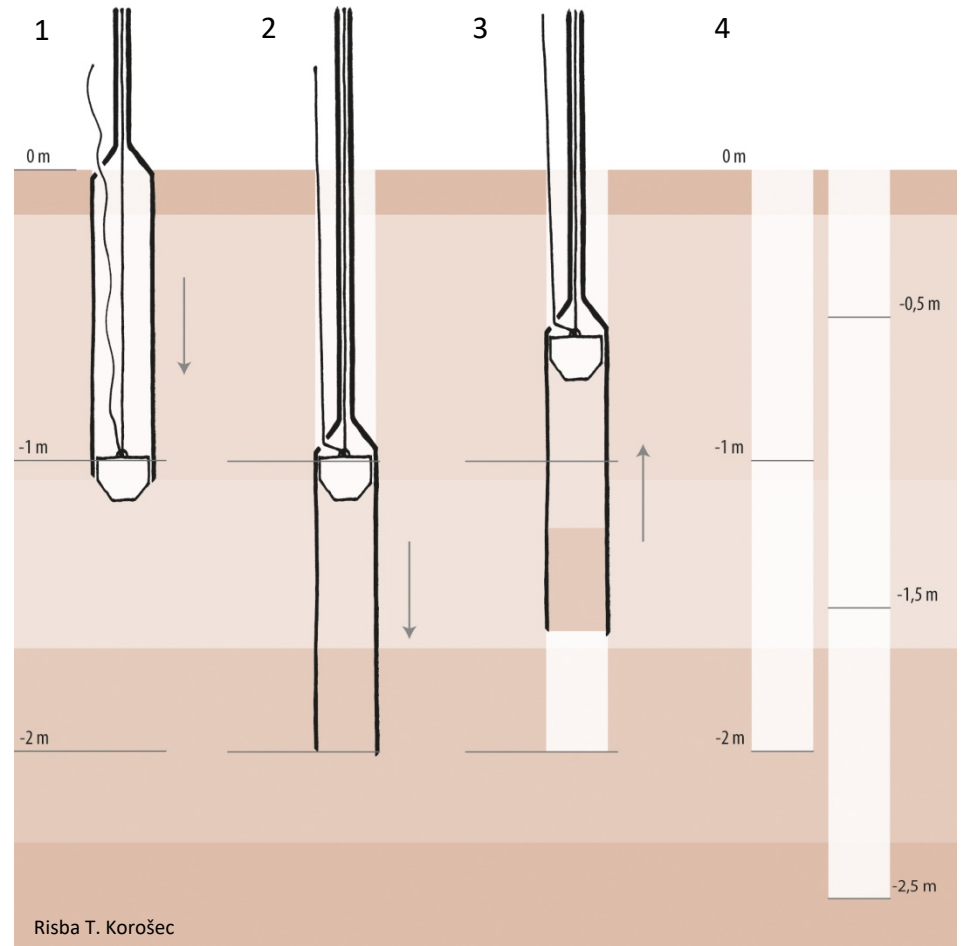
Vrtalnik Livingstone z batom



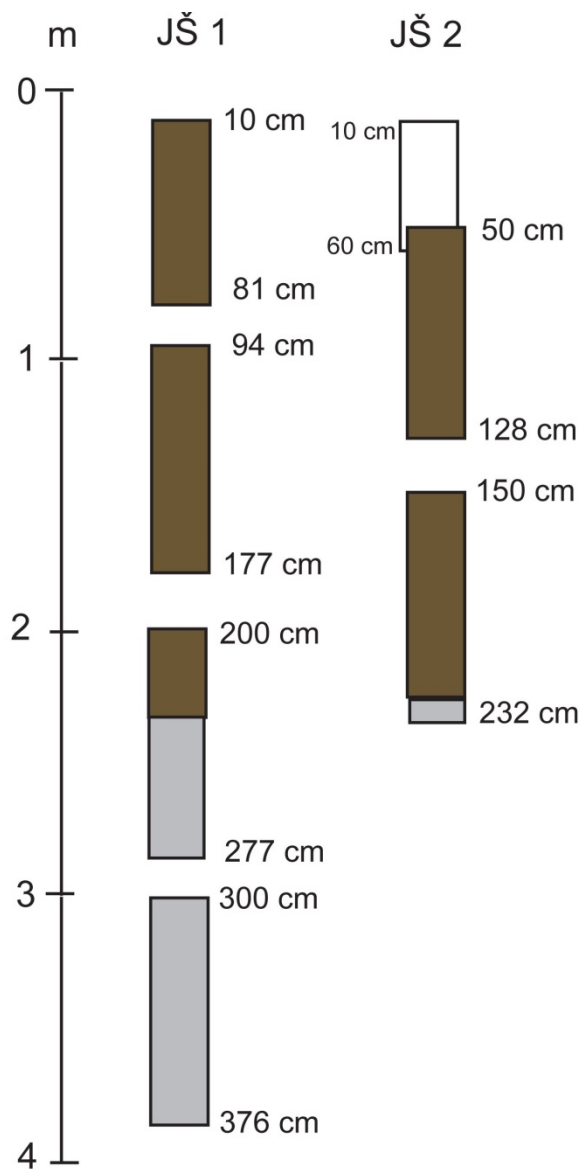
Foto M. Zaplatil

Kako vrtamo?

1. ‚Zaprto‘ vrtalno opremo potisnemo navzdol do globine od koder želimo začeti ali nadaljevati vrtanje.
2. Sprostimo bat in vrtamo: vrtalno komoro porinemo navzdol, cev se napolni s sedimentom, bat ostane na mestu
3. Izvlečemo vrtino, med dvigovanjem vzorec sedimenta ostane v cevi zaradi vakuumu med batom in sedimentom
4. Palinologi na vsakem najdišču zvrtaemo najmanj dve vrtini s prekrivajočimi se globinami (1–2m, 2–3m itd. in 0,5–1,5 m, 1,5–2,5 m itd.)



Jurčevo šetišče – palinološka vrtina



Palinološko vzorčenje na paleoekoloških najdiščih



Vrtanje ekipe Inštituta za arheologijo ZRC SAZU.

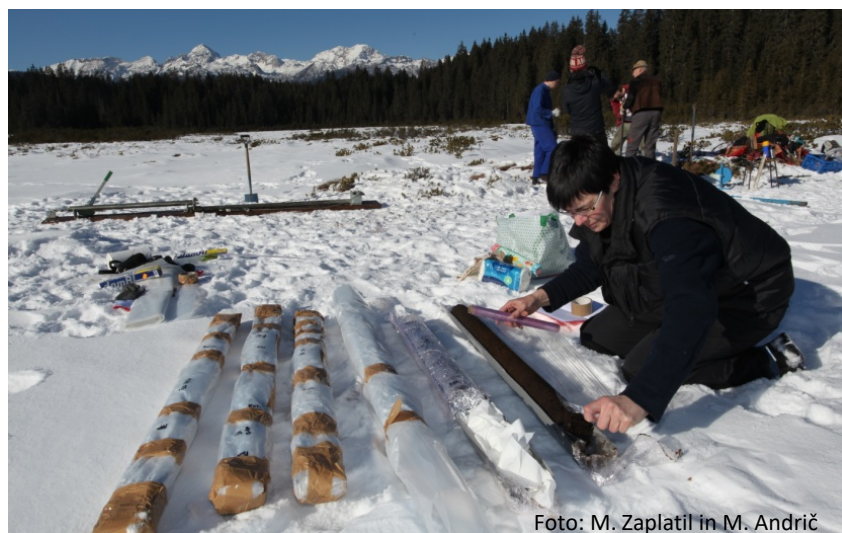


Foto: M. Zaplatil in M. Andrič



Ekstrakcija vrtine in shranjevanje vzorcev



Vzorke zavijemo v:

- prozorno folijo za shranjevanje živil
- aluminijasto folijo in debel polivinil

Na vsako plast ovoja napišemo:

- ime najdišča
- globine ter
- označimo zgornji in spodnji konec vrtine



**SHRANIMO JIH V
HLADILNICI PRI +4°C!**

Palinološko vzorčenje na paleoekoloških najdiščih



Arheološka najdišča

- arheološka najdišča so pogosto presuha in pelod ni ohranjen, kompleksna tafonomija
- iz profila arheološke sonde lahko vzorči arheolog ali palinolog s pomočjo kovinskih škatel
- razvoj vegetacije neposredno pred, med in po arheološki poselitvi

VSE VZORCE JE TREBA ČIMPREJ SHRANITI V
HLADILNICI PRI +4°C!

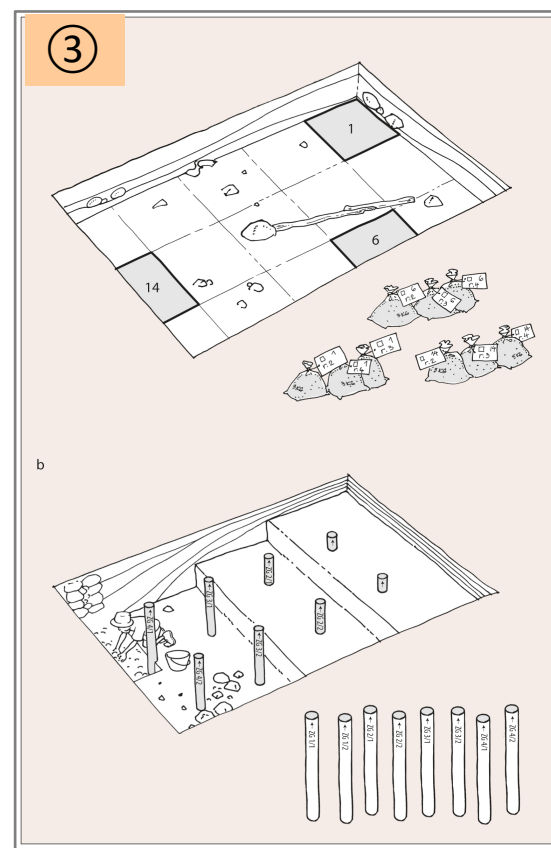
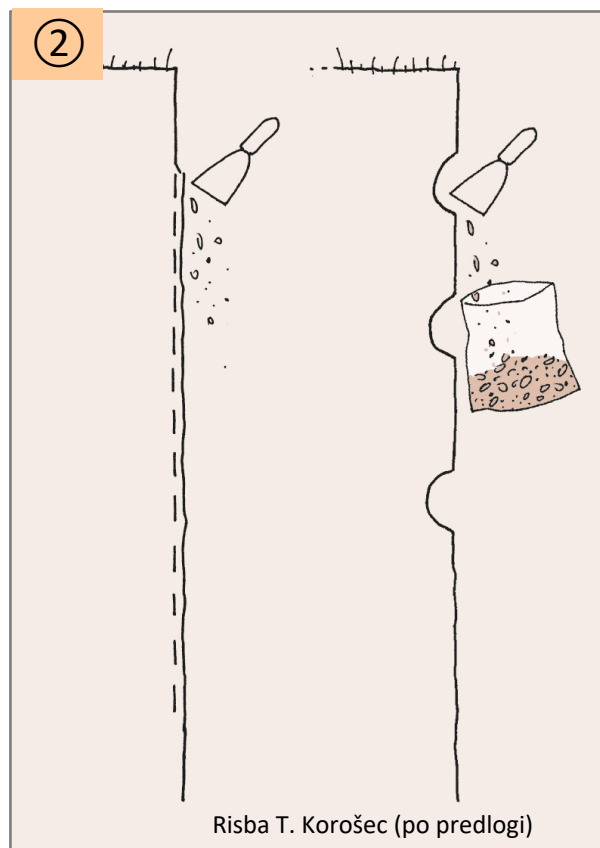
Pelod na sobni temperaturi napadejo aerobne bakterije in propade.



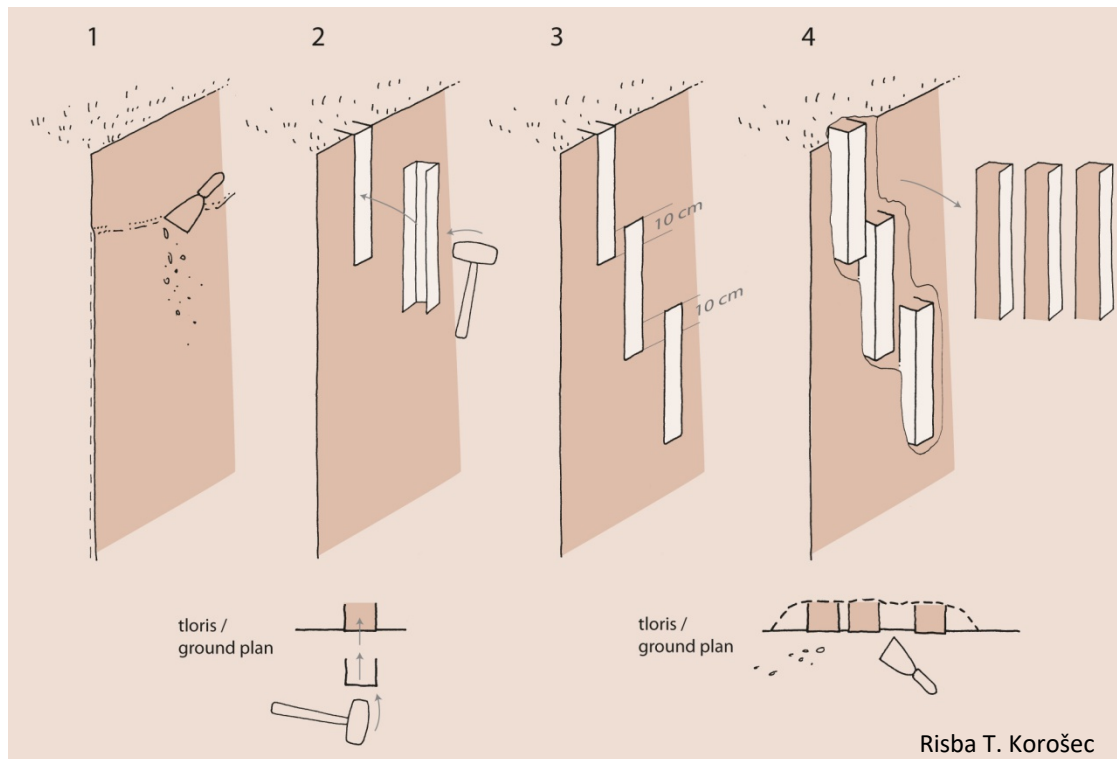
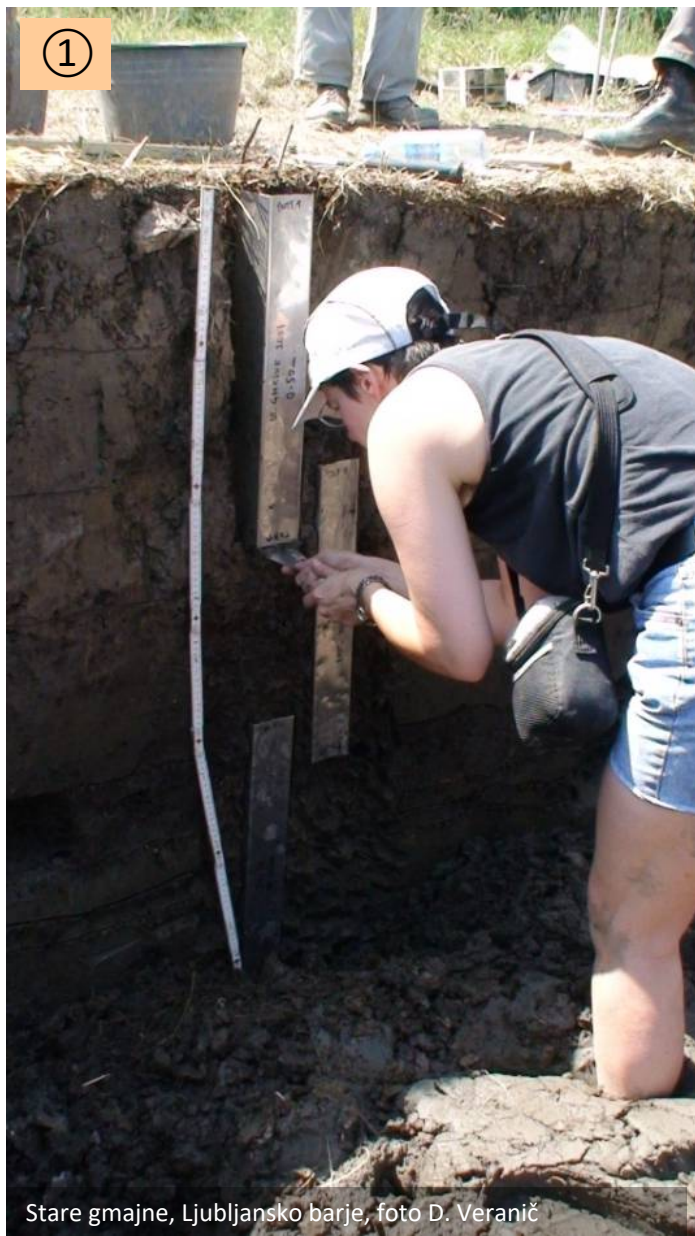
Foto M. Zaplatil

Na arheoloških najdiščih lahko vzorčimo:

1. Iz profila arheološke sonde s kovinskimi škatlami (najpogostejši način vzorčenja)
2. Iz profila arheološke sonde v vrečke
3. Med arheološkim izkopavanjem, s sveže očiščene površine, po posameznih kvadrantih ali kontekstih (usklajeno z arheobotaničnim in arheozoološkim vzorčenjem)



1. Palinološko vzorčenje iz profila arheološke sonde s pomočjo kovinskih škatel



<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/kako-je-potrebno-vzeti-vzorke-za-pelodno-analizo#v>

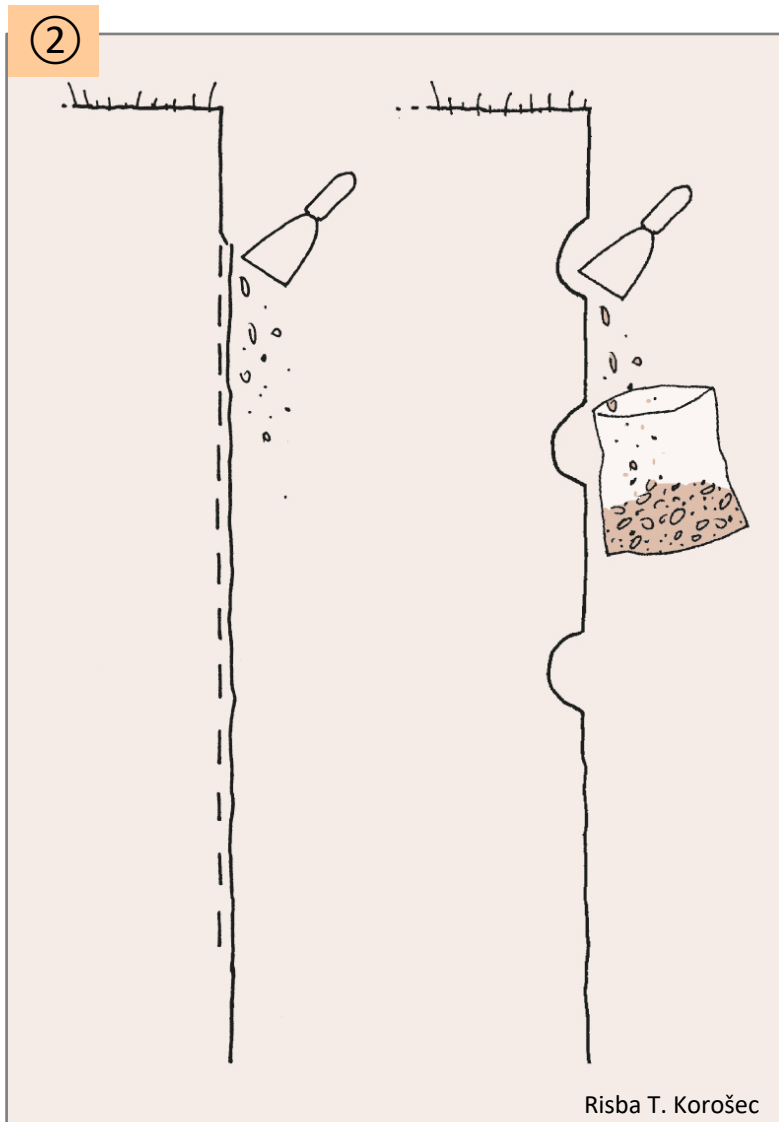
1. Profil očistimo

2. Škatle zabijemo v profil

3. Dobro je, če se malo prekrivajo, označimo zgornji in spodnji konec škatle, globino, ime najdišča....

4. Škatle previdno izluščimo iz profila, jih zavijemo v prozorno folijo, aluminijasto folijo in debel polivinil.

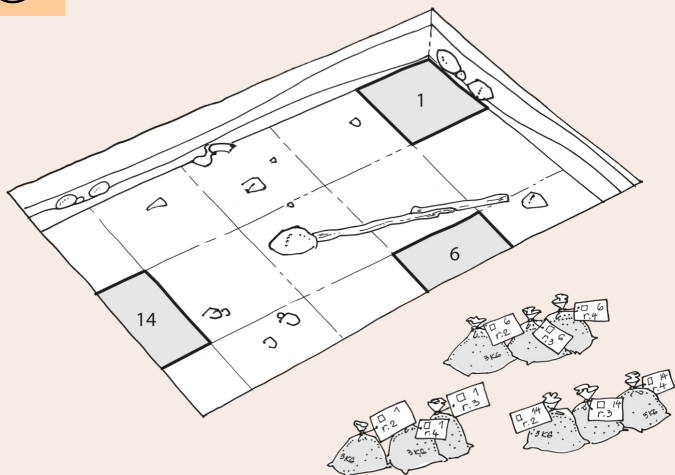
2. Palinološko vzorčenje iz profila arheološke sonde v vrečke



- v primerih, ko vzorčenje s škatlami ovirajo peščene plasti in kamenje v profilu
- iz na sveže očiščenega profila v čiste vrečke, ki se dobro zapirajo
- s čistim orodjem (ne čistite ga v bližnjem potoku ali luži kjer je še zlasti spomladi in poleti veliko peloda!)
- ne v dežju (kontaminacija s pelodom iz zraka)!

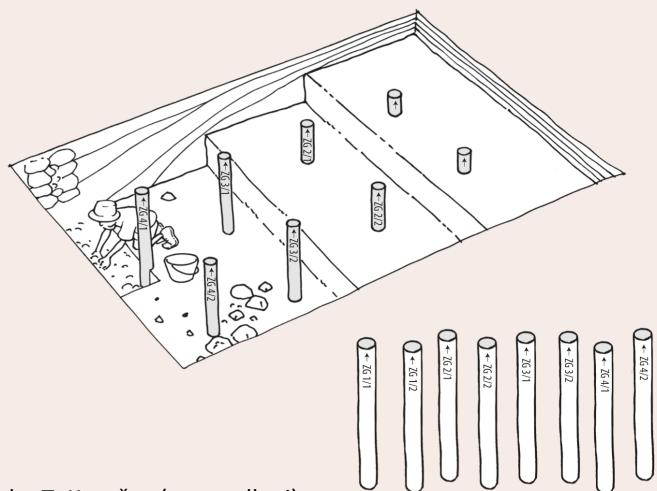
3. Palinološko vzorčenje med arheološkim izkopavanjem, s sveže očiščene površine, po posameznih kvadrantih ali kontekstih

③

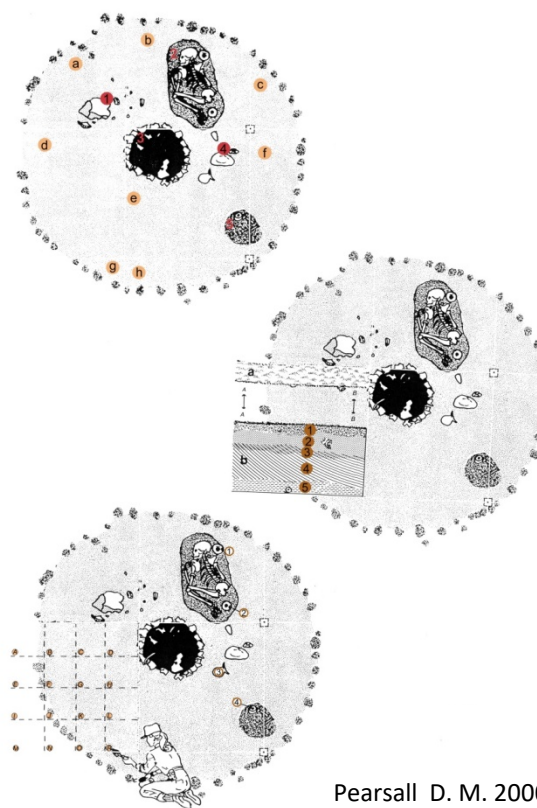


- vzorčimo v vrečke z na sveže očiščene površine na podoben način kot pri 2 (vzorčenju iz profila)
- usklajeno z arheobotaničnim in arheozoološkim vzorčenjem

b



Risba T. Korošec (po predlogi)



Pearsall D. M. 2000. Paleoethnobotany

Arheološka najdišča, kjer je pelod ohranjen na večjem delu profila, so redka, npr. kolišča na Ljubljanskem barju

Špica , Ljubljana (I. Šinkovec), MM)



Stare gmajne (A. Velušček, ZRC SAZU, IZA)



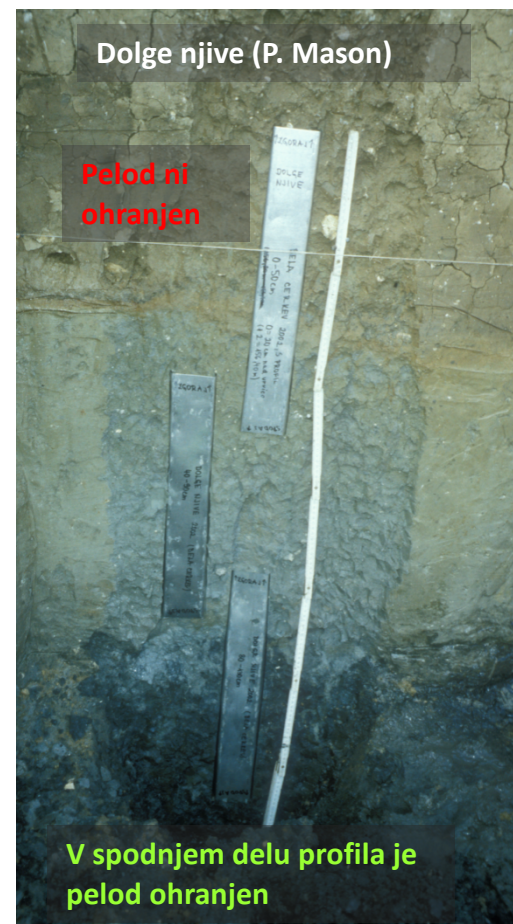
Prule, Ljubljana (T. Žerjal, CPA)



Prevladujejo arheološka najdišča na katerih pelod ni ohranjen.

Na zelo izsušenih, oksidiranih in peščenih terenih po ogledu terena običajno odsvetujem testiranje ohranjenosti peloda (ker je škoda časa in denarja...).

Na nekaterih arheoloških najdiščih tudi po ogledu terena ne vemo, ali je pelod ohranjen ali ne. Šele po testiranju ohranjenosti peloda se lahko odločimo o nadaljnjem poteku raziskave.



Pelod je (slabo ali dobro) ohranjen le v nekaterih vlažnih kontekstih:

npr. pod nivojem talne vode, v jarkih, vodnih kotanjah

Vrhnika, Dolge njive:

- pelod je ohranjen pod nivojem talne vode in pod arheološkimi kulturnimi plastmi
- najdišče ob reki tafonomsko problematično



Vrhnika, Dolge njive (P. Peterle Udovič)

Krojaška ulica (M. Draksler in M. Horvat)

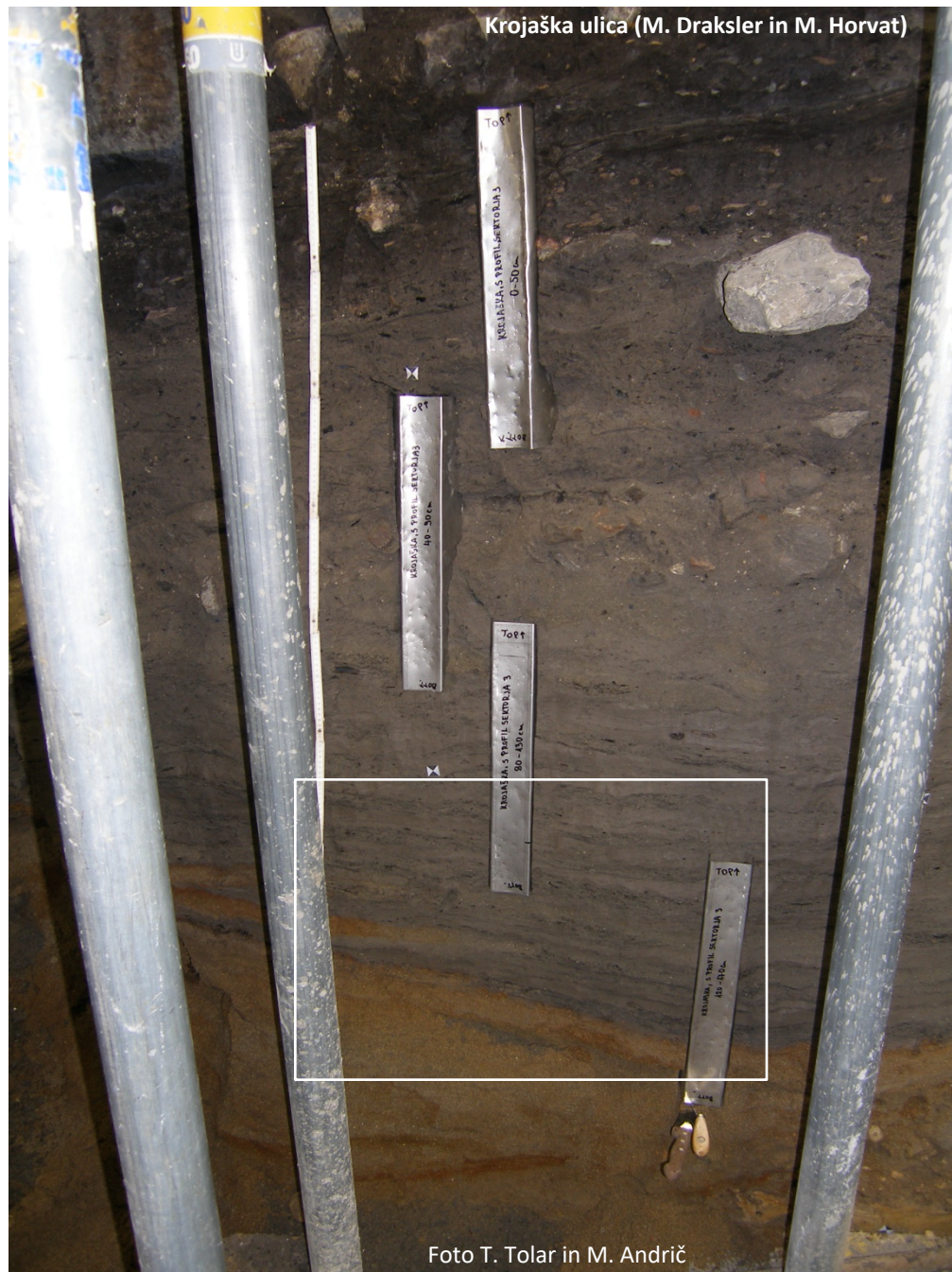


Foto T. Tolar in M. Andrič

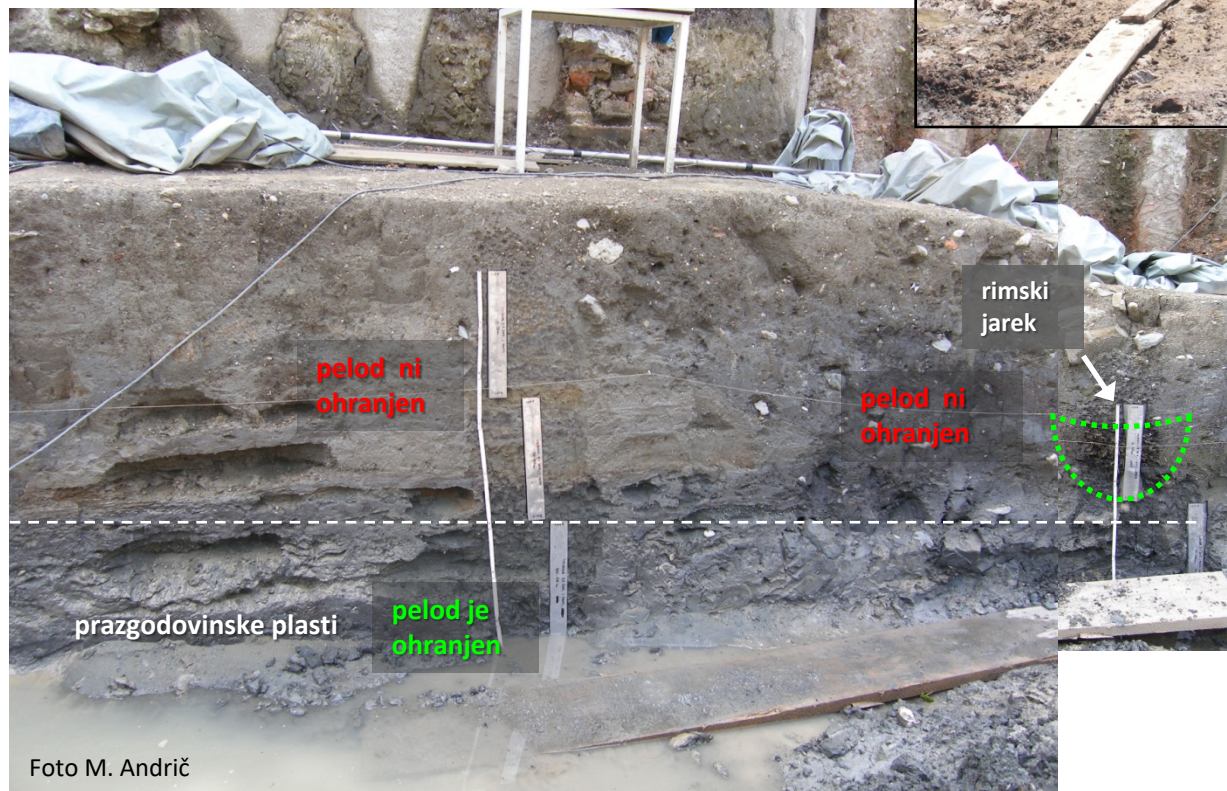
Krojaška ulica, Ljubljana

- še eno najdišče ob reki
- pelod v nekaterih plasteh bolje, v drugih slabše ohranjen



Tribuna, Ljubljana

pelod je ohranjen pod nivojem talne vode in v jarkih



Shranjevanje vzorcev: +4°C!

Hladilnica Inštituta za arheologijo ZRC SAZU



Laboratorijska priprava vzorcev



Palinološki laboratorij Inštituta za arheologijo ZRC SAZU

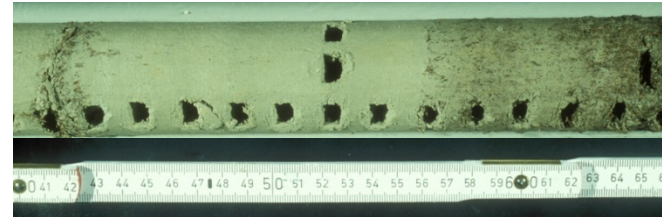
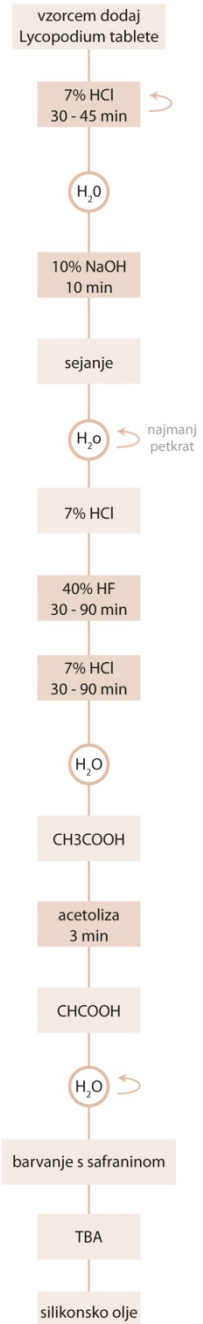


Foto M. Zaplatil, skica T. Korošec



Laboratorijska priprava vzorcev

Dodajanje tablet *Lycopodium* z znanim številom spor (za določanje pelodne koncentracije)

Kuhanje v 7% HCl (odstranjevanje karbonatov)

Kuhanje v 10% NaOH, sejanje in spiranje z destilirano vodo (odstranjevanje humniskih kislin in drobcev gline)

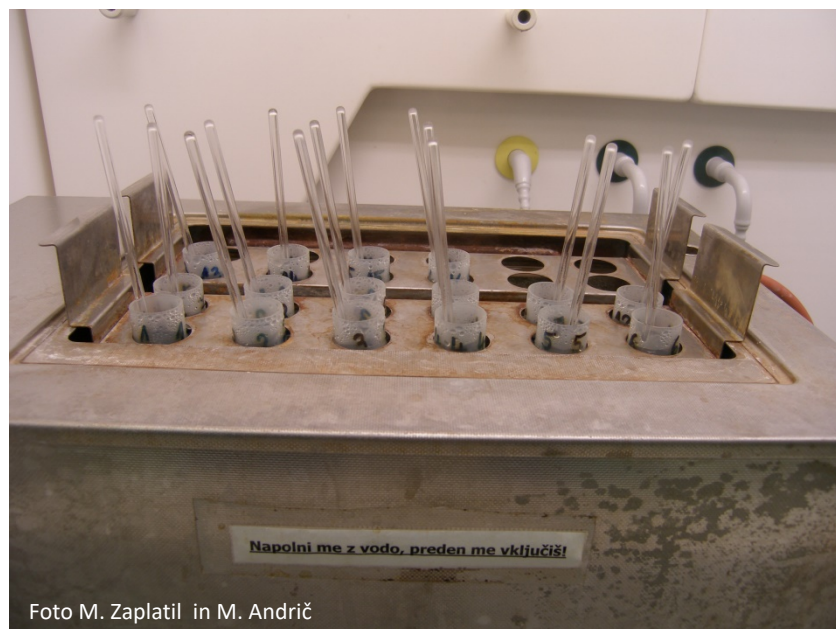
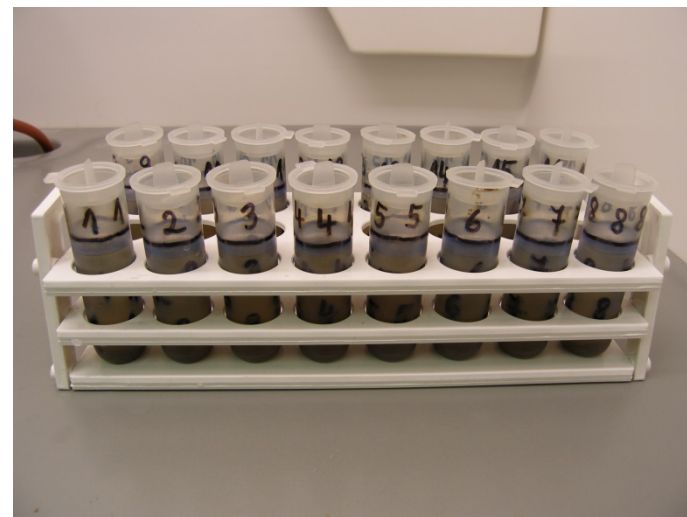


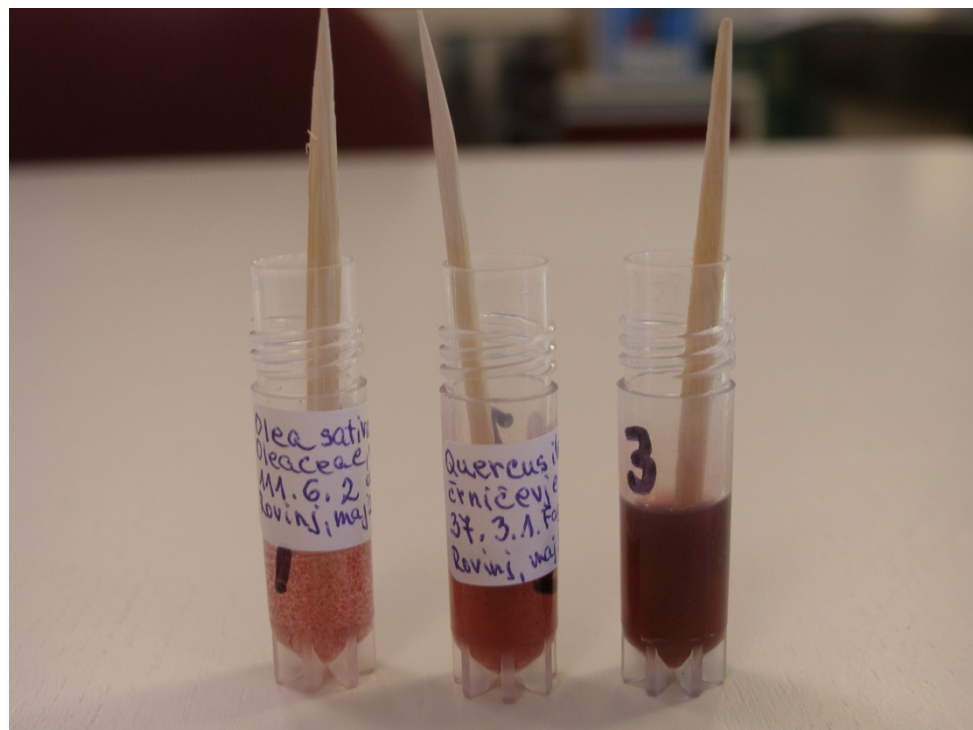
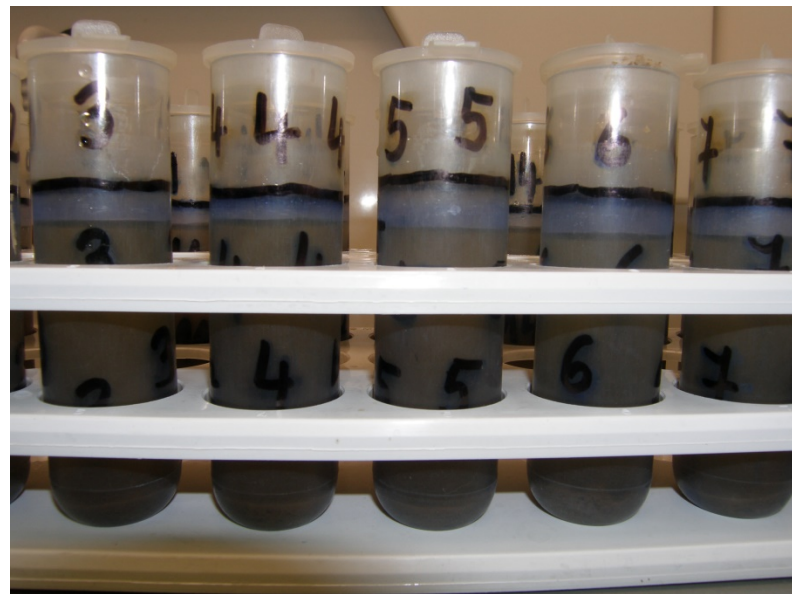
Foto M. Zaplatil in M. Andrič



Kuhanje v HF (odstranjevanje silikatov/peska)

Acetoliza (acetanhidrid + konc. H_2SO_4) – odstranitev celuloze + obarvanje

Barvanje z barvilom safranin in dodajanje silikonskega olja



Identifikacija pelodnih zrn poteka pri povečavi 400x

Svetlobni mikroskop Nikon Eclipse E400.



Identifikacija in štetje peloda – najdolgotrajnejši del raziskave!

	Di-		Tri-		Tetra-		Penta-		Hexa-		Poly-	
	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.
Zonoporate												
	e.g. <i>Colchicum</i>		e.g. <i>Betula</i>		← e.g. <i>Alnus</i> , <i>Ulmus</i> →		← e.g. <i>Alnus</i> , <i>Ulmus</i> →		← e.g. <i>Alnus</i> , <i>Ulmus</i> →			
Zonocolpate												
	e.g. <i>Tofieldia</i>		e.g. <i>Acer</i>		e.g. <i>Hippuris</i>		← e.g. <i>Labiatae</i> , <i>Rubiaceae</i> →		← e.g. <i>Labiatae</i> , <i>Rubiaceae</i> →			
Zonocolporate												
			e.g. <i>Parnassia</i>		e.g. <i>Rumex</i>		e.g. <i>Viola</i>		e.g. <i>Sanguisorba officinalis</i>		e.g. <i>Utricularia</i>	
Pantoporate												
			← e.g. <i>Urtica</i> →		← e.g. <i>Plantago</i> →		← e.g. <i>Plantago</i> →		← e.g. <i>Plantago</i> →		Chenopodiaceae	
Pantocolpate												
					e.g. <i>Ranunculaceae</i>				e.g. <i>Spergula</i>		e.g. <i>Polygonum amphibium</i>	
Pantocolporate												
					e.g. <i>Rumex</i>				e.g. <i>Polygonum oxyspermum</i>			



	polar	eq.		
Monocolpate			Dyads	
	e.g. <i>Butomus</i>			e.g. <i>Scheuchzeria</i>
Monoporate			Tetrads	
	e.g. <i>Gramineae</i>			
Trilete (3-slit)				
	e.g. <i>Sphagnum</i>			(i) <i>Ericaceae</i>
Syncolpate				
	(i) <i>Pedicularis</i>			(ii) <i>Typha</i>
	(ii) <i>Nymphaoides</i>			
	(iii) <i>Eriocaulon</i>			
Saccate			Polyads	
	e.g. <i>Pinus</i>			(i) <i>Mimosa</i>
Inaperturate				(ii) <i>Orchidaceae</i>
	e.g. <i>Potamogeton</i>			

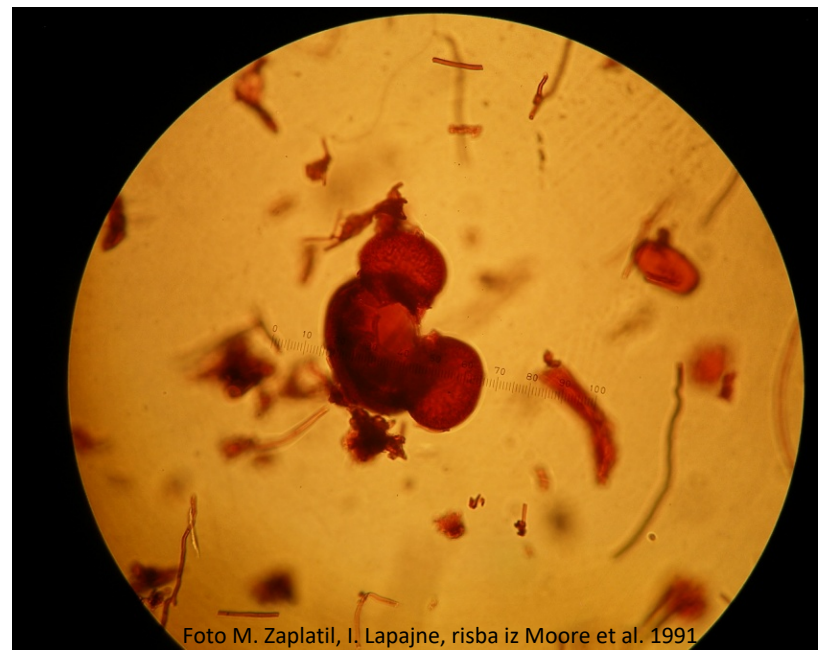
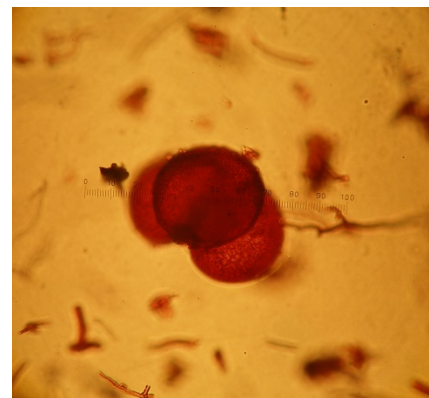


Foto M. Zaplatil, I. Lapajne, risba iz Moore et al. 1991

Rastline tvorijo pelod različnih oblik.

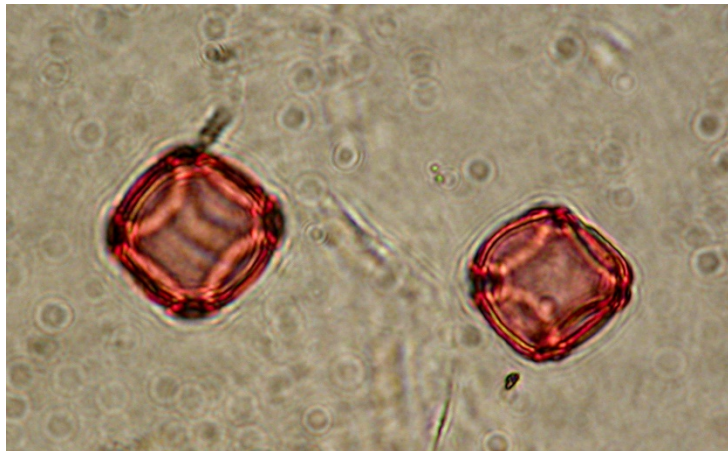
Glede na obliko in strukturo zunanje ovojnice (eksine) ter število por in brazd lahko določimo, kateremu rodu ali družini rastlin pelodno zrno pripada.



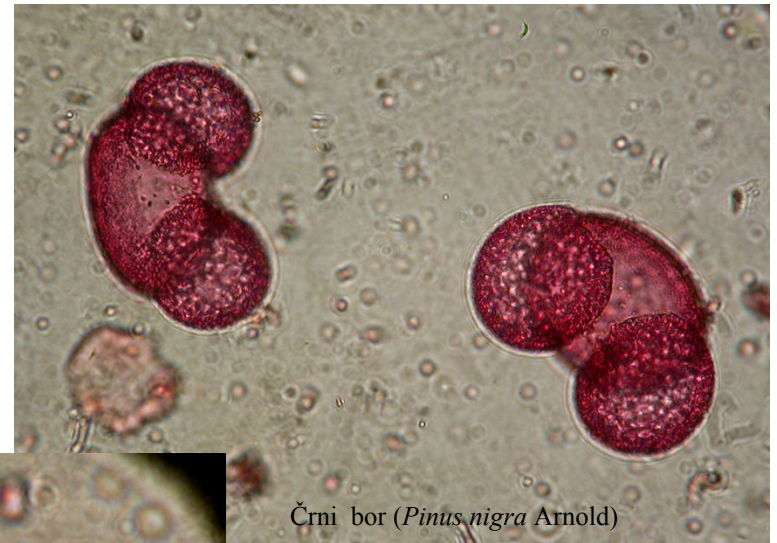
	Di-		Tri-		Tetra-		Penta-		Hexa-		Poly-	
	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.	polar	eq.
Zonoporate												
	e.g. <i>Colchicum</i>		e.g. <i>Betula</i>		e.g. <i>Alnus, Ulmus</i>							
Zonocolpate												
	e.g. <i>Tofieldia</i>		e.g. <i>Acer</i>		e.g. <i>Hippuris</i>		e.g. <i>Labiatae, Rubiaceae</i>					
Zonocolporate												
			e.g. <i>Parnassia</i>		e.g. <i>Rumex</i>		e.g. <i>Viola</i>		e.g. <i>Sanguisorba officinalis</i>		e.g. <i>Utricularia</i>	
Pantoporate												
			e.g. <i>Urtica</i>		e.g. <i>Plantago</i>				Chenopodiaceae			
Pantocolpate												
					e.g. <i>Ranunculaceae</i>				e.g. <i>Spergula</i>		e.g. <i>Polygonum amphibium</i>	
Pantocolporate												
					e.g. <i>Rumex</i>				e.g. <i>Polygonum oxyspermum</i>			

	polar	eq.		
Monocolpate			Dyads	
	e.g. <i>Butomus</i>			e.g. <i>Scheuchzeria</i>
Monoporate			Tetrads	
	e.g. <i>Gramineae</i>			
Trilete (3-slit)				
	e.g. <i>Sphagnum</i>			(i) <i>Ericaceae</i>
Syncolpate				
	(i) <i>Pedicularis</i>			(ii) <i>Typha</i>
	(ii) <i>Nymphoides</i>			
	(iii) <i>Eriocaulon</i>			
Saccate			Polyads	
	e.g. <i>Pinus</i>			(i) <i>Mimosa</i>
Inaperturate				(ii) <i>Orchidaceae</i>
	e.g. <i>Potamogeton</i>			

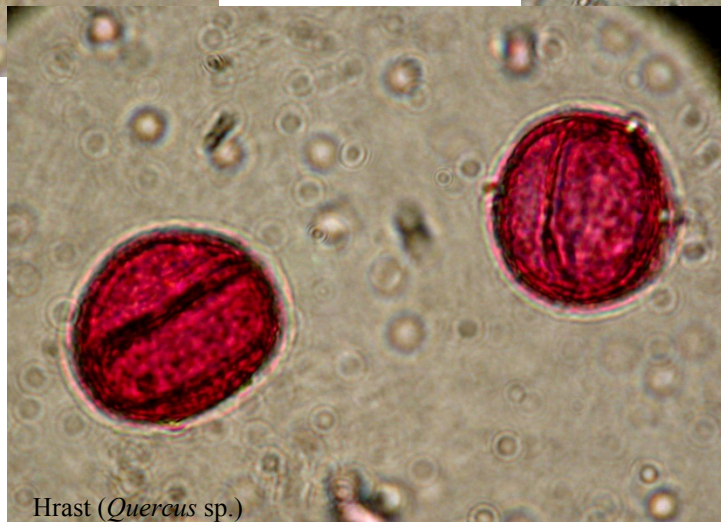
Pelodno zrno jelše, na primer, ima štiri do šest por, pelodno zrno hrasta tri brazde, glavna značilnost pelodnega zrna bora pa sta dve zračni vreči, s pomočjo katerih pelodno zrno lažje potuje po zraku.



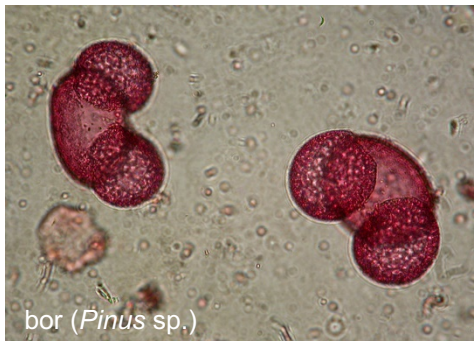
Črna jelša (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.)



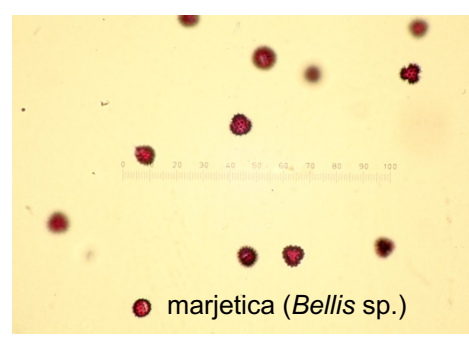
Črni bor (*Pinus nigra* Arnold)



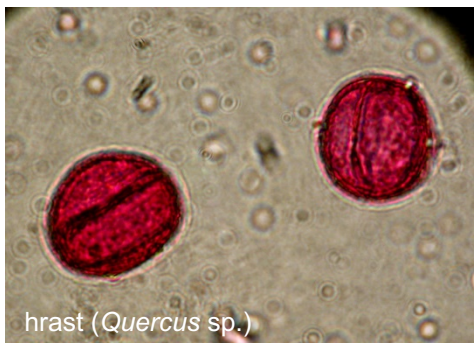
Hrast (*Quercus* sp.)



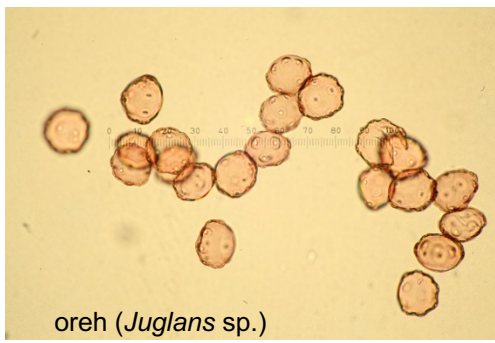
bor (*Pinus* sp.)



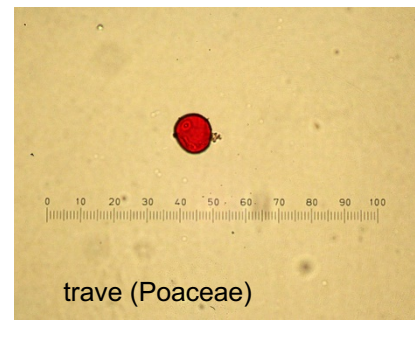
marjetica (*Bellis* sp.)



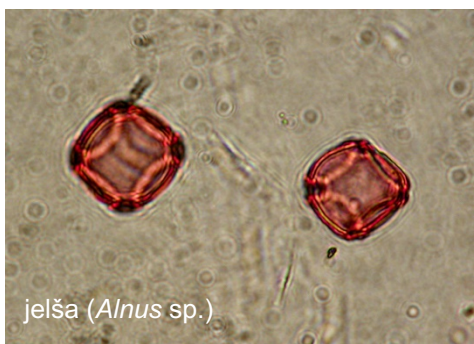
hrast (*Quercus* sp.)



oreh (*Juglans* sp.)



trave (*Poaceae*)



jelša (*Alnus* sp.)



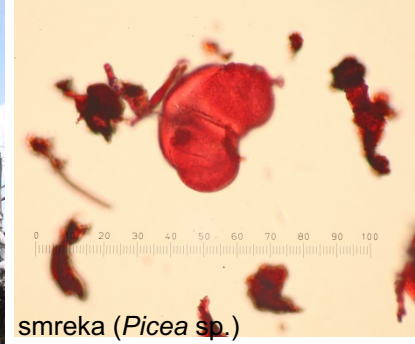
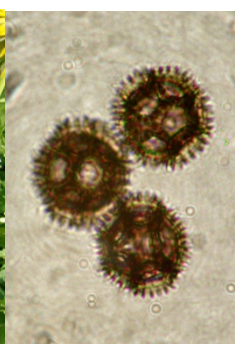
leska (*Corylus* sp.)



bukev (*Fagus* sp.)



regrat (*Taraxacum* sp.)



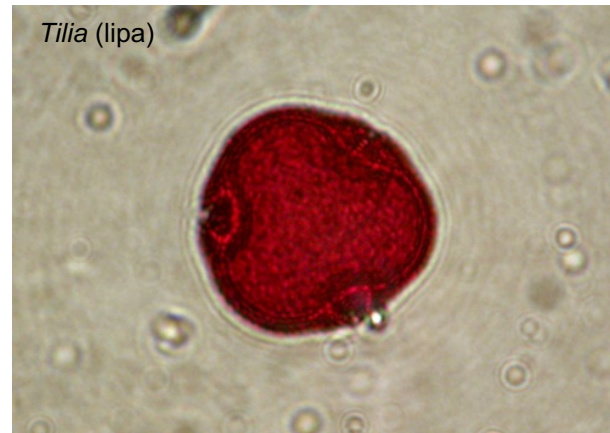
smreka (*Picea* sp.)



rumeni blatnik (*Nuphar luteum* L.)



oreh (*Juglans* sp.)



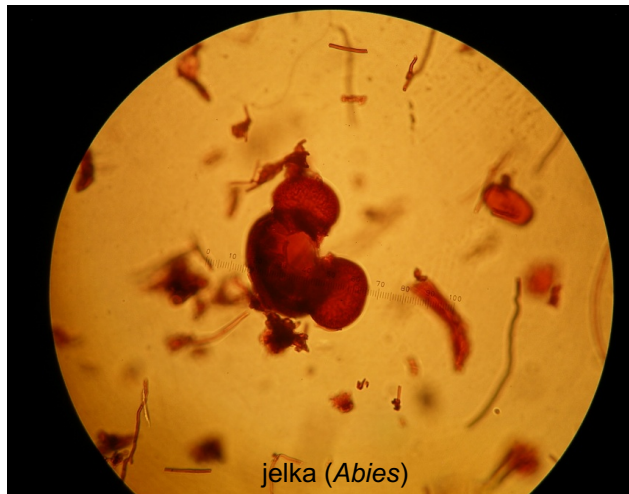
Tilia (lipa)



konoplja (*Cannabis*)



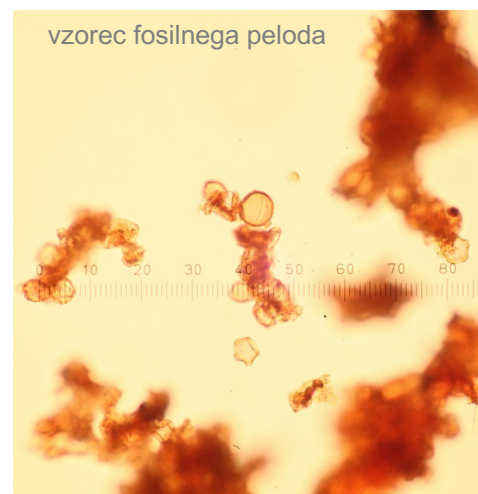
močvirski tulipan
(*Fritillaria meleagris* L.)



jelka (*Abies*)



Cyperaceae (ostričevke)

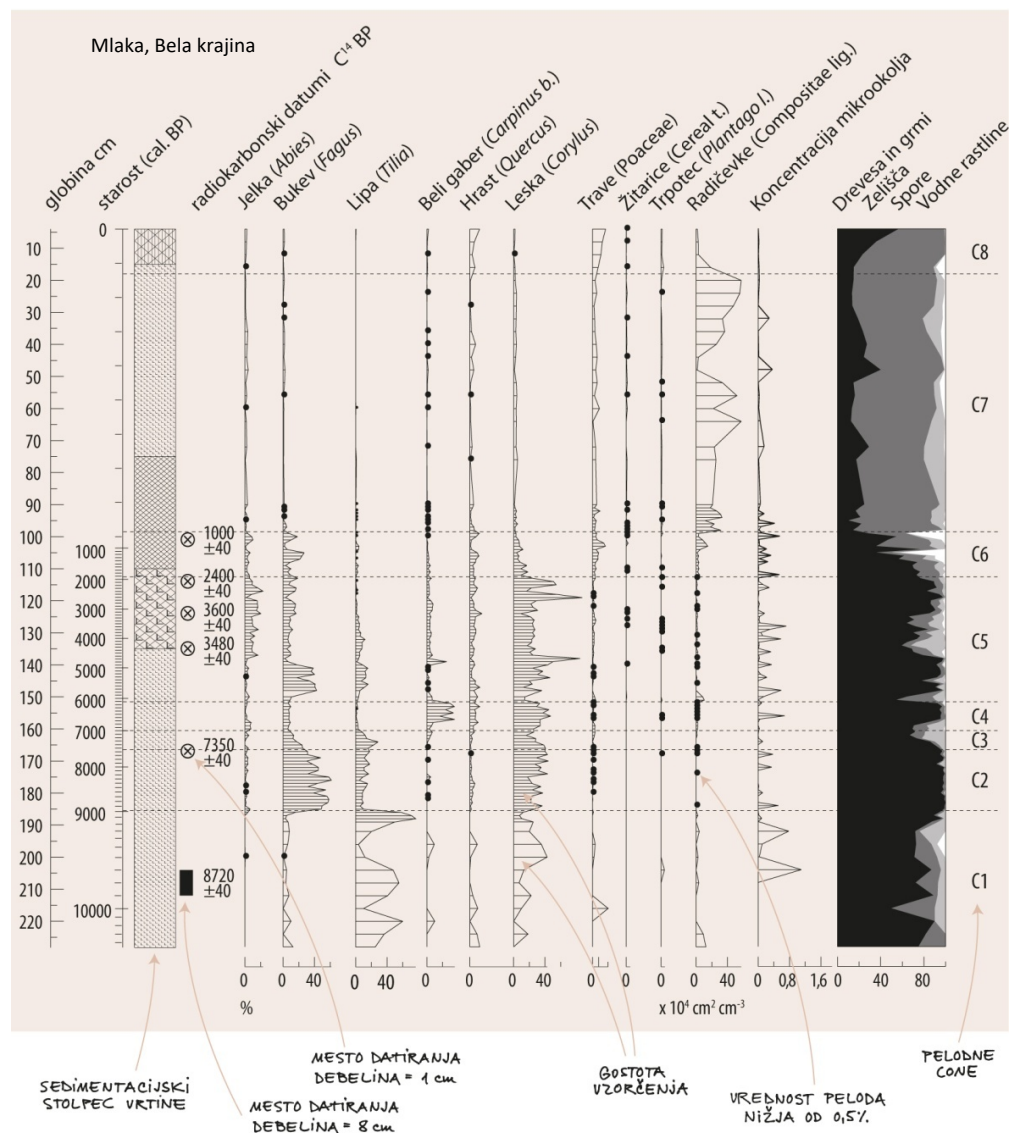


vzorec fosilnega peloda

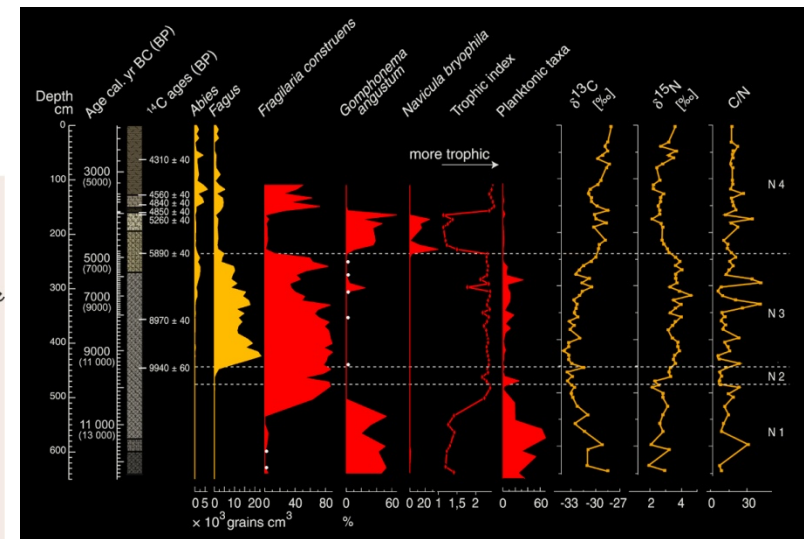
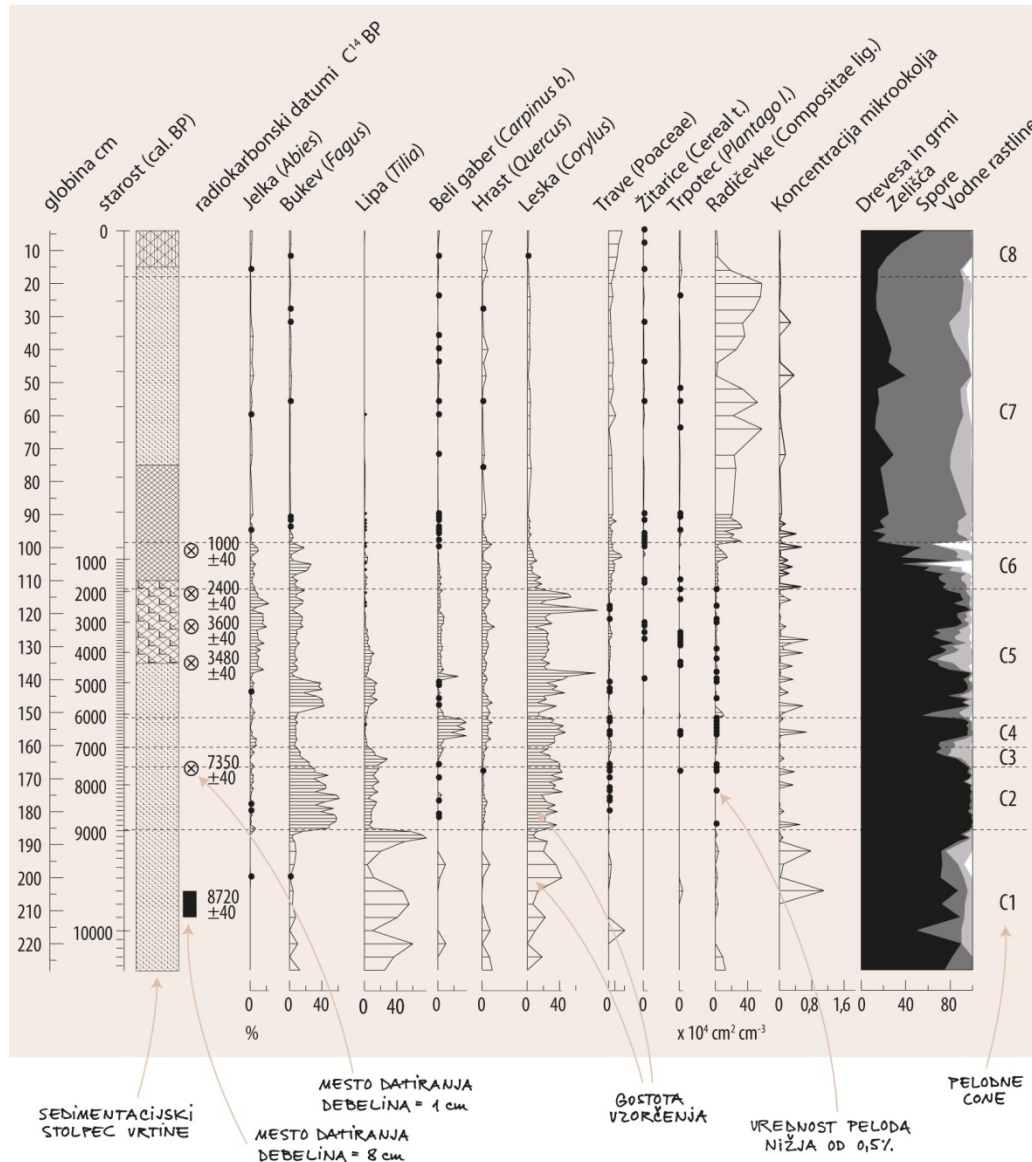
Izdelava pelodnega diagrama in interpretacija

Na pelodnem diagramu so običajno prikazani:

- globina
- sedimentološki podatki
- rezultati pelodne analize
- radiokarbonske datacije
- pelodna koncentracija in koncentracija mikro-oglja
- pelodne cone



Izdelava pelodnega diagrama in interpretacija



Zgodovina razvoja vegetacije

Vzroki:

- klima
- človekov vpliv
- interna vegetacijska dinamika (npr. sukcesija)

Pomembno:

- multidisciplinarno sodelovanje
- čim večja gostota vzorčenja
- čim boljša kronološka kontrola

Priprava diagramov: T. Korošec in M. Andrič

Ocena starosti sedimenta



Radiokarbonsko (C14 datiranje) rastlinskih makrofosilov, ki jih najdemo v palinološki vrtini (npr. koščki oglja, lesa, semena, listi).

Vodne rastline (zaradi specifičnega fotosintetskega cikla) niso primerne za C14 datiranje (dajejo prestare datacije).

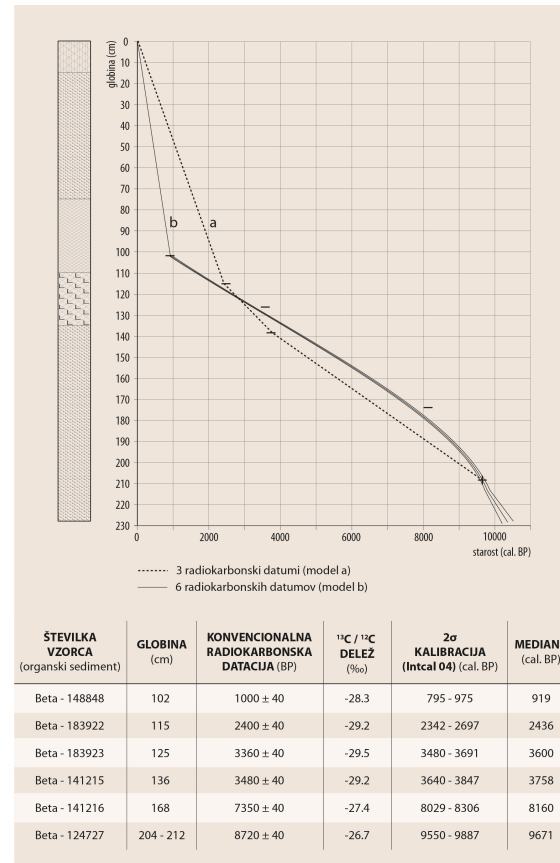
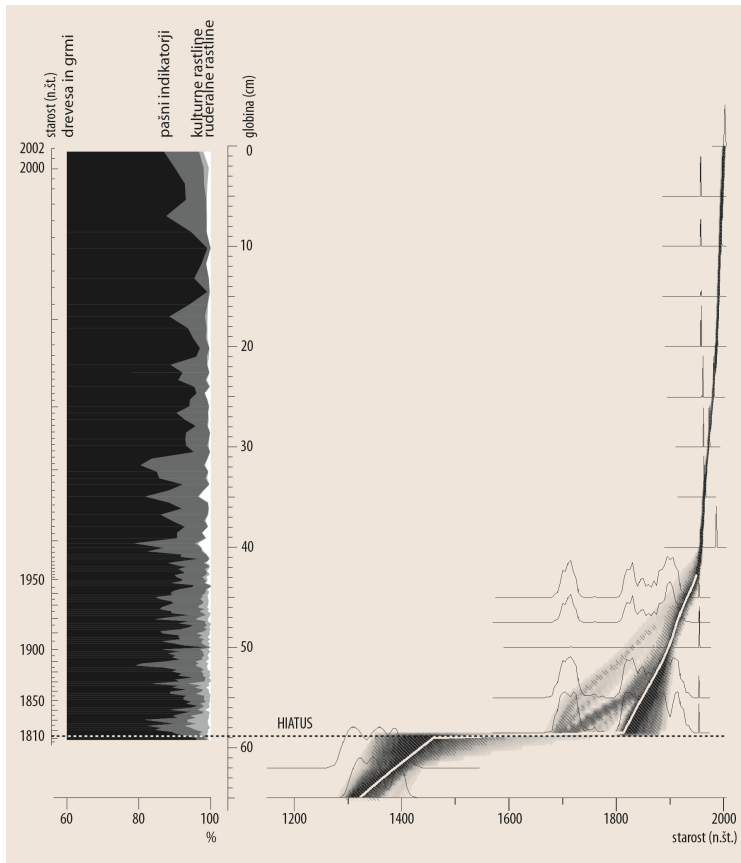
Na radiokarbonsko datiranje lahko pošljemo tudi sediment – v laboratoriju iz njega izločijo organski ogljik in ga datirajo.

Alternativne (dodatne) metode: C14 datiranje peloda, tefrokronologija, štetje lamin, luminiscenca,...

Izdelava časovnega modela

Starost plasti med posameznimi radiokarbonskimi datacijami ocenimo z različnimi matematičnimi modeli, ki predvidevajo enakomerno (linerana interpolacija) ali neenakomerno hitrost sedimentacije. Pri tem uporabljamo programe za risanje pelodnih diagramov (npr. Psimpoll) ali kalibriranje radiokarbonskih datacij (npr. OxCal).

več C14 datacij > boljši časovni model!



Radiokarbonsko
datiranje in
časovne skale



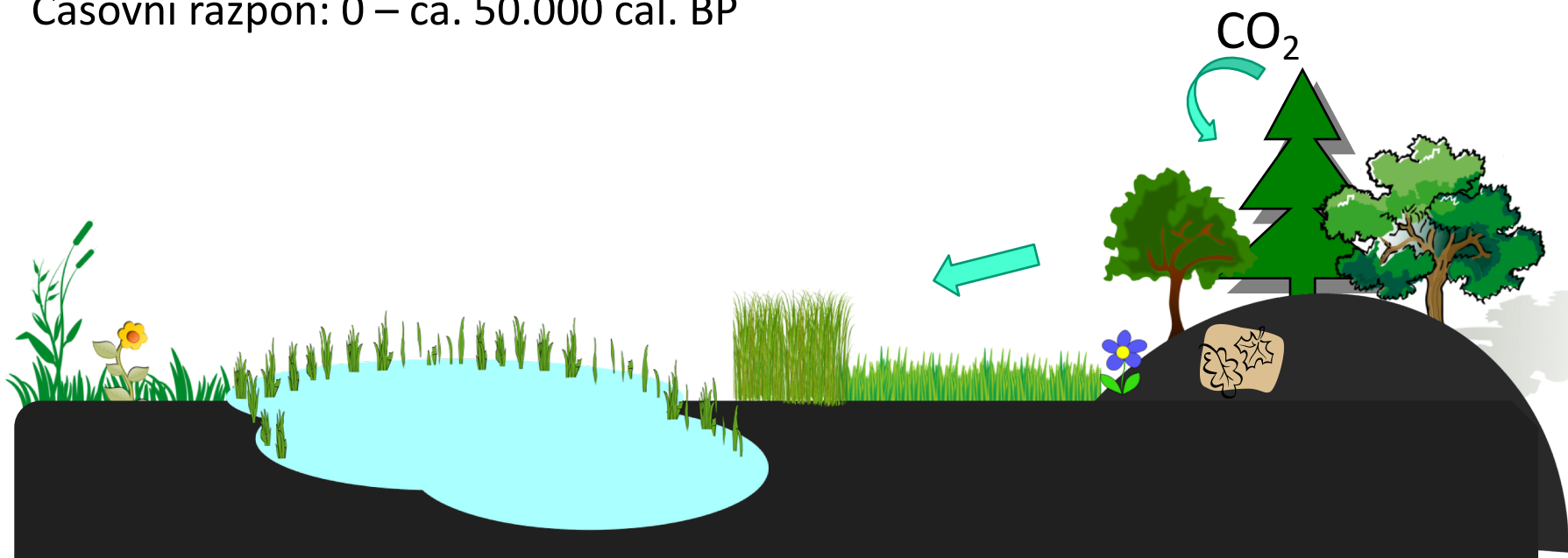
RADIOKARBONSKO DATIRANJE

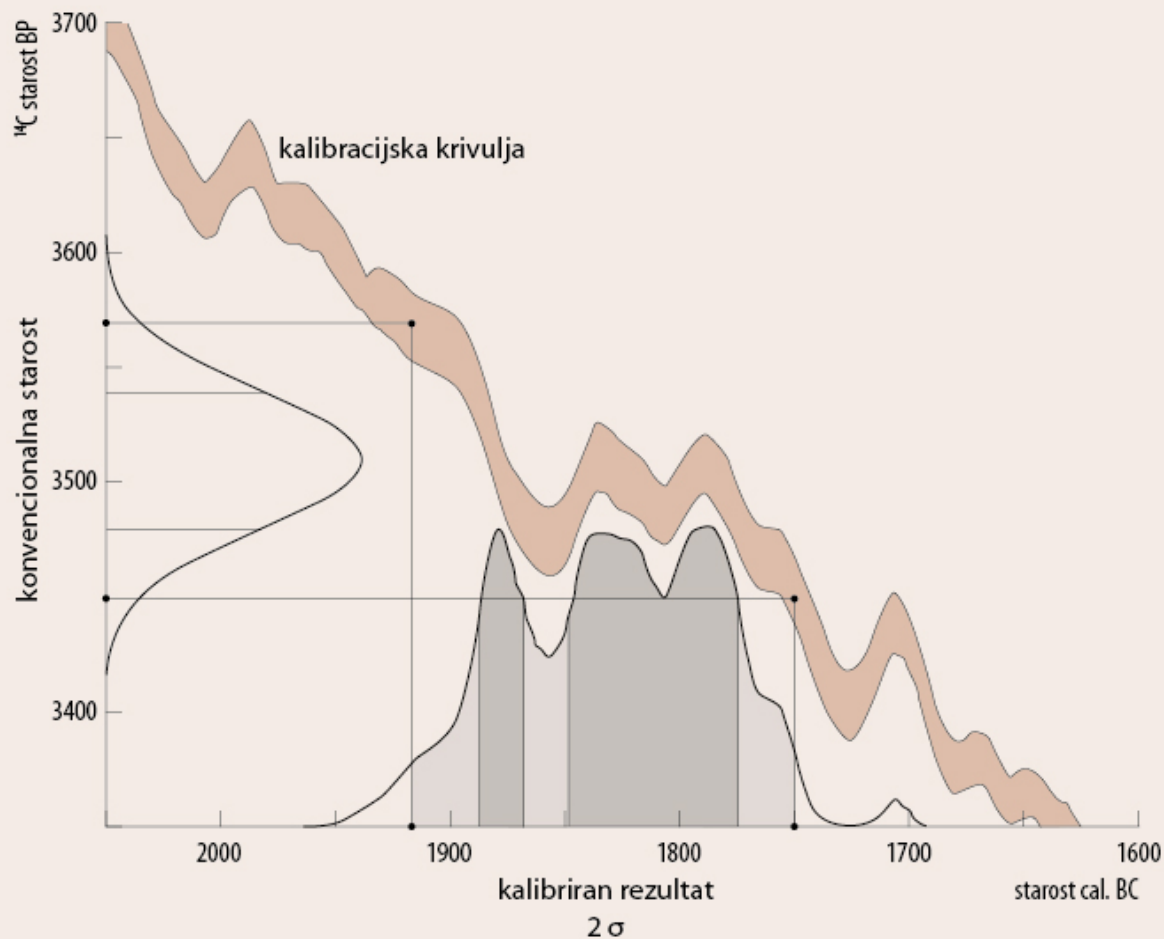


Material za datiranje mora vsebovati organski ogljik:

- makroskopski ostanki kopenskih rastlin in živali (npr. les, oglje, semena, kosti)
- redkeje: organski sediment, mikroostanki (pelod, fitoliti)

Časovni razpon: 0 – ca. 50.000 cal. BP





ŠTEVILKA VZORCA	KONVENCIONALNA ^{14}C STAROST	DATIRANI MATERIAL $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$ DELEŽ	2σ KALIBRIRAN REZULTAT	1σ KALIBRIRAN REZULTAT	MEDIANA
Beta - 101010	3510 ± 30 BP	les (-28,0 ‰)	1916–1749 cal. BC 3866–3699 cal. BP	1887–1774 cal. BC 3837–3724 cal. BP	1827 cal. BC 3777 cal. BP

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 SREDNJI VEK VISOKI SREDNJI VEK ZGODNJI SREDNJI VEK	SREDNJI VEK
						POZNA ANTIKA	
	0	-2000		-2000			RIMSKA DOBA
						MLAJŠA STAREJŠA	ŽELEZNA DOBA
	-1000	-3000		-3000		POZNA MLAJŠA	
						SREDNJA	BRONASTA DOBA
	-2000	-4000		-4000		STAREJŠA	
	-3000	-5000		-5000			ENEOLITIK BAKRENA DOBA
	-4000	-6000		-6000			
	-5000	-7000		-7000			NEOLITIK MLAJŠA KAMENA DOBA
	-6000	-8000		-8000			
	-7000	-9000		-9000			
	-8000	-10.000		-10.000			MEZOLITIK SREDNJA KAMENA DOBA
	-9000	-11.000		-11.000			
HOLOCEN							
	-10.000	-12.000		-12.000			
	-11.000	-13.000		-13.000			
	-12.000	-14.000		-14.000			PALEOLITIK STAREJŠA KAMENA DOBA
	-13.000	-15.000		-15.000			
PLEISTOCEN							
BC	-14.000	BP -16.000		B2K -16.000			

cal. BP (Before Present) = pred letom 1950

cal. BP – 1950 = cal. BC

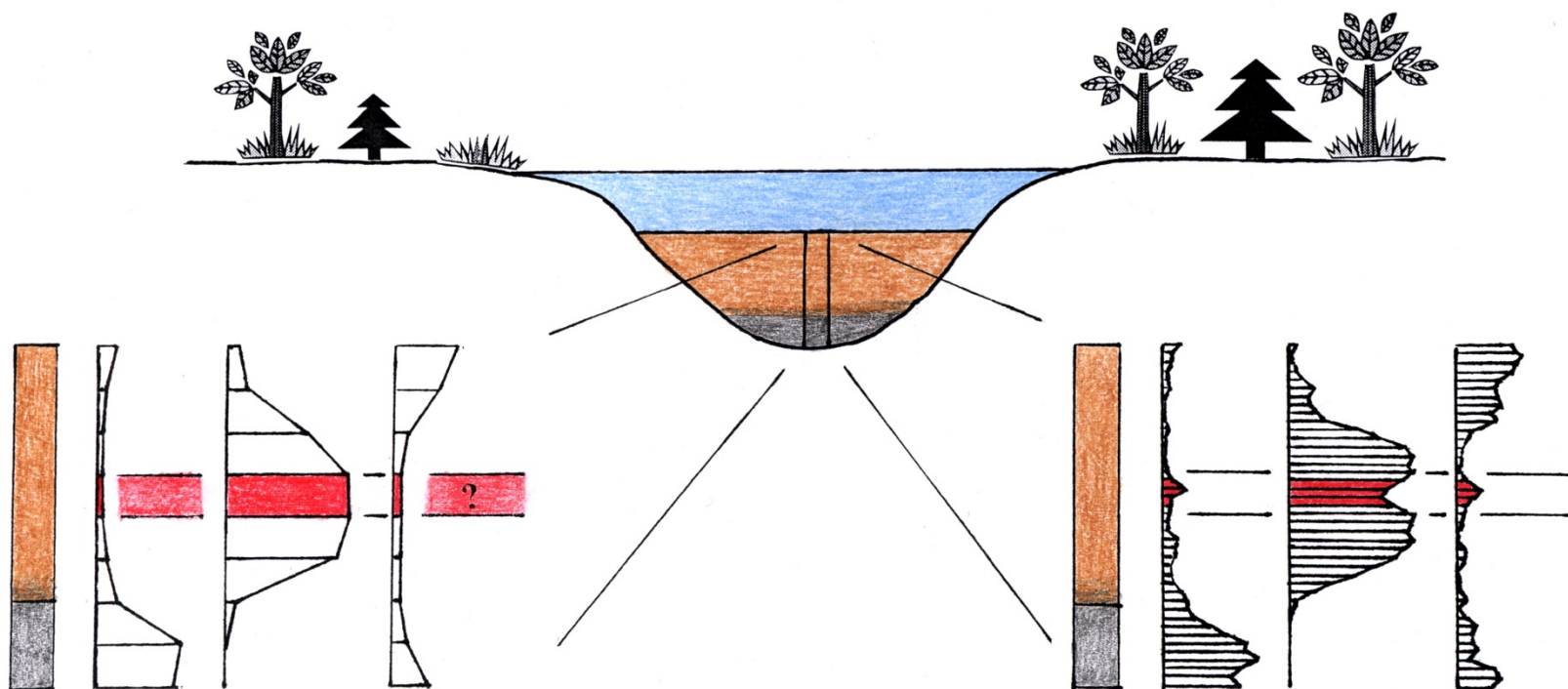
1827 cal. BC = 3777 cal BP

3777 cal. BP – 1950 = 1827 cal. BC

cal. BC = pr. n. št. = pr. Kr.

Časovno merilo sprememb vegetacije.

Večja resolucija vzorčenja → bolj podrobni podatki o razvoju vegetacije.



Mlaka (Bela krajina), primerjava pelodnega diagrama z manjšo in večjo resolucijo vzorčenja

diagram s slabšo resolucijo, vzorčenja:

prešteti 28 vzorcev, 3 C 14 datacije

> ca. 4–5 mesecev dela

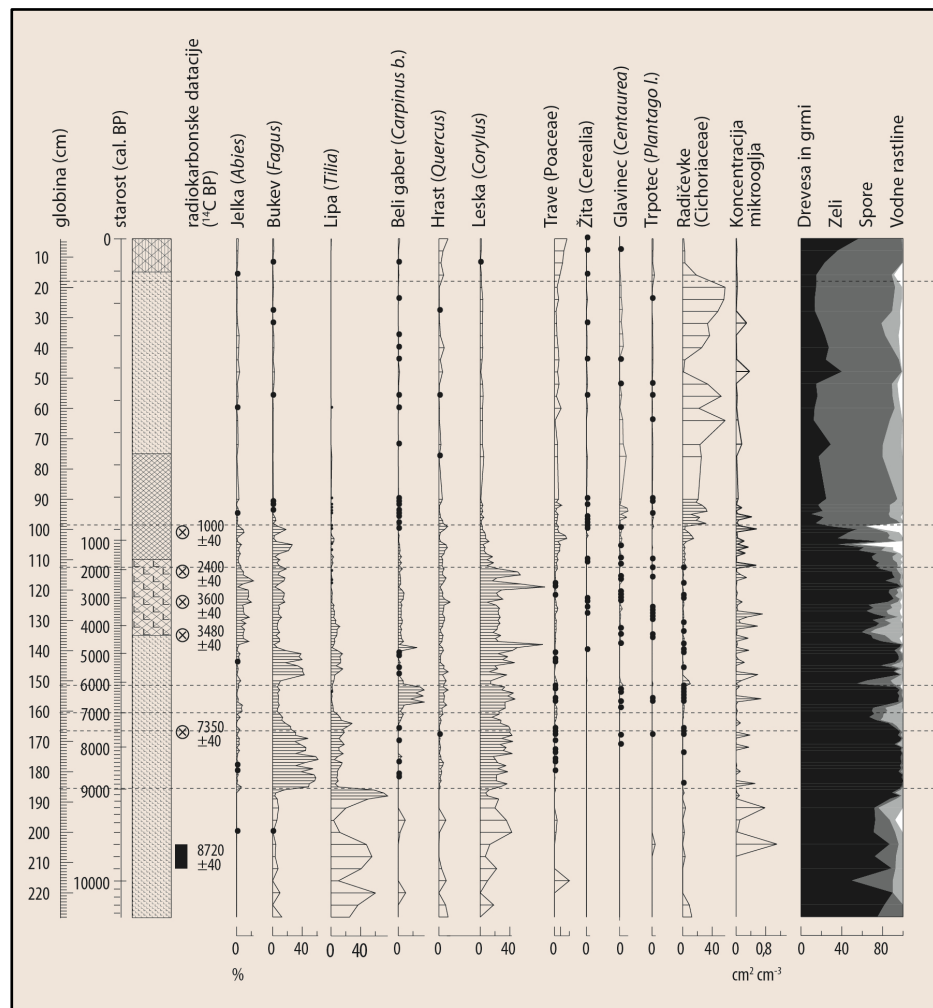
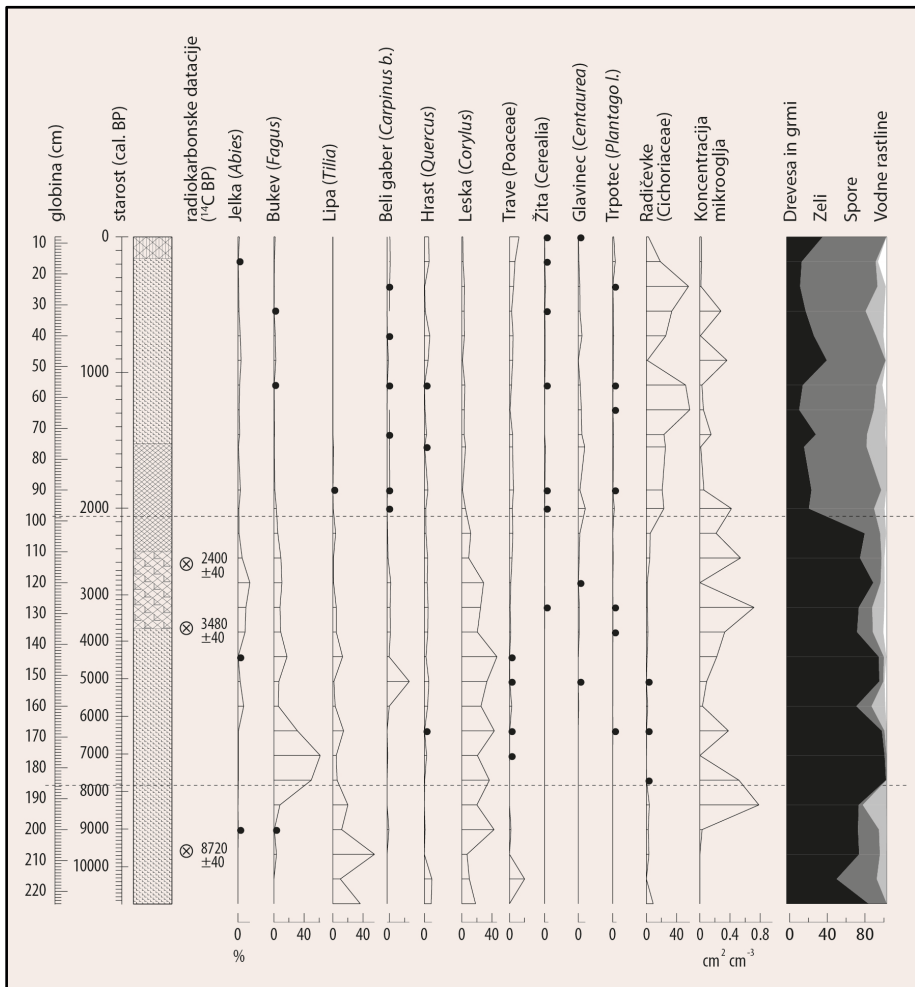


diagram z boljšo resolucijo, vzorčenja:

prešteti 127 vzorcev, 6 C 14 datacij

> ca. 1 leto in pol dela

Pelodna produkcija ni pri vseh vrstah enaka.

TABLE 8.1 Pollen production of various species expressed in different ways. The index of relative pollen production in the final column is based upon estimates of the pollen production of an individual over a period of 50 years and is expressed relative to beech (estimated production 2.45×10^{10} pollen grains). This value is taken as unity (after Erdtman 1969).

Species	No. of pollen grains per anther	No. of pollen grains per flower	No. of pollen grains per catkin	Index of relative pollen production (<i>Fagus</i> = 1.0)
<i>Trifolium pratense</i>	220	—	—	—
<i>Acer platanoides</i>	1000	8000	—	—
<i>Malus sylvestris</i>	1400–6250	—	—	—
<i>Calluna vulgaris</i>	2000 tetrads	—	—	—
<i>Fraxinus excelsior</i>	12 500	—	—	—
<i>Secale cereale</i>	19 000	57 000	—	—
<i>Rumex acetosa</i>	30 000	180 000	—	—
<i>Juniperus communis</i>	—	400 000	—	—
<i>Pinus sylvestris</i>	—	160 000	—	15.8
<i>Picea abies</i>	—	600 000	—	13.4
<i>Betula pubescens</i>	—	—	6 000 000	—
<i>Alnus glutinosa</i>	—	—	4 500 000	17.7
<i>Quercus robur</i>	—	1 250 000	—	—
<i>Fagus sylvatica</i>	—	—	175 000	1.0
<i>Quercus petraea</i>	—	—	—	1.6
<i>Carpinus betulus</i>	—	—	—	7.7
<i>Betula pendula</i>	—	—	—	13.6
<i>Corylus avellana</i>	—	—	—	13.7
<i>Tilia cordata</i>	—	—	—	13.7

Količina peloda, ki ga proizvede posamezna rastlina, niha.

Na pelodno produkcijo vplivata klima in rastne razmere. Zato veliko palinologov korekcijskih faktorjev Andersenove ne uporablja (veljajo za določeno geografsko območje). Pelod različnih oblik in velikosti se različno hitro in različno daleč širi.

TABLE 8.2 Pollen deposition rates beneath a forest canopy. Values are expressed in relative terms, with *Fagus sylvatica* as the reference species (from Andersen 1970).

<i>Quercus</i>	×1.0
<i>Betula</i>	×1.0
<i>Alnus</i>	×1.0
<i>Carpinus</i>	×1.3
<i>Ulmus</i>	×2.0
<i>Tilia</i>	×8.0
<i>Fraxinus</i>	×8.0
<i>Fagus</i>	×4.0
<i>Pinus</i>	×1.0
<i>Acer</i>	×8.0
<i>Picea</i>	×2.0
<i>Abies</i>	×4.0
<i>Corylus</i>	
canopy	×1.0
understorey	×4.0

TABLE 8.3 Volume, weight and settling velocity in still air for a number of pollen types (from Erdtman 1969).

Pollen type	Volume, (μm^3)	Weight, ($\text{g} \times 10^{-9}$)	Settling velocity (cm/s)
<i>Picea</i>	132 000	72.8	6.0
<i>Fagus</i>	51 770	37.0	5.0
<i>Pinus</i>	47 030	18.4	3.0
<i>Corylus</i>	10 150	10.2	2.3
<i>Alnus</i>	9070	6.8	1.6
<i>Betula</i>	7540	6.1	1.5
<i>Taxus</i>	7130	4.1	1.0
<i>Juniperus</i>	9460	3.8	0.9

Kaj nam o nekdanjem okolju torej lahko pove palinologija?

- sestava nekdanje vegetacije
- človekov vpliv na okolje
- klima?



Človekov vpliv na okolje

'landnam'

Iversen, J. 1941. Landnam: Danmarks Stenalder. Land Occupation in Denmark's Stone Age. Danmarks geologiske Undersøgelse. Series II. 66: 1-65

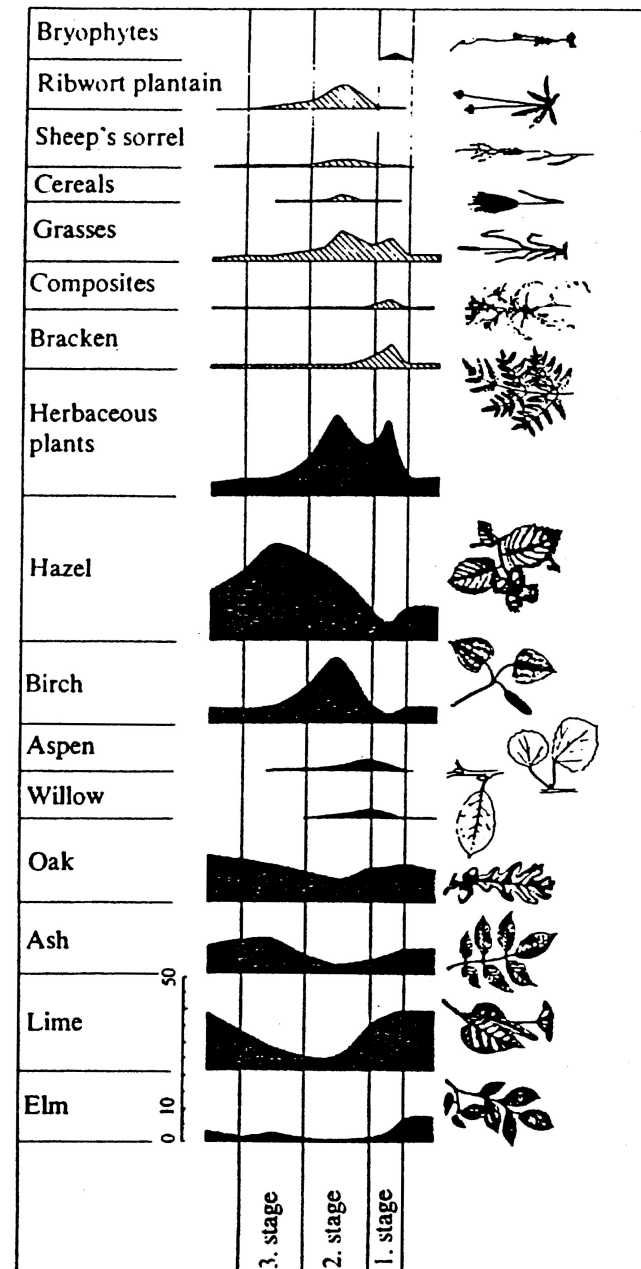


Figure 2. Generalized pollen diagram for a Stone Age *Landnam* with its 3 phases. (from Iversen, 1973).

‘Antropogeni

indikatorji’

K. E. Behre. 1986. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et spores* 23(2).

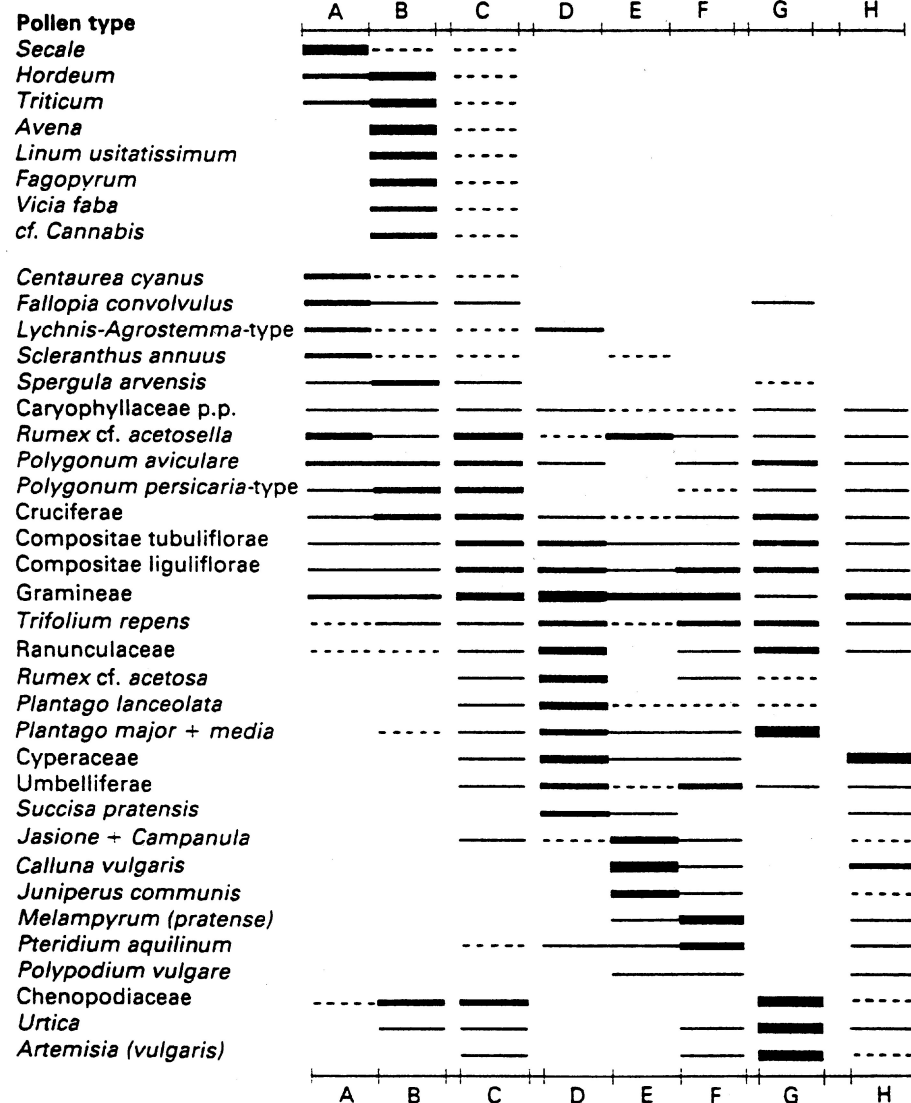


FIG. 8.2. The value of various pollen types as indicators of specific, man-managed habitats (A–H) in northern Europe (redrawn with permission from Behre 1986). The scheme can only be taken as a rough guide to interpretation as geographical variation is to be expected. Key to habitats: (A) winter cereals; (B) summer cereals and root crops; (C) fallow land; (D) wet meadows and pasture; (E) dry pastures (heaths, etc.); (F) grazed forest; (G) footpath and ruderal communities; (H) natural communities (e.g. mires).



Naslednje predavanje: ekologija rastlin in paleoklimatologija.

Osnovna literatura:

Andrič M., Tolar T. in Toškan B. 2016. Okoljska arheologija in paleoekologija: palinologija, arheobotanika in arheozoologija. Ljubljana, Inštitut za arheologijo in Založba ZRC.

Behre K.-E. 1981. The Interpretation of Anthropogenic Indicators in Pollen Diagrams. *Pollen et Spores* 23, 225–245.

Behre K.-E. 1988. The Role of Man in European Vegetation History. V: B. Huntley in T. Webb (ur.). *Vegetation History*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 633–672.

Jacobson G. L. in Bradshaw R. H. W. 1981, The selection of sites for palaeovegetational studies, *Quaternary Research* 16, 80–96.

Moore, P. D., Webb J. A. in Collinson M. E. 1991. *Pollen Analysis*. Second Edition. Oxford: Blackwell Science.

Pearsall D. M. 2000. *Paleoethnobotany (A Handbook of Procedures)*. Second Edition. London, Academic Press.