

Příběhy z elektronového mikroskopu 7. Zoologická zahrada v jezerních sedimentech

Přírodních jezer je u nás málo a o jejich hodnotě a významnosti v krajině není sporu. Co se ale v nich skrývá pod oživeným dnem, tedy v tom, co by většina z nás nazvala obyčejným bahnem? Jde o něco pozoruhodného, nebo dokonce cenného? Ano, rozhodně. Jezerní sedimenty jsou totiž doslova napěchované informacemi a představují jedinečné svědectví o historii přírody a často i člověka. Podstatná část těchto bohatých záznamů je uložena v podobě pozůstatků širokého spektra organismů, z nichž některé bychom zde rádi v krátkosti představili.

Sedimenty na dně jezer patří v našich podmínkách, tedy na území s absencí ledovců a kvartérních mořských sedimentů, mezi nejdetailnější a nejkontinuálnější přírodní archivy, jež nám mohou poskytovat informace o dění v nejmladších čtvrtohorách. Rekonstrukce procesů v minulosti založené na jejich studiu mohou dosáhnout vysokého časového rozlišení. Samotná jezera se sice jeví v českých zemích jako něco zcela raritního, když k nim ale připočteme sedimentární záznam z jezer již zaniklých, typicky tzv. zazemněných (obr. 8), jejich počet se přehoupne přes 30 a v budoucnu se jistě ještě navýší (Vondrák, Prach a Houfková 2015; obr. 9).

Obecně lze konstatovat, že sedimentace na většině známých lokalit v ČR začala už v závěru poslední doby ledové nebo na samém počátku holocénu, tedy bezprostředně potom, co jezera v důsledku oteplení klimatu vznikla. Šlo o jezera ledovcového, ale i jiného původu. Dá se říci, že v průměru jsou naše přírodní archivy tohoto typu o něco starší než třeba v těch oblastech Evropy, které drasticky zasáhlo kontinentální zalednění (např. Skandinávie, Skotsko), nebo významné zalednění

horské (např. Alpy, Karpaty, Pyreneje). Ve zmíněných regionech totiž vznikala jezera s ohledem na postupný ústup ledovců i během holocénu a někde dokonce vznikají dodnes. Naopak zánik jezer probíhal na našem území od sklonku doby ledové přes celý holocén, přičemž některá ledovcová jezera se zachovala až do současnosti (např. na Šumavě – blíže viz Živa 2002, 6: 265–269 nebo 2003, 1: 25–29 a 2013, 5: 224–229). I jiná bychom však mohli nyní obdivovat, kdyby nepadla v 19. stol. za obět zemědělským a jiným potřebám našich předků. Takový osud měla třeba dvě jihomoravská jezera – Kobylské a Čejčské (Živa 2009, 3: 107–109), a zejména naše největší holocenní přirozená vodní plocha – Komořanské jezero v Mostecké pánvi (Jančůvská a Pokorný 2013). Vedle zmíněné jižní Moravy (přesněji území mezi Kyjovem a údolímí řek Moravy a Dyje) a Šumavy máme ještě třetí významný jezerní region – Třeboňsko. Právě tam bylo v posledních letech nalezeno zaniklých jezer nejvíce (obr. 11). Třeboňské středověké rybníky jsou tedy překvapivě nepřímými pokračovateli přírodních nádrží (Hošek a kol. 2014, 2016).

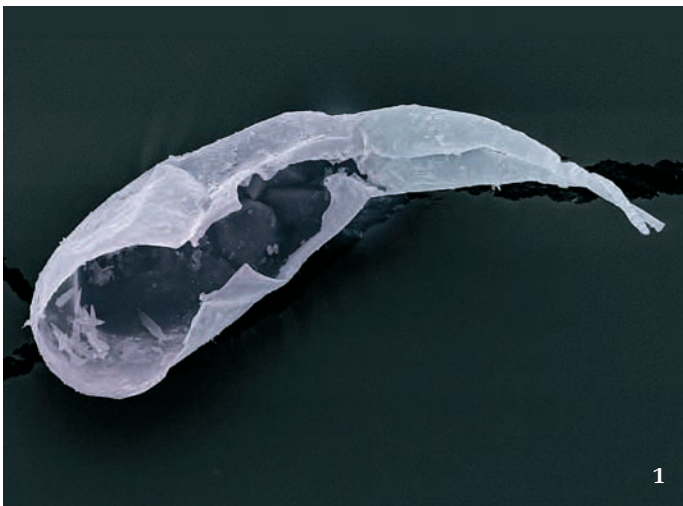
Subfoslíni zbytky bezobratlých

Nyní se ale již ponoříme do sedimentu. Jeho nejsvrchnější vrstvy mívají bahnitý charakter prozrazující velký obsah vody a organické hmoty. Můžeme se zde stále setkat i s živými organismy, které se ve zvodnělém substrátu dokážou pohybovat, umějí se vypořádat s prostředím bez kyslíku a z různých příčin tu nacházejí své dočasné útočiště (např. někteří máloštětnatci, klanonožci nebo pakomáři). Čím hlouběji, a tedy i dále v minulosti se ocitneme, tím hutnější sediment bývá. V případě jeho vysokého předholocenního stáří může dokonce zcela změnit barvu od hnědé nebo černé až do různých odstínů šedé (obr. 10), které jsou dány velkým podílem anorganických složek. Na základě takového zbarvení sedimentu pak můžeme usuzovat, že dané jezero pravděpodobně vzniklo v otevřené krajině doby ledové s málo vyvinutou půdou v jeho povodí. Bez ohledu na zbarvení a stáří však typický jezerní sediment téměř vždy obsahuje mimořádné množství identifikovatelných zbytků všemožných organismů. Zcela běžné jsou mezi nimi části těl zástupců různých skupin živočichů, dokonce zbytky některých prvoků.

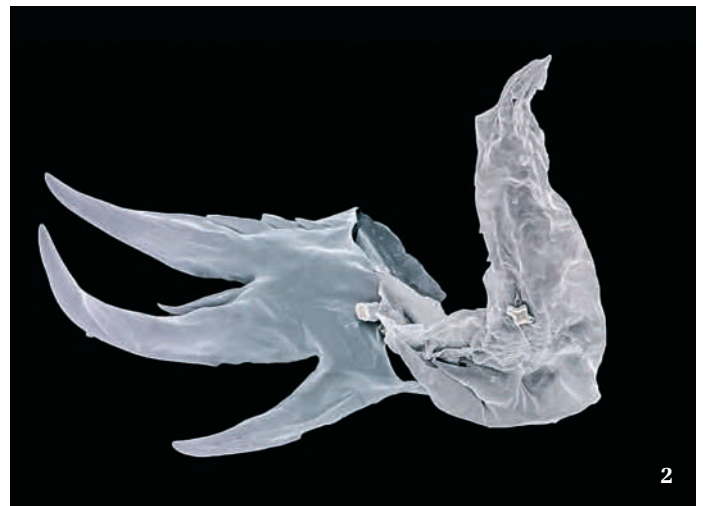
Pomineme-li tedy v sedimentu jasně dominující pozůstatky primárních producentů (pyl suchozemských rostlin, sinice a řasové organismy nebo makrozbytky rostlin, jako jsou semena, plody či listy; blíže Živa 2015, 2: 66–68), narazíme mezi nejdrobnějšími zbytky organismů třeba na schránky jednobuněčných krytenek neboli testátních améb (Rhizopoda: Thecamoeba nebo Testacea; významem krytenek ze současných vod a sedimentů pro paleontologickou autekologii se zabýval článek v Živě 2004, 5: 217–219). Tato polyfyletická skupina se tradičně člení do nižších

1 Hlavový štít perloočky nosatičky dlouhotrné (*Bosmina longispina*) se dvěma charakteristickými tykadly prvního páru. Zazemněné jezero Stará jímka na Šumavě, asi 10 500 let před naším letopočtem. Druh je v současnosti v České republice vyhynulý. Délka objektu 420 µm

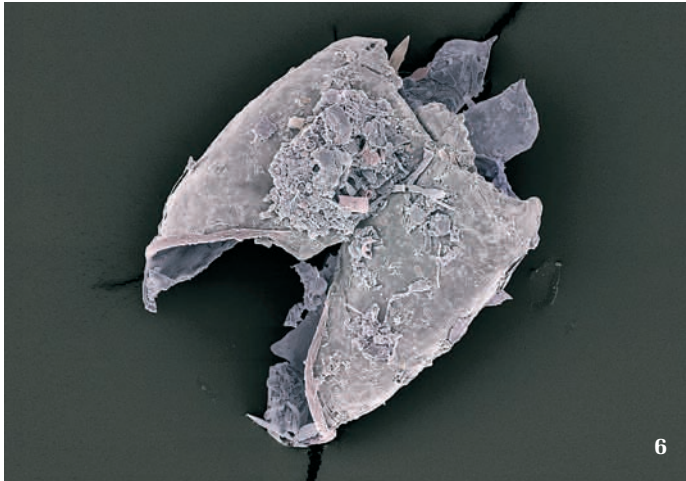
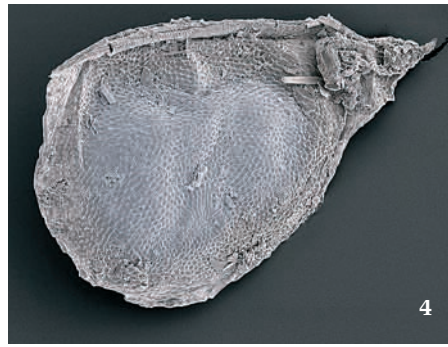
2 Kusadlo (mandibula) dravé planktonní larvy koretry průsvitné (*Chaoborus flavicans*). Komořanské jezero v Mostecké pánvi, asi 9–10 tisíc let př. n. l. Délka objektu 240 µm



1



2



taxonů podle charakteru panožek (pseudopodií) a právě schránek, zcela zásadních i pro určení do druhu. Tvoří je proteiny a mohou být zpevněny endogenně vyprodukovaným vápenatým nebo křemičitým materiálem (idiazomy), případně částicemi nalezenými v okolním prostředí (xenozomy), jako schránkami rozsivek, hyfami hub nebo zrnky písku (viz obr. na 3. str. obálky). Zpevňování vede k dobrému uchování schránek v jezerních sedimentech. V hojném množství je však nalézáme zejména v sedimentech rašelinných, protože krytenky jsou především typickými obyvateli mechového patra rašelinišť a slatinišť. Různé ekologické nároky jednotlivých druhů těchto miniaturních predátorů bakterií a jiných prvoků pomáhají při rekonstrukcích environmentálních změn v minulosti, v případě jezer např. změn pH nebo úživnosti.

Přestože krytenky mohou být v jezerním sedimentu velice běžné, vysoce nad nimi převažují pozůstatky drobné mnohobuněčné fauny, zejména perlooček (Crustacea: Cladocera), které často nacházíme v tisícových až desetitisícových počtech v jediném gramu odebraného vzorku. Bohatě zastoupení zbytků těchto korýšů je dáno v první řadě tím, že perloočky vytvářejí početné populace obývajících v jezerech různá stanoviště, a to včetně rozlehlého prostředí volné vody (pelagiálu). Tuto dominanci umocňuje skutečnost, že zachovávání částí těla u ostatních významných skupin s planktonními zástupci (vířníci, klanonohci) bývá mizivé. Za odolnost zbytků perlooček může vydatné vyztužení tělního povrchu chitinem, a to hlavně u planktonní čeledi nosatčkovití (Bosminidae, obr. 1) a převážně litorální čeledi čočkovcovití (Chydoridae, obr. 3). Ostatní čeledi perlooček mají exoskeleton tenčí, a proto z něj většinou zůstanou jen určité odol-

nější části. Např. ekologicky významnou čeleď hrotnatkovití (Daphniidae), jež zahrnuje některé druhy relativně velkých planktonních filtrátorů, máme často doložitelnou jen prostřednictvím ochranných schránek pro vajíčka – efipii (neboli sedélek, obr. 4, a také v Živě 2015, 5: 266–267). Různé typy trvalých vajíček (resp. odolných schránek pro embrya) představují mnohdy jediný hmatatelný doklad historického výskytu i u dalších skupin bezobratlých obývajících jezera – vířníků (Rotifera), klanonohých korýšů vznášivek (Calanoida), želvušek (Tardigrada) nebo mechovců (Bryozoa, na obr. 5). Podobně bývají nalézány i gemule houbovců (Porifera), tedy kulovité útvary vznikající při nepohlavním rozmnožování. Vedle nich však přítomnost této skupiny dokládají i nápadné křemičité jehlice, které houbovci využívají k vyztužení svého těla.

Zásadní skupinou živočichů zanechávajících v sedimentech identifikovatelné zbytky těl jsou bezesporu též lasturnatky (Crustacea: Ostracoda). Podobně jako perloočky obývají v jezerech různá stanoviště. Pro výskyt těchto představitelů korýšů a zejména pro uchování jejich vápenatých schránek není příznivé kyselé prostředí, a proto např. v sedimentech šumavských jezer schránky lasturnatek téměř chybějí. Jinde jsou ale naopak velmi hojné. Podobnou situaci pozorujeme u vodních plžů a mlžů, kteří rovněž mají vápenaté ulity, resp. lastury. Obecně platí, že vnější kostry bezobratlých obsahující karbonáty se při výzkumu s oblibou využívají ke stanovování relativního zastoupení stabilních izotopů kyslíku ^{16}O a ^{18}O za účelem rekonstrukce klimatických změn v minulosti, podobně jako se využívá kyslík uzavřený v bublinách ledu kontinentálních ledovců (např. Pokorný 2012).

Nejběžnějšími zástupci bentické fauny jezer, s nimiž se lze v sedimentu setkat,

3 Pilovitý postabdomen pilovce obrovského (*Eurycercus lamellatus*), jedné z našich největších perlooček. Stará jímka, asi 9 450 let př. n. l. Délka 680 μm

4 Ochranná schránka vajíček (efipium) perloočky ze skupiny *Daphnia longispina*. Stará jímka, asi 11 500 let př. n. l. Délka 670 μm

5 Klidové rezistentní stadium buněk (statoblast), z nichž v příznivých podmínkách vypučí noví jedinci mechovce rodu *Plumatella*. Bývalé Komofanské jezero, asi 13 tisíc let př. n. l. Délka 300 μm

6 Spodní pohled na hlavovou schránku pakomára morfotypu *Micropsetra insignilobus*. Stará jímka, asi 11 500 let př. n. l. V přední části ozubený spodní pysk (mentum) a podstavce tykadel s charakteristickým trnem. Délka 280 μm

7 Kusadlo dravé bentické larvy střechatky rodu *Sialis*. Stará jímka, asi 9 450 let př. n. l. Délka 840 μm . Snímky D. Vondráka a P. J. Juračky, pokud není uvedeno jinak

8 Stará jímka v národním parku Šumava – příklad relativně velkého zazemněného jezera. Odhadovaná plocha 4,5–6,5 ha, mocnost sedimentů přes 10 m. Foto D. Vondrák

9 Distribuce přírodních archivů tvořených jezerními sedimenty na území ČR. Zobrazeny pouze dosud publikované záznamy o jezerech, která existovala někdy v období mezi vrcholem posledního zalednění a současností. Nejsou zde zahrnuta jezera bezprostředně vázaná na říční nivy, jezera na rašeliništích a krasová. Početné lokality na Třeboňsku jsou zastoupeny pouze pěti nejvýznamnějšími. Orig. D. Vondrák

10 Část vrtu sedimenty bývalého jezera Stará jímka zachycující změnu charakteru sedimentace v době vzniku lesních půd



v povodí na počátku holocénu. Tato změna se projevila jako skokové navýšení obsahu organické hmoty (přechod z šedého do tmavě hnědého zbarvení blízko poloviny zobrazeného jádra).
11 Odběr sedimentů ze zazemněného jezera Velký Tisý na Třeboňsku, které bylo objeveno v r. 2012 pod stejnojmenným rybníkem. Foto D. Vondrák (obr. 10 a 11)

jsou jistě pakomáři (Diptera, čeleď Chironomidae), či přesněji jejich larvy, které co do biomasy dominují i ve většině dnešních stojatých vod (společně s hlísticemi a máloštětinatci, jejichž tělo se ale snadno rozkládá). Larvy pakomárů mají sice měkké tělo, které se obvykle nedochová, avšak zásadní determinační znaky našťastí nese vydatně chitinizovaná hlavová schránka – kapsula (obr. 6). Využití pakomárů v paleolimnologii a paleoekologii je jako u předchozích taxonů vícestranné. Nejčastěji se uplatňují při kvantitativních rekonstrukcích teploty v minulosti, neboť právě teplota bývá hlavním vysvětlujícím faktorem pro distribuci jejich různých druhových složení na větších prostorových škálách (např. Eggermont a Heiri 2012). Z dvoukřídlého hmyzu doplňují pakomáry někdy muchničky (Simuliidae), pakomárci (Ceratopogonidae) nebo koretry (Chaoboridae), z nichž poslední jmenované slouží často pro rekonstrukce intenzity predace ze strany planktonožravých ryb (obr. 2).

Plejádu hmyzích zbytků zpestřují vůči hlavovým kapsulám pakomárů daleko méně početné, silně chitinizované úlomky těl chrostíků (Trichoptera), jepic (Ephemeroptera), střechatek (Megaloptera, obr. 7) a vodních brouků (Coleoptera). Přítomny jsou ale i prvky v jezeře nežijící (alochtonní), které pocházejí z okolního povodí – terestriční brouci, dospělci dvoukřídlého hmyzu nebo roztoči, převážně pancířníci (Oribatida). Těla pancířníků se uchovávají prakticky celá (obr. na 1. str. obálky) a na některých lokalitách jsou hojná. Využití nacházejí především při rekonstrukcích vegetačních změn v nejbližším okolí jezer (např. vegetační sukcese nebo jiných změn poměru zastoupení lesa vůči různým typům bezlesí). V chemicky vhodném prostředí může navíc docházet i k uchování kostí a šupin ryb, které nás pak přímo informují o vrcholových predátorech jezerního ekosystému.

Nové výzvy v kvartérní paleozoologii
 Naše kvartérní paleozoologie se při kvantitativních analýzách druhového složení

fauny v čase tradičně opírá o dvě skupiny – suchozemské měkkýše a drobné obratlovce (např. Živa 2004, 1: 5–8 a 2: 50–54; 2010, 4: 146–149; 2013, 4: 146–148 a 5: 198–201, také Ložek 2011, Horáček 2015). Jejich zásadní výhodou je možnost nalezení přírodních archivů s takovým počtem jedinců v každé uvažované vrstvě, resp. časovém okně, který by byl reprezentativní, a tedy statisticky zhodnotitelný. To není snadné, neboť pro dobré zachování fosilií obou skupin je nutné vápnité prostředí a v případě drobných obratlovců navíc nalezení lokalit s jejich druhotným nahromaděním (např. krasové dutiny a místa pod převisy, kde se hromadí výrůstky sov). Z těchto důvodů byly dosud prováděné výzkumy spojeny zejména s krasovými oblastmi a regiony s výskytem spraší. Ke zmíněnému však existuje (u nás poněkud opomíjená) alternativa, tedy právě jezerní sedimenty s uchovanými zbytky fauny, pokrývající spektrum od prvků přes různé skupiny drobných bezobratlých až po ryby. Mezi nejperspektivnější z nich patří zmíněné krytenky, perlóčky, lasturnatky, pancířníci a pakomáři, jelikož známe poměrně dobře ekologii jejich zástupců. Vyznačují se velkou druhovou bohatostí, podle dochovávaných částí těla jsou identifikovatelní i do nejnižších taxonomických úrovní a potřebný počet zbytků získáme i z nepatrného množství sedimentu. Tyto parametry je předurčují pro kvantitativní rekonstrukce změn prostředí v minulosti s velmi vysokým časovým rozlišením. Jezerní sedimenty tak představují mimořádně obsáhlé knihovny historie přírody, u nás zatím téměř nečtené. Jako takové si zaslouží zájem a v nutných případech rozhodně i ochranu.

Príspevek vznikl díky podpoře Norských fondů (projekt NF-CZ07-INS-3-036-2014).

Použitou literaturu uvádíme na webové stránce Živy.

