Výzkum minulosti ekosystémů – co přináší paleoekologie moderní ochraně přírody?

Jindřich Prach, Petra Hájková, Daniel Vondrák, Lydie Dudová, Petra Marešová, Přemysl Bobek, Barbora Chattová, Petr Pokorný

Ekosystémy nejsou statické, ale dynamické systémy, které se neustále vyvíjejí. Současná příroda je výsledkem dlouhé historie ovlivněné klimatickými změnami, geologickými procesy a činností člověka. Jinak vypadala krajina v době ledové, jinak po tisíce let zemědělského pravěku, jinak v posledních staletích. Jak tyto znalosti získáváme? Ukážeme, že nenahraditelným zdrojem informací jsou sedimenty všeho druhu – například rašelinišť, ale i starých rybníků. Hodnota těchto „přírodních archivů“ by měla být reflektována při plánování a prioritizaci péče o chráněná území.

Výzkum rybničních sedimentů v PR Rybníčky u Podbořánek odhalil ve 120 cm hlubokých vrstvách datovaných do cca 16. století oligotrofní ekosystém; zbytky lnu, konopí a náročných bezobratlých ukazují tehdejší jiný než rybochovný účel nádrže, kontrastující s povrchovými vrstvami černého sapropelu. Foto Jindřich Prach

Sedimenty vhodné pro paleoekologické výzkumy lze v terénu dohledat ručním vrtáním i v drobných mokřadech, pro následné podrobné zpracování jsou potřeba odběry širšími technicky složitějšími vrty nebo výkopy. Foto Jindřich Prach

Odebraný sediment připravený pro podrobný laboratorní výzkum (vrchoviště Velký Máj). Foto Lydie Dudová

Kdy ochranář využije znalosti o minulosti i o neustálých změnách

Zarůstá nebo například vysychá lokalita chráněného druhu. Při plánování ochranářských opatření pomůže znalost, jestli podobné změny probíhaly i v minulých tisíciletích. Co byly dnešní vzácné druhy schopny v minulosti přežít a co již ne?

Jaké druhové složení lesa plánovat jako cílové v konkrétním chráněném území? Využívá se lesnická typologie a koncept potenciální nebo rekonstrukční vegetace, vodítkem je vegetační stupňovitost – dubohabřiny v nižších polohách, jedlobučiny v kopcích a smrčiny v horách. Čím dál víc ale paleoekologie odkrývá zajímavé regionální rozdíly a lokální specifika. Rozrůzněnost místo od místa a dlouhodobý vývoj vedoucí k dnešní podobě přírody musí ochrana přírody poznat a brát v potaz. Jinak se může stát, že dobře míněnými ochranářskými cíli, vytyčenými ale jen na základě obecných tabulek a zastaralých představ, přijdeme o fenomény, které po tisíciletí tvoří pestrost středoevropské krajiny.

Příklad specifického vývoje lesa najdeme třeba v mnohých územích západních Čech, kde měly navrch borovice se smrkem a jedlí ještě dlouho poté, co jinde dávno převládly bučiny (Novák a kol. 2021, Kuneš a kol. 2022). V severočeských pískovcích přežíval minimálně do středověku modřín (Pokorný a kol. 2023a, viz také předminulé číslo OP) a před více tisíciletími i borovice limba (Pokorný a kol. 2023b). V Máchově kraji na některých místech přetrvala borová tajga od konce doby ledové až dodnes (Sádlo a kol. 2015, Novák a kol. 2012). V Hodonínské Dúbravě, kde dnes rostou vzácné reliktní druhy a kde bychom předpokládali dlouhou existenci dubových lesů, byly doloženy lískové křoviny až do vrcholného středověku, kdy začal být dub chráněn před kácením a mohl se rozšířit (Jamrichová a kol. 2013). Extrémní bohatství a specifickou druhovou skladbu bělokarpatských luk utvářela kontinuita bezlesí během celé doby poledové. Zajistily ji jak podmínky prostředí, tak činnost člověka už od neolitu (Hájková a kol. 2011, Novák a kol. 2019). Naopak mnohá prameniště a slatiniště známá dnes pro svou vzácnou vegetaci vznikla až po kolonizaci, odlesnění a následném obhospodařování (Hájková a kol. 2015). Biotopy formované člověkem už od počátku své existence tak nepřekvapivě potřebují údržbu i dnes. Naopak u jiných lokalit, jako je např. rašeliniště Březina v Českém středohoří, se potvrdilo značné stáří a nezávislost na člověku (Marešová a kol. 2023).

Netriviální jsou i historie některých konkrétních druhů. Slavný blatkový bor v NPR Dářko na Vysočině zhoustl až před několika staletími. Předtím zde zřejmě byly méně zapojené porosty, jejichž podmínky byly pro současné vzácné rašeliništní druhy příhodnější (Roleček a kol. 2020). Podobně dynamickou historii měl i blatkový bor v NPR Rejvíz v Jeseníkách (Dudová a kol. 2010). Tolik diskutovaný lýkožrout smrkový byl zachycen ve starých vrstvách sedimentů na Šumavě i v Tatrách a zjevně se podílel na dlouhodobé dynamice a zmlazování lesních porostů (Schafstall a kol. 2023). Kriticky ohrožené vodní rostliny šídlatky rostly dříve běžně v řadě šumavských jezer a jejich úbytek nastartovaly až přirozené vegetační změny v povodích a následné hnědnutí jezerní vody několik tisíc let před antropogenní acidifikací ve 20. století, se kterou je problematika jejich přežívání obvykle spojována (Moravcová a kol. 2021). Ve výčtu podobných zajímavostí by šlo pokračovat. Víc toho ale stále čeká na objevení.

Co všechno jde zkoumat?

Zabýváme-li se dnešní biodiverzitou, zajímá nás vývoj v posledních tisících, maximálně nízkých desítkách tisíců let. To už existovaly dnešní druhy a postupně se formovala dnešní společenstva. Minulost ovšem vidíme jen nepřímo. Nemůžeme detailně zaznamenávat výskyty druhů nebo třeba měřit teplotu stejně snadno jako dnešní ekologové. Výzkum, hledání dávných světů, je dobrodružný, ale také spojený s většími nejistotami. V různých usazeninách z výkopů a vrtů hledáme vrstvy příslušného stáří a v nich

analyzujeme všechno možné. Získáváme tak data, která jen více či méně vzdáleně (proto hovoříme o tzv. proxy-datech) charakterizují tehdejší ekosystémy.

Známé jsou analýzy pylu. Různé rostliny mají pod mikroskopem rozlišitelná pylová zrna různých tvarů, pyl je téměř všudypřítomný a dlouho vydrží. Po různých přepočtech zohledňujících, jaké druhy produkují kolik pylu a jak daleko se větrem šíří, lze vyvozovat složení vegetace v okolí místa v určitém časovém řezu. Z rostlin lze dále určovat i semena, šupiny pupenů, lodyžky mechorostů, zbytky čerstvého či zuhelnatělého dřeva a podobné pozůstatky jejich těl, kterým říkáme rostlinné makrozbytky. Ty, na rozdíl od pylu, který mohl doletět z dálky, bývají dobrým dokladem přítomnosti daného druhu přímo na zkoumaném místě. Z mnoha lokalit tak máme doložené různé zajímavé, později třeba na dané lokalitě vymřelé druhy. Z množství mikroskopických uhlíků lze usuzovat na rozsah a periodicitu požárů.

Také zbytky živočichů lze studovat. Ve vápnitých usazeninách můžeme určovat ulity měkkýšů, schránky korýšů lasturnatek a kosti obratlovců. Podle nich lze posuzovat například míru tehdejšího zapojení lesa vs. bezlesí a přítomnost nějakého typu vodního ekosystému. V nevápnitých sedimentech jezer, rybníků a v rašelině se setkáváme s početnými zbytky drobných korýšů perlooček, roztočů a vodního i suchozemského hmyzu. Mezi hmyzem jsou pro rekonstrukce nejcennější brouci a pakomárovití. Úživnost, pH a další vlastnosti vodního prostředí lze dále dobře vyčíst z druhového složení rozsivek, tedy jednobuněčných řas, jejichž křemičité, v podstatě skleněné schránky se zvlášť dobře zachovávají.

Všechny výše zmíněné zbytky organismů vydrží v sedimentech s vhodnými chemickými a vlhkostními poměry desítky až stovky tisíc let. Jejich analýza spočívá v jejich separaci za použití sít a chemického rozpouštění a následném určování pod mikroskopem či binokulární lupou. Kromě biologických zbytků běžně pracujeme i s nejrůznějšími geochemickými proxy, jako jsou poměry zastoupení prvků, izotopů, zrnitost a podobně. Jejich fyzikálně-chemická problematika je natolik komplikovaná, že by si to vyžádalo samostatnou sérii článků.

Zásadní pomůckou pro určení stáří studovaných sedimentů je radiouhlíkové datování. Lze tak nejen vyzkoumat, že „Cimrman do Liptákova dorazil na podzim roku 1906 plus minus 200 let“, ale například i to, že kus dřeva v sedimentu na dně jezera na Třeboňsku má radiouhlíkové stáří 11 640 ± 30 let, tj. po přepočtu (kalibraci) strom rostl s 95% pravděpodobností 13 401–13 658 roků před rokem 1950 n. l. To znamená, že spadl do jezera, které tehdy vzniklo v důsledku tání trvale zmrzlé půdy. A už v té době žily v jezeře škeble, jejichž lastury byly ve vrstvách sedimentu podobné hloubky také nalezeny, podobně jako okouni doložení šupinami.

Cenné sedimenty mohou být i v dnes pozměněných biotopech – nenápadná sníženina v poli skrývající přes 6 m mocné vrstvy jezerních sedimentů později zanikla zavezením při stavbě dálnice u Veselí nad Lužnicí. Foto Jindřich Prach

Rychle se rozvíjející, v ČR ale zatím jen ojediněle využitou metodou, je analýza DNA přímo ze starých sedimentů. Vyžaduje precizní odběr, speciální drahé laboratorní postupy a sofistikované bioinformatické zpracování dat. Když se ale povede (první vlaštovkou je z výzkumu převisu v Českém ráji článek Zampirolo a kol. 2024), lze z ní vyčíst informace o přítomnosti mnoha zajímavých, jinak těžko postihnutelných druhů.

Ať již použijeme jakékoliv metody studia sedimentů, nesmíme zapomenout, že interpretace nepřímých dat o minulosti vykazuje určitou míru nejistoty. Tato nejistota se špatně kvantifikuje, špatně se vysvětluje a intuitivně špatně chápe. Praktickému uživateli paleoekologických výsledků nezbývá než být opatrný a mít na paměti, že řadu skutečností nevíme, byť se nějakému poznání minulosti blížíme. Když si například ochranář nebo lesník přečte, že paleoekologové doložili pylovou analýzou dřívější výskyt smrku v nějaké nížinné oblasti, nelze už vědět přesně, kde rostl a třeba jestli jej bylo v porostech přimíšeno 5 % nebo 15 %.

Prostředí k výzkumu

Zásadním předpokladem pro paleoekologický výzkum jsou neporušené sedimenty, které se ukládaly v průběhu času vrstva po vrstvě. Vzorky můžeme odebrat z vrtu, odkryvu či výkopu a číst v nich jako v přírodním archivu. Klasickým přírodním archivem jsou rašeliniště i malé mokřady, které dokonale konzervují pylová zrna, semena a další části rostlin. Méně často se na našem území setkáváme se sedimenty jezer, ať už v současnosti stále existujících (na Šumavě), nebo v minulosti zaniklých (například na Třeboňsku). Nesmíme zapomenout ani na mrtvá ramena v nivách řek.

Mimo vodní prostředí jsou zásadním archivem sedimenty jeskynních vchodů a převisů. Zde se často zachovávají kosti, ulity měkkýšů a občas i rostlinné zbytky. Měkkýše lze také určovat z osypů půd pod svahy a odvozovat tak například míru minulého zalesnění v místech, kde mokřadní sedimenty nemáme. Z písečných dun lze, vedle geologických a geochemických charakteristik, určovat drobné uhlíky.

Na vzniku paleoekologicky cenného záznamu se mohl přímo podílet i člověk. V běžné české krajině, kde nemáme horská jezera a rašeliniště, hrají a budou hrát klíčovou roli rybniční sedimenty. Bohužel jejich paleoekologický záznam bývá v současné době často ztracen během odbahňování. Kde byly zkoumány, dokumentují období od středověku po současnost. Zachycují dnes pro ochranáře nedostižné ekosystémy oligotrofních a nezarybněných

vodních nádrží nebo někde například středověké pastviny (s druhy jako koniklec nebo bělozářka ve středověké Praze, Pokorná a kol. 2014), jinde borové nebo jedlové lesy v okolí (podrobnosti v připravovaném článku v dalších číslech Ochrany přírody).

O přírodě v dávné kulturní krajině lze mnoho vyčíst i z vrstev odkrývaných při archeologických výzkumech, kde je určování dřev, uhlíků, pylu, kostí a podobných environmentálních proxy-dnes už běžným standardem. Otázky po složení lesů před průmyslovou exploatací lze řešit

Škeble rybničná z vrstev sedimentů jezer na Třeboňsku časově odpovídajících konci poslední doby ledové. Foto Jindřich Prach

Zbytky drobných savců a ulity plžů získané z 3000 let staré vrstvy výplně převisu v CHKO Český ráj dokládají tehdejší úživné prostředí listnatých lesů s velkým množstvím tlejícího dřeva v oblasti dnešní PR Příhrazské skály. Foto Petr Pokorný

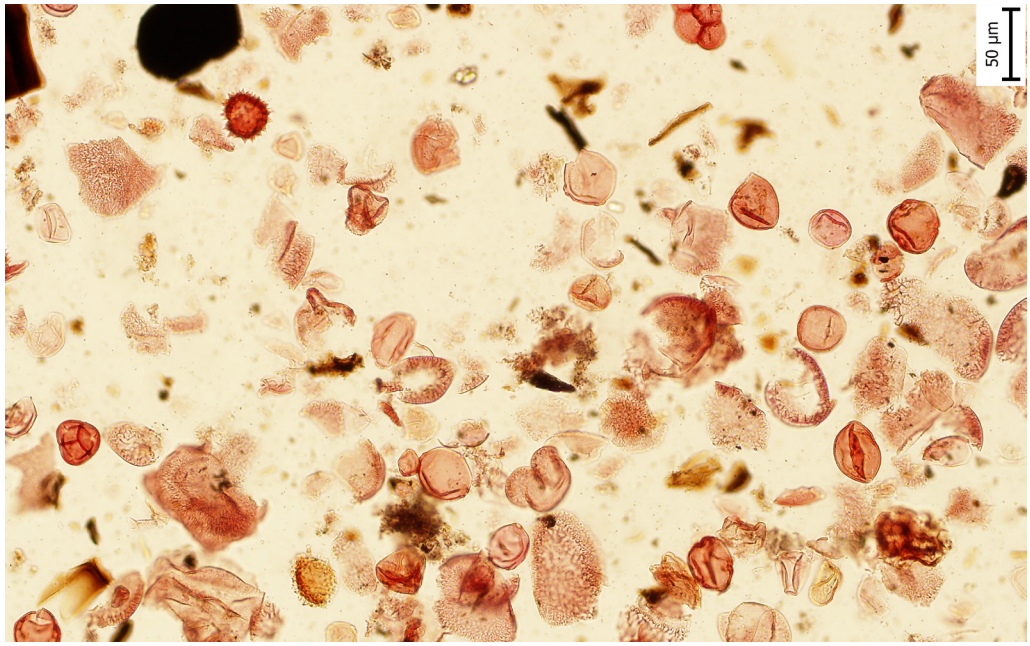
Odběr vzorků na analýzy sedimentární staré DNA. Tato rychle se rozvíjející metoda slibuje dosud nevídané možnosti zaznamenání minulých výskytů mnoha organismů. Foto Michaela Ptáková

výzkumy pozůstatků po milířích – z uhlíků určit druhy dřevin tehdejších lesních porostů.

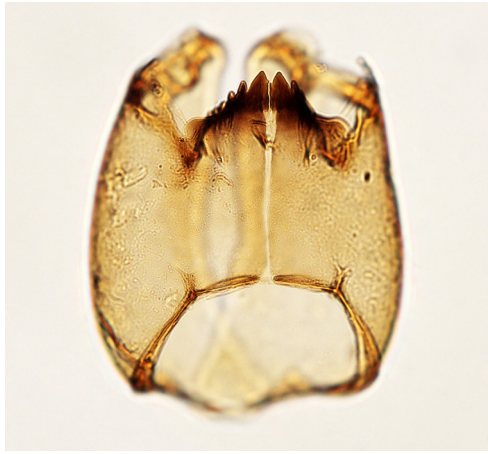
Omezení – časově náročný a drahý výzkum

Proč jsme ještě každý mokřad nebo každý starý rybníček nezkoumali – „nepřečetli" tento přírodní archiv? Proč stále nevíme, jak příroda vypadala (potažmo jak bychom měli nastavit ochranářské cíle) v každém koutu republiky? Často slýcháme od kolegů ochranářů: „Tady obnovujeme rybník, tady máme rašeliniště. Přijeďte odebrat vzorky a všechno vyzkoumat." Je skvělé, že jsou potenciálně zajímavé lokality brány v potaz. Avšak kapacity a finanční možnosti jsou omezené. Většina takových tipů končí prozatím v šuplíku, v lepším případě v podobě vrtu uloženého v lednici pro případné budoucí výzkumy.

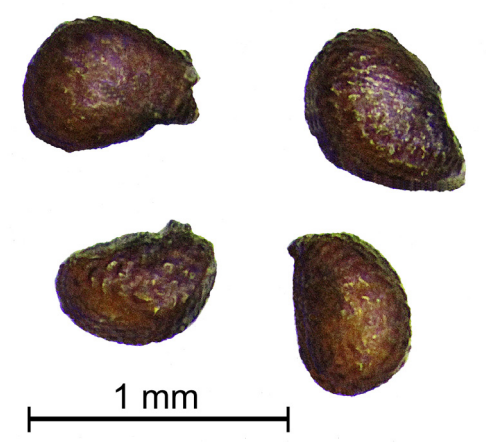
Analýzy delšího souvislého profilu totiž znamenají týdny práce v laboratoři strávené přípravami vzorků, další týdny určování za mikroskopy, nemluvě o týdnech potřebných pro náležité statistické zpracování výsledků a jejich publikaci. Jen díky tomu všemu vznikají ucelené výsledky o vývoji studovaného místa během delšího úseku minulosti. Sice postupuje robotizace a využití umělé inteligence při zpracování, ale zatím pomalu. Sečteno a podtrženo, „přečtení" jednoho přírodního archivu vyžaduje statisíce korun (například cena jednoho radiokarbonového datování je okolo deseti tisíc Kč). V praxi tedy bývají zpracovávány lokality v rámci projektů zaměřených na konkrétní vědecky zajímavou otázku, na nějaké časové období nebo na z nějakého důvodu cílové území.



Pylová zrna z nejstarších vrstev vrchoviště Velký Máj dokládají existenci subalpinského bezlesí v Jeseníkách v době železné. Foto Lydie Dudová



Hlavová kapsula vodní larvy pakomára morfotypu *Heterotrissocladius grimshawi* indikující chladné a oligotrofní podmínky jezerního prostředí. Prášilské jezero, NP Šumava, stáří asi 8 300 roků, šířka kapsuly 250 mikrometrů. Foto Daniel Vondrák



Semena dnes u nás vyhynulé rostliny úrazníku uzlovitého (*Sagina nodosa*), zaznamenaná v podpovrchových vrstvách rašeliny na 3 lokalitách na Českomoravské vrchovině, jsou důležitým hmatatelným dokladem výskytu tohoto druhu. Foto Michal Horsák

Nicméně v případě, že má stavebními aktivitami cenný sediment zaniknout nebo být porušen, je zásadní provést alespoň záchranný odběr. V případě zásahů financovaných z ochranářských dotačních programů je třeba myslet na možnou realizaci paleoekologického výzkumu už ve fázi přípravy projektu, resp. jeho rozpočtu. Investované prostředky se pak vrátí v podobě poznání minulosti lokality a jejího okolí, které může být zásadním podkladem pro správně zacílenou ochranu přírody.

Poznání minulosti je určující pro budoucí management

Popsané výzkumy rašelinišť, jezer, rybníků, jeskynních výplní apod. postupně skládají představu o minulosti našeho území. U jednoho výkopu, resp. u vyhodnocení výsledků, se potkávají botanik, zoolog, geolog, archeolog, datový analytik a mnozí další. Vzniká obraz, který praktickým ochranářům, lesníkům, krajinným plánovačům a podobným aplikovaným profesím zprostředkovávají učebnice a nejrůznější mapy.

Z předchozího textu je snad zřejmé následující: Situace není tak jasná a jednoduchá, jak se to jeví například v tabulkách v plánu péče o ZCHÚ. Není nějaký jeden „přírodní“ nebo „přirozený“ stav, který by byl v kontrastu s lidmi pozměněným stavem daného území a mohl by být bezrozporným cílem ochrany, resp. obnovy. Příroda se vždy měnila, druhy migrovaly i regionálně vymíraly. Po tisíciletí se tak navíc dělo v neoddělitelné interakci s člověkem. Nejednu takovou změnu můžeme vidět a studovat v přímém přenosu, ale mnoho podobných změn proběhlo v minulosti. Ve středoevropském prostoru je čím dál zřejmější vliv člověka na formování i toho, čemu dnes říkáme přírodní biotopy. Pochopení tohoto vývoje je dobrým podkladem pro přijetí nutnosti aktivního managementu chráněných území a chráněných druhů. Pak už je spíše na politickém rozhodnutí, jaké území chceme mít třeba ve stavu kulturní krajiny 19. století (louky), jaké v době před moderním lesnictvím (např. pastevní a nízké lesy) a jaké pokusně bez člověka (pralesní rezervace) nebo kde nám jde o nějaké ekosystémové služby, které zajistí i biotop s druhovým složením, které nemá v minulosti oporu.

Poznání se neustále vyvíjí a metody se zlepšují. Dříve nevídané nebo drahé metody se pomalu stávají dostupnými i pro lokální ochranářské plánování. Poznání minulosti potřebujeme v době překotných změn a přestaveb ekosystémů velmi naléhavě. Je proto třeba se vyhnout krátkozrakému ničení přírodních archivů. Tím by bylo třeba neuvážené bagrování tůní v rašeliništích či odbahňování starých rybníků bez předchozího výzkumu jejich sedimentů. Proto mějme na paměti přínosy a potřeby zde stručně popsaného oboru kvartérní paleoekologie. ■

Text vznikl za podpory grantu „Paleoekologická rekonstrukce ekosystémů jako podklad pro plánování ochrany zvláště chráněných území“ (č. SS07010074) Technologické agentury ČR (TA ČR), řešeného v rámci programu Prostředí pro život. V rámci projektu v následujících dvou letech počítáme s užší spoluprací s modelovými NP a CHKO, se sepsáním metodiky, semináři a podobně.

Seznam literatury najdete na www.casopis.ochranaprirody.cz