

Fosilní dřeva jako důležitá součást paleobotaniky

Pro pochopení významu fosilního dřeva pro paleobotanický výzkum je nejdříve potřeba termín „fosilní dřevo“ jednoznačně definovat. Pokud někdo v geologické a sběratelské komunitě zmíní, že se zajímá o fosilní dřeva, má většinou na mysli mohutnější zkamenělé stonky, bez ohledu na to, zda vytvářejí sekundární xylém, či ne, často rozličným způsobem zachované – zuhelnatělé nebo permineralizované (podrobněji v textu). Naproti tomu, pokud stejný výrok pronesete v běžném životě, lidé většinou pochopí, že se zaobíráte výlučně „kamenným“ druhotným dřevem moderního typu, typickým pro dnešní jehličnaté a listnaté dřeviny. Následující text si klade za cíl tyto nejasnosti vyjasnit, fosilní dřeva, především ta z oblasti Českého masivu, představit a zdůraznit i jejich význam pro paleobotanický výzkum.

V češtině termín dřevo označuje v nejobecnějším botanickém smyslu xylém – část cévního svazku složenou z cév, případně cévic, dřevního parenchymu a sklerenchymatické pochvy, jehož hlavní funkcí je rozvádět roztoky anorganických látek z kořenů přes stonek do listů. Uvedené pojetí je ale vysoce odborné a v češtině se používá především jako přídatné jméno popisující xylém coby dřevní část cévního svazku. V běžném smyslu je pod termínem dřevo chápáno výhradně „druhotné dřevo“, tedy takové, které vzniká činností druhotného meristému – kambia. V tomto významu (dřevo = sekundární xylém), který je podpořen i cizojazyčnými ekvivalenty slova dřevo v němčině (das Holz), francouzštině (le bois) nebo angličtině (the wood), je termín chápán i v tomto článku (obr. 1).

Dřevo se poprvé objevuje už v raném devonu, jak vyplývá z nových nálezů bazálních zástupců skupiny *Euphyllrophyta* z několika lokalit Francie a Kanady, nicméně později nezávisle ještě asi čtyřikrát: u heterosporických plavuňovitých (*Lepidodendrales*), přesličkovitých (*Sphenophyllales*, *Calamitales*), vyhynulých blízce příbuzných kapradin (*Cladoxylopsida*, *Zygopteridales*, *Rhacophytales*) a skupiny *Lignophyta* (obr. 2). Právě u skupiny *Lignophyta*, zahrnující prvosemenné a semenné rostliny (blíže viz Živa 2016, 2: 70–75), je přítomen významný odvozený znak, bifaciální kambium, které vedle centripetální produkce sekundárního xylému produkuje centrifugálně i sekundární floém (blíže viz obr. 3). Zároveň se iniciály tohoto svazkového kambia antiklinálně dělí a celý

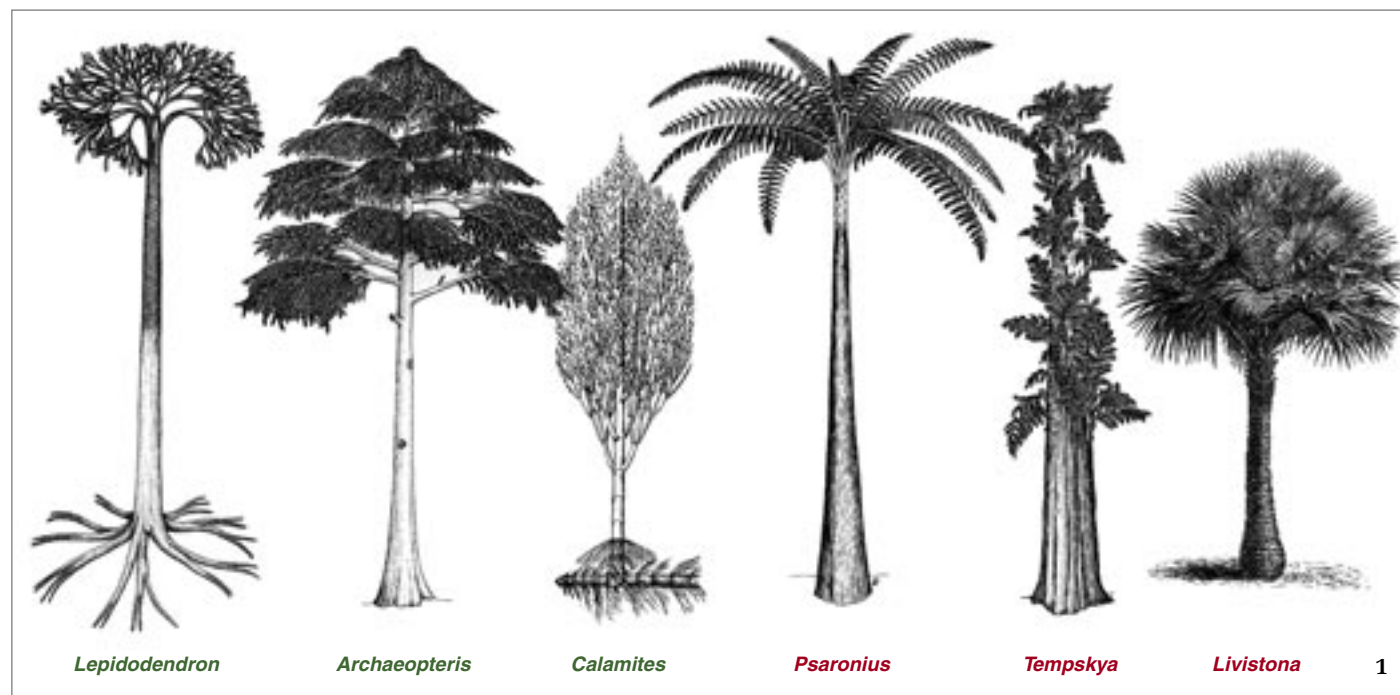
prstenec tak průběžně reaguje na zvětšování průměru stonku. Přestože jsou v rámci skupiny *Lignophyta* obecně považovány jednoděložné rostliny za druhotně netloustnoucí (obr. 4), jsou známy případy specifického sekundárního růstu, převážně pak u řádu chřestotvarých (*Asparagales*). Tento typ se však netýká nálezů fosilních palem, které sekundární xylém netvoří.

Přídatné jméno fosilní pak odpovídá „zkamenělým“ organismům v nejširším smyslu slova. V případě dřev jde nejen o běžně známá „kamenná“, zachovaná díky prostupujícím roztokům anorganických látek procesem intuskrustace (permineralizace), ale i ta zachovaná díky přeměně původních organických látek za nepřítomnosti vzduchu procesem karbonizace (zuhelnatění), nebo navíc souběžně probíhajícím trouchnivěním. V těchto případech uhelná hmota oxidovala, často vlivem lesních požárů – docházelo k fuzitizaci a vytváření vláknitého (dřevěného) uhlí (viz Živa 2023, 5: 208–211). Patří sem ale i další méně obvyklé typy zachování, jako např. mumifikace. Termín fosilní dřevo všude v textu proto označuje celou škálu zachování sekundárního xylému díky souhrnným procesům fosilizace. Ve výsledku tak existuje řada prostředí, kde mohou fosilní dřeva vznikat (obr. 5).

Kde je možné fosilní dřevo nalézt?

Kdybychom chtěli odpověď trochu odlehčit, dalo by se říct, že ve fosilním záznamu

1 Ukázka stromovitých typů rostlin: pozdnědevonská prvosemenná *Archaeopteris*, karbonský plavuňovitý *Lepidodendron* a přesličkovitý *Calamites* vytvářejí sekundární xylém (zeleně), zatímco kapradinovitě rostliny – karbonský *Psaronius* a pozdněkřídlová *Tempskya* – jakož i recentní palma *Livistona* sekundární xylém netvoří a vyrůstají ve stromovité typy jen díky primárnímu pletivům (červeně). Velikosti jednotlivých typů nejsou proporcionální. Upraveno podle: M. J. Donoghue (2005), s použitím internetových zdrojů pro obraz palmy



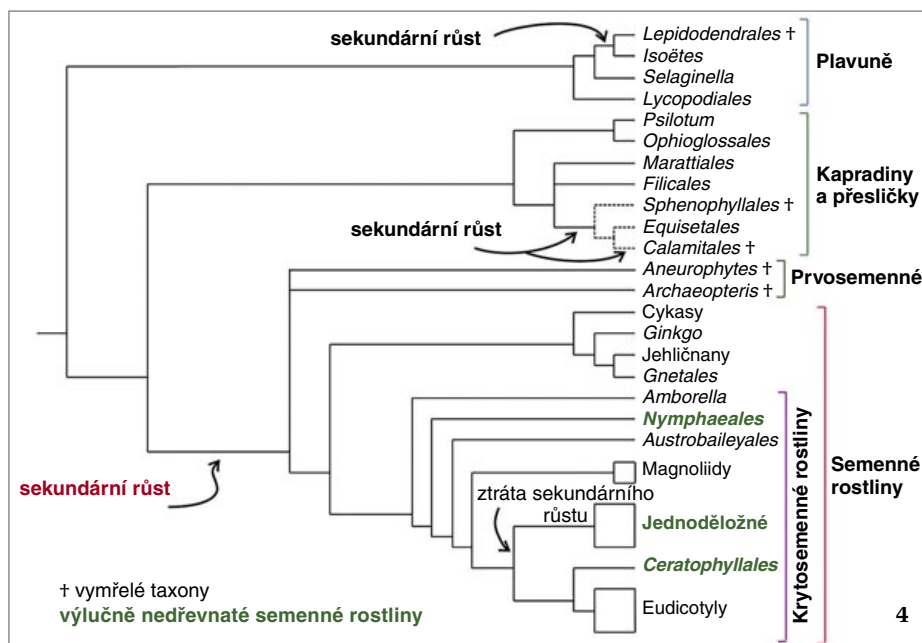
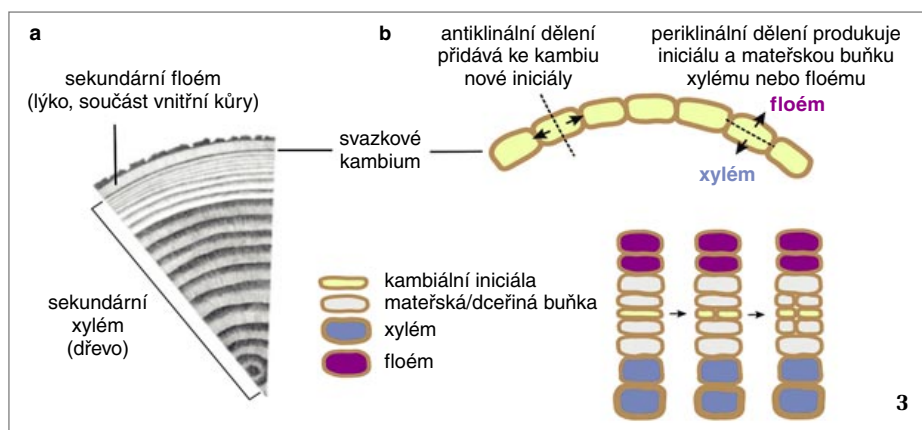
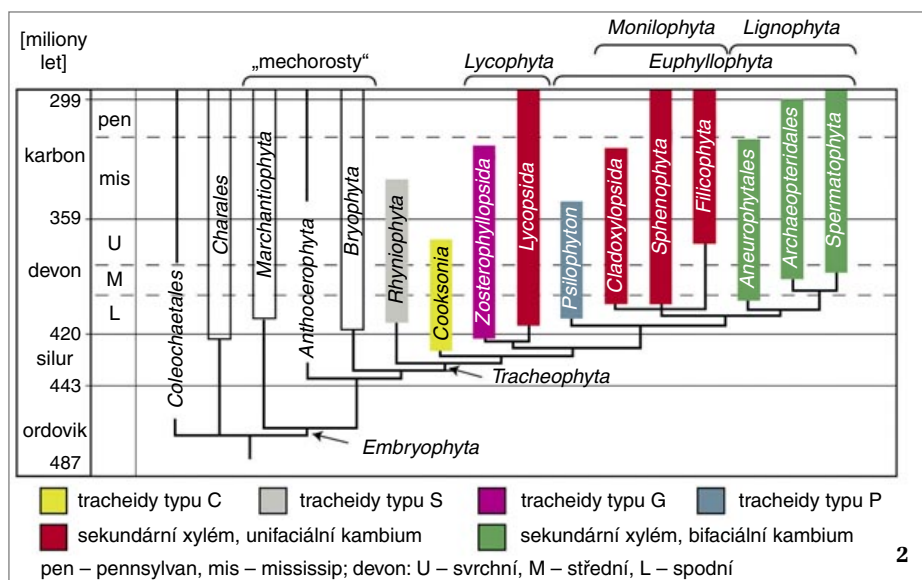
skoro všude, protože fosilní dřevo, především to relativně běžné prokřemenělé, je díky své povaze velmi odolné a často je i redeponováno ve formě úlomků do mladších sedimentárních formací. Dřeva jsou tak nalézána na polích, v pískovnách, nebo jako lesklá xylitická součást hnědouhelných slojí. Pokud ale chceme vidět delší zkamenělé (petrifikované) kmeny ve větším množství, pak nás napadne nedaleký spodnopermský Chemnitz (stáří asi 290 milionů let; blíže na str. 223–228 této Živy), vzdálenější arizonský Petrified Forest ze svrchního triasu (asi 220 milionů let), řecký ostrov Lesbos ze spodního miocénu (asi 17 milionů let) či relativně „mladá“ thajská lokalita Bantak, která spadá až do středního pleistocénu (asi 0,8 milionu let) a může se pochlubit celosvětově nejdelším petrifikovaným kmenem přesahujícím 72 m. Kam však jít u nás a kde je v Českém masivu možné fosilní dřeva nalézt?

Limnický svrchní karbon a perm

Jde o jezerní a říční sedimenty svrchního karbonu (pennsylvanu) a permu, především oblastí sudetského, středočeského a západočeského mladšího paleozoika. Nejrozšířenějším typem jsou zde „araukarity“ – dřeva podobná dnešním blahočecům (araukariím) s araukarioidním typem tracheid (viz Živa 2004, 1: 14–16), která systematicky odpovídají kordaitům a vymřelým skupinám jehličnanů. Typický příklad představují silicifikované araukarity uložené v říčních sedimentech mladoprvohorních arkóz (obr. 5c, 6 a 10), což jsou vlastně pískovce, na jejichž složení se alespoň čtvrtinou podílejí nestabilní složky, např. živce. A právě tyto nestabilní složky jsou zde zdrojem oxidu křemičitého (SiO_2). K silicifikaci tak může docházet i za relativně „normálních“ podmínek: SiO_2 může „vypadávat“ i z poměrně zředěných roztoků kyseliny křemičité, kdy důležitou roli hrálo kolísání hladiny a sezonalita klimatu. Tento proces tak nemusí vždy probíhat při vysokých teplotách nebo za přítomnosti horkých pramenů, ani vulkanismu není vždy potřeba (např. Matysová a kol. 2010). Vedle emblematických araukaritů známe i dřeva přesliček produkovaná unifaciálním kambiem (Mencl a kol. 2013a), nepravé kmeny rodu *Psaronius* (viz obr. 1) a části kmenů kapradosemenných rostlin rodu *Medullosa*. Zcela specifická je pak zkamenělá rašelina z okolí středočeských Klobuk, či stejně staré podkrkonošské lokality Balka (obr. 5d), která kromě jiného obsahuje velké množství silicifikovaných stonků i šištic plavuní.

Mořské i říční sedimenty svrchní křídly

V rámci výskytu fosilních dřev ve druhohorních sedimentech musí být na prvním místě zmíněna česká křídlová pánev – nejrozsáhlejší intrakontinentální pánev Českého masivu. Je pozdně křídového stáří a vznikala v jediném sedimentačním cyklu (cenoman až santon), v době své existence vytvářela mořské propojení mezi boreálními oblastmi na severu a tethydní na jihu. Ve spodní části sedimentární výplně, v perucko-korycanském souvrství, je charakterizována kontinentálními vlivy a z paleobotanického hlediska pak obsahuje především světoznámou cenomanskou flóru. Vedle

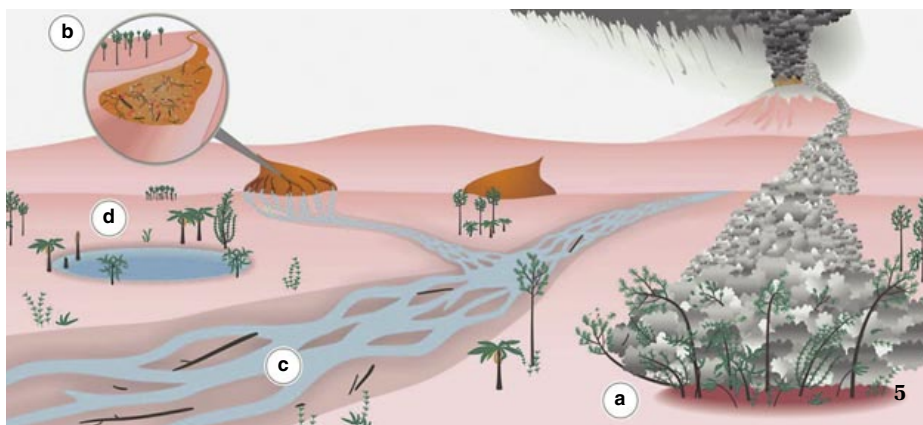


2 Zjednodušené fylogenetické schéma s hlavními skupinami suchozemských rostlin a typem jejich xylému. Současný platný pohled je na rozdíl od tohoto obr. s monofyletickými mechorosty sesterskými cévnatým rostlinám; suchozemským rostlinám jsou pak nejpodobnější spájkivky (viz Živa 2021, 2: 57–59). Upraveno podle: C. Strullu-Derrien a kol. (2013)

3 Bifaciální kambium produkuje sekundární xylém centripetálně a sekundární

floém centrifugálně. Iniciály, tedy buňky s trvalou schopností buněčného dělení, se zároveň antiklinálně dělí a kambium tak může zvětšovat svůj průměr.

4 Fylogeneze cévnatých rostlin ve vztahu k několikanásobnému objevení se svazkového kambia. U všech skupin, vyjma *Lignophyta* (viz sekundární růst červeně), jde o unifaciální kambium produkující pouze sekundární xylém. Upraveno podle: R. Spicerová a A. Groover (2010; obr. 3 a 4)



5 Ukázky různých reálných prostředí, kde u nás vznikala zkamenělá dřeva: a – pyroklastický příval (Rokle u Kadaně) s přímým vlivem vulkanismu, b – lahar (Kadaň) s nepřímým vlivem vulkanismu, obojí paleogén Doupovských hor, c – sedimenty divočící řeky (Nová Paka) bez vlivu vulkanismu, svrchní karbon podkrkonošské pánve, d – zkamenělá rašelina tvořená v jezerním prostředí s nepřímým vlivem vulkanismu (Balka), hranice karbon/perm podkrkonošské pánve. Převzato z publikace S. Trümperra a kol. (2018), upraveno pro ilustraci českých příkladů s pomocí V. Rappricha

6 Lokalita Kryštofovy kameny se zkamenělými kmeny přímo v původní hornině, žaltmanské arkózy v jíveckých vrstvách odolovského souvrství vnitrosudetské pánve. Stáří asi 300 milionů let. Foto laskavě poskytl V. Mencl.
7 Záchranné práce na vyzvednutí 7 m dlouhého kmene (č. F5006) na lokalitě Pohůrka u Českých Budějovic pracovníky Národního muzea na jaře 2021, klikovské souvrství, českobudějovická pánev. Stáří asi 85 milionů let. Na snímku zleva M. Libertín, P. Daneš a J. Kvaček (NM) a S. Venclová (Jihočeské muzeum). Foto laskavě poskytl J. Kvaček.

fosilií listů a reprodukčních orgánů jsou v písčitých sedimentech hojně nalézány nepravé kmeny stromovitých kapradin rodu *Tempskya* (obr. 1), nacházejí se zde ale i fosilní dřeva jehličnanů a listnáčů, fuzitická i permineralizovaná. Dokonce známe několik kmínků typu *Cycadeoidea*, které náležejí vymřelé skupině podobné cykasům, bennettitům (viz Živa 2009, 5: 209–211). Jediným typem dřeva listnáče, který se na lokalitách nachází opakovaně a jehož zařazení do čeledi není úplně jednoznačné, je *Paraphyllanthoxylon*. Vedle české křídové pánve je znám z pánví jihočeských, českobudějovické a třeboňské, kde je vázán na říční písčité sedimenty. Relativně nedávno zde byly při budování obchvatu Českých Budějovic nalezeny a popsány přes 10 m dlouhé kmeny (obr. 7), představující nejobtížnější nálezy tohoto typu dřeva v rámci celé východní polokoule (Venclová a kol. 2023).

Paleogenní vulkanické oblasti a neogenní hnědouhelné pánve severozápadních Čech

Geologicky nejmladší, historicky významné i v současnosti stále studované, jsou nálezy fosilních dřev v oblasti terciéru severozápadních Čech, především z oligocénu vulkanických oblastí Českého středohoří a Doupovských hor a spodního miocénu mostecké pánve. Všechna dřeva s ohledem na jejich stáří už náležejí dvěma základním moderním skupinám dřevin, totiž nahosemenným jehličnanům a krytosemenným listnáčům. Za jejich nejbližšími žijícími příbuznými bychom museli často cestovat, třeba do atlantské části Severní Ameriky nebo jihovýchodní Asie, což jejich přesné systematické zařazení moc neulehčuje. Jak zajímavé nálezy to jsou, dokazuje i nedávno obhájená disertační práce Víta Kouteckého (2024), která se zaměřuje právě na systematiku fosilních dřev obou vulkanických oblastí. Co se pak týče způsobů uložení těchto fosilií, je jich zde celá řada: zbytky dřev uložené v diatrémách (vznikají explozivní sopečnou činností), dřeva pohřbená na místě díky pyroklastickým proudům či přívalům (obr. 5a; blíže na str. 206–209 tohoto čísla Živy), nebo transportovaná po okrajové části Doupovských hor typickými lahary (obr. 5b) neboli proudy bahna a kamení vzniklými destabilizací materiálu sopečných svahů vlivem zemětřesení či vydatného deště. Takový proud s sebou mohl strhnout i kmeny stromů, které pak byly pohřbeny o několik kilometrů dále a následně často kalcifikovaly. To je i případ naší na listnáče asi nejbohatší lokality Kadaň – Zadní vrch (obr. 8). Oblast mostecké pánve je pak systematicky výrazně chudší, pravděpodobně vlivem bažinných podmínek, kdy naprostá většina nalezených fosilních dřev odpovídá čeledi cypřišovitých (*Cupressaceae* sensu lato), konkrétně pak třem typům – tisovci (*Taxodium*), patišovci (*Glyptostrobus*) a vymřelé pasekovci (*Quasisequoia*). Zajímavým fenoménem s ohledem na způsob zachování jsou zuhelnatělá (xylitická) dřeva kmenů v původních růstových pozicích, *in situ* (obr. 9), která se nacházejí v těsném nadloží hlavní sloje a byla vedle systematiky studována i s ohledem na přítomnost a vzájemné srovnání biomarkerů (Havelcová a kol. 2013).



8



9



10

K čemu je vlastně fosilní dřevo dobré?

Fosilní dřevo se díky své povětšinou odolné povaze zachovává velmi často a představuje tak důležitou složku fosilního záznamu, kdy vhodně doplňuje jiné části rostlin, jako jsou listy, či plody. Navíc třeba v hrubozrnných sedimentech typu písků a štěrků může být dřevo jedinou zachovanou rostlinnou fosilií vůbec. Jeho význam pro vývoj paleobotaniky dobře ilustruje fakt, že dokonce Kašpar Maria hrabě ze Sternberka, zakladatel moderní paleobotaniky, se v r. 1820 na úplně první straně svého velkolepého díla *Flora der Vorwelt* obsáhle věnuje „stromu potopy“ z Jáchymova. Především si ale všímá významu, který má jáchymovské dřevo, mimo jiné s datem objevení r. 1557 celosvětově nejdéle známá rostlinná fosilie, pro pochopení procesu vzniku zkamenělin jako takových. Paleoxylotomie, jak můžeme označit vědu, která fosilní dřeva studuje, je tak od počátku pevnou součástí paleobotaniky. V současnosti se vedle čistě systematických studií, kdy jsou anatomicky studovány výbrusy tenké jako vlas vyhotovené

podle tří na sebe kolmých rovin, dostávají do popředí možnosti využití fosilního dřeva při rekonstrukci klimatu, jakož i při získávání dalších obecnějších informací z geologické minulosti (Sakala 2015). Zde jde třeba o zjištění podmínek vzniku fosilních dřev, často za pomoci moderních instrumentálních metod ve spolupráci s geochemikou, mineralogou a vulkanologií. O tento přístup, totiž vyváženost mezi úzce zaměřeným taxonomickým pohledem a širším obecnějším přesahem při studiu fosilních dřev, se pak snaží i stále probíhající výzkum fosilních dřev Českého masivu.

A co říci závěrem? Nezbyvá, než nějaké fosilní dřevo poznat na vlastní oči, nejlépe pak návštěvou specializovaného muzea, jako je Klenotnice drahých kamenů Městského muzea Nová Paka (obr. 10) nebo expozice Zkamenělý les Oblastního muzea v Lounech.

Článek a výsledky v něm uvedené částečně vznikly za podpory programu Cooperatio GEOL na Univerzitě Karlově.

8 Výkop zkamenělého kmene v areálu Nemocnice Kadaň, zachovaného v lahru doupovského vulkanického komplexu. Lokalita Kadaň – Zadní vrch, stáří asi 30 milionů let. Na snímku z r. 2003 je geolog František Foltýn. Foto laskavě poskytl J. Prokop.

9 „Pařezový horizont“ (č. 31) v těsném nadloží hlavní uhelné sloje na Dolech Bílina, ve kterém vystupují xylytické kmeny v růstových pozicích (*in situ*). Mostecké souvrství, stáří asi 18 milionů let. Na snímku Karel Mach (Severočeské doly, a. s.) při studentské exkurzi (29. května 2015). Foto J. Sakala

10 Zkamenělý kmen v Klenotnici drahých kamenů Městského muzea Nová Paka. Jeden z našich nejdelších zkamenělých kmenů, 8,5 m dlouhý, nalezený ve štikovských arkózách kumburského souvrství podkrkonošské pánve. Stáří asi 300 milionů let. Foto laskavě poskytl V. Mencl.

Seznam použité literatury uvádíme na webové stránce Živy.