

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie
Studijní obor: Geologie



Bc. Kateřina Fischlová

Floristické asociace miocenních rašelinišť na základě studia fuzitových klastů
Floristic associations of Miocene mires based on forams study

Diplomová práce

Školitel: RNDr. Jakub Sakala, Ph.D.

Praha, 2012

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze,

Kateřina Fischlová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat několika lidem, bez kterých by tato práce nikdy nevznikla.

Na prvním místě bych ráda poděkovala svému školiteli RNDr. Jakubovi Sakalovi, Ph.D. za vysvětlení a uvedení do této problematiky, příkladné vedení práce, pravidelné konzultace a vysvětlování potřebných pojmů. Zároveň bych ráda poděkovala svému konzultantovi doc. RNDr. Stanislavu Opluštilovi, Ph.D. za poskytnutí důležitých informací a pomoci s terénním odebíráním vzorků. Další mé velké poděkování patří Ing. Karlu Machovi, Ph.D. za možnost přístupu do terénu, pomoci s odběrem vzorků a za poskytnuté konzultace a cenné rady.

Velký dík zároveň patří mému příteli a rodině, která mě po celou dobu studia plně podporovala.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá systematickou studií mikroskopických vzorků fuzitů odebraných ze střední lávky hlavní hnědouhelné sloje lomu Bílina a jejich následným tafonomickým zhodnocením.

Úvodní část je zaměřena na všeobecnou charakteristiku mostecké pánve jako takové, její geologickou pozici, sedimentární výplň s ohledem na stavbu hlavní hnědouhelné sloje. Následující část je věnována detailnějšímu popisu dřevěného uhlí („fuzitu“), které vzniká při požárech v pravěkých lesních a močálových porostech. Poslední a zároveň nejdůležitější částí této diplomové práce je samotné systematické určení mnou odebraných vzorků a jejich tafonomické zhodnocení.

Klíčová slova: fuzit, dřevěné uhlí, anatomie rostlin, rostlinná společenstva, miocén.

Summary

The thesis presents systematical study and taphonomical evaluation of fusite wood specimens collected in the middle bench of the main lignite seam in the Bilina mine.

In the introduction part, there are a general characteristic of the Most Basin and its geological setting with respect to the main lignite seam. Consequently, the charcoal is described in detail. Generally, the charcoaled wood, which was produced during wildfires in the Tertiary forests, shows well preserved anatomical details. The final part resumes systematics and taphonomy of the charcoal specimens collected by the author.

Key words: fusite, charcoal, plant anatomy, plant assemblages, Miocene.

Obsah

1. Úvod, cíl a metodika práce.....	1
2. Geologie mostecké pánve.....	3
2. 1. Obecná charakteristika.....	3
2. 2. Vývoj sedimentace v mostecké pánvi.....	4
2. 3. Sedimentární výplň mostecké pánve.....	5
2. 3. 1. Starosedelské souvrství.....	5
2. 3. 2. Střezovské souvrství.....	6
2. 3. 3. Mostecké souvrství.....	6
2. 4. Hlavní hnědouhelná sloj mostecké pánve.....	8
2. 4. 1. Proplástky v mostecké pánvi.....	9
2. 5. Stavba hlavní hnědouhelné sloje v lomu Bílina.....	9
2. 6. Flóra mostecké pánve.....	12
2. 7. Typy fosilního prostředí mostecké pánve.....	15
3. Dřevěné uhlí („fuzit“)......	17
3. 1. Historie výskytu fosilního dřevěného uhlí.....	18
3. 2. 1. Dřevěné uhlí vzniklé požárem.....	20
3. 2. 2. Dřevěné uhlí vzniklé vulkanickou činností.....	21
3.3. Typy lesních požárů.....	21
3. 4. Transport a usazování (tafonomie).....	23
3. 4. 1. Transport vzduchem.....	23
3. 4. 2. Transport vodou.....	23
4. Xylotomie.....	25
4. 1. Metody xylotomie.....	25
4. 2. Vodivá pletiva.....	26
4. 2. 1. Xylém.....	27
4. 2. 2. Floém.....	27
4. 3. Stavba stonku.....	27
4. 3. 1. Primární stavba.....	27
4. 3. 2. Sekundární stavba.....	28
4. 4. Mikroskopická stavba dřeva.....	30
4. 4. 1. Jehličnatá dřeva.....	30
4. 4. 2. Listnatá dřeva.....	32
5. Výsledky.....	36
5. 1 Systematické zařazení.....	36
5. 2. Tafonomické zhodnocení.....	39
6. Závěr.....	42
7. Seznam literatury.....	44
8. Fotografické přílohy.....	50

Seznam obrázků

Obr. 1: Podkrušnohorské pánve.....	3
Obr. 2: Zjednodušené geologicko-faciální schéma výplně mostecké pánve.....	5
Obr. 3: Schematizovaný sjednocený geologický profil uhelnou slojí Dolu Bílina, Lomu Kopisty, Velkolomu ČSA.....	10
Obr. 4: Celkový pohled na plochu Bílinska od severozápadu v závěru existence rašelino tvorného močálu.....	16
Obr. 5: Druhy lesních požárů.....	22
Obr. 6: Základní řezy dřevem.....	25
Obr. 7: Primární stavba stonku.....	28
Obr. 8: Sekundární stavba stonku.....	29
Obr. 9: Prostorové znázornění anatomické stavby jehličnatého dřeva.....	30
Obr. 10: Schématické znázornění různých typů ztenčenin.....	32
Obr. 11: Prostorové znázornění anatomické stavby listnatého dřeva s kruhovitě pórovitým uspořádáním.....	33
Obr. 12: Schématický zákres tracheid dřeva listnáčů.....	34

Seznam tabulek

Tab. 1: Pozorované znaky na jednotlivých řezech.....	26
--	----

Použité zkratky

SEM	Řádkovací elektronový mikroskop
TR	Transverzální (příčný) řez
TG	Tangenciální řez
RD	Radiální řez
SD	Severočeské doly

1. Úvod, cíl a metodika práce

Hlavním cílem mé diplomové práce je přinést systematickou studii mikroskopických vzorků fosilního dřevěného uhlí (fuzitu) ze střední lávky hlavní hnědouhelné sloje lomu Bílina a jejich tafonomické zhodnocení.

Střední lávka je kromě proplástků rozdělena milimetrovými až centimetrovými vrstvičkami právě studovaných fuzitů, které se staly hlavní náplní mého zkoumání. Tato část uhelné sloje je nejkvalitnější, je nejméně popelnatá a sirnatá a tedy nejvhodnější pro těžbu uhlí.

V české uhelně-petrografické terminologii se makroskopicky pozorovatelné úlomky dřevěného uhlí označují jako uhlí vláknité. Mikropetrografickým ekvivalentem vláknitého uhlí je pak právě fuzit. Fuzit je uhlíkaté reziduum, které je dokladem lesních požárů a vzniká nedokonalým spálením. Je to macerál ze skupiny inertinitu a zachovává si svou anatomickou stavbu původních pletiv na buněčné úrovni. To nám umožňuje jejich taxonomickou identifikaci.

V současné době se také různé obsahy fuzitu v uhlí považují za indikátory koncentrace kyslíku v atmosféře v různých geologických obdobích.

Touto problematikou se prozatím nikdo v České republice nezabýval a tedy fuzit z této oblasti nebyl v literatuře systematicky zpracován.

Vzorky fuzitů byly odebírány dne 29. 4. 2011 ze střední lávky hlavní hnědouhelné sloje lomu Bílina mezi horizontem 9A a 9B za přítomnosti RNDr. Jakuba Sakaly, doc. RNDr. Stanislava Opluštily, Ph.D. a Ing. Karla Macha, Ph.D.

Z každého vzorku (kromě vzorku č. 8, který zkoumán nebyl, jelikož se celý sypal a nebylo z něj možno připravit reprezentativní vzorek ke zkoumání) jsem pomocí binokulární lupy Leica EZ5 vybrala vhodné kousky fuzitu. Poté jsem od každého vzorku připravila 3–6 kousků různě orientovaných řezů (tj. příčný, tangenciální a radiální). Vzorky byly velikosti zhruba 0,5 cm, některé vzorky byly i menší. Následně jsem vzorky pomocí oboustranné izolepy připevnila na podstavce, které byly měděné nebo hliníkové. Poté byly vzorky pokoveny zlatem a pozorovány pomocí řádkovacího elektronového mikroskopu, ve zkratce také používáno jako SEM (= scanning electron microscope). Model používaného mikroskopu je JSM - 6380 LV, který se nachází na Ústavu geologie a paleontologie PřF UK a pracuje na principu odraženého světla.

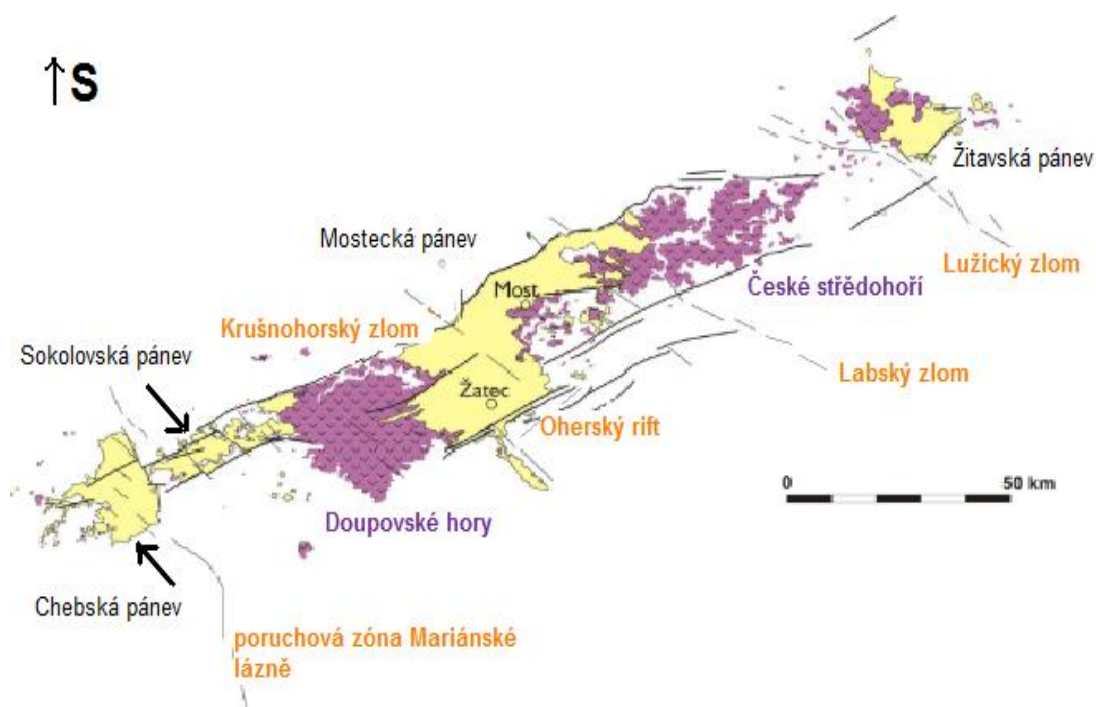
Rozdíl od optického mikroskopu je v tom, že výsledný obraz je tvořen pomocí sekundárního signálu, tj. odražených nebo sekundárních elektronů.

Pomocí mikroskopu jsem hledala anatomické detaily, které byly následně popsány a zdokumentovány a výsledky pak byly zaznamenány do tabulky v příloze 6.

2. Geologie mostecké pánve

2. 1. Obecná charakteristika

Mostecká pánev je součástí komplexu podkrušnohorských pánví (obr. 1) táhnoucího se SV - JZ směrem a pokrývajícího území o rozloze přibližně 1 900 km². Komplex dnes tvoří tři samostatné pánve – mostecká, sokolovská a chebská. Jsou součástí oherského riftu - jehož délka je okolo 280 km a šířka 26-30 km. (Rajchl et al., 2009). Sedimentace v podkrušnohorských pánvích začala v paleogénu vyplňováním patrně izolovaných depresí pánevního fundamentu. Tato eocenní klastika se ukládala na odlišném území než dnes a teprve až ve spodním miocénu se mostecká pánev společně se sokolovskou pánví do určité míry přibližuje své současné podobě (Pešek et al., 2010). Největší a zároveň nejdůležitější z nich je pánev mostecká, označována také jako severočeská hnědouhelná pánev. Zaujímá rozlohu asi 1 400 km² (Rajchl et al., 2008).



Obr. 1: Podkrušnohorské pánve (Rajchl et. al, 2008)

Mostecká pánev je omezena dvěma významnými zlomy – oherským na JV a krušnohorským na SZ. Oherský zlom byl činný od oligocénu (Kopecký, 1978). Jedná se

spíše o zlomové pásmo asi 30 km dlouhé, které doprovází četná tělesa bazických vulkanitů, které pronikají po trhlínách až do vzdálenosti 3 km směrem od okraje (Pešek et al., 2010). Krušnohorský zlom je komplikované, místy až více než kilometr široké zlomové pásmo, tvořené systémem paralelních, mnohdy protiklonných zlomů. Tento zlom odděluje neogenní výplň mostecké pánve od krystalinika Krušných hor a výrazně ovlivňuje tvářnost krajiny (Pešek et al., 2010).

2. 2. Vývoj sedimentace v mostecké pánvi

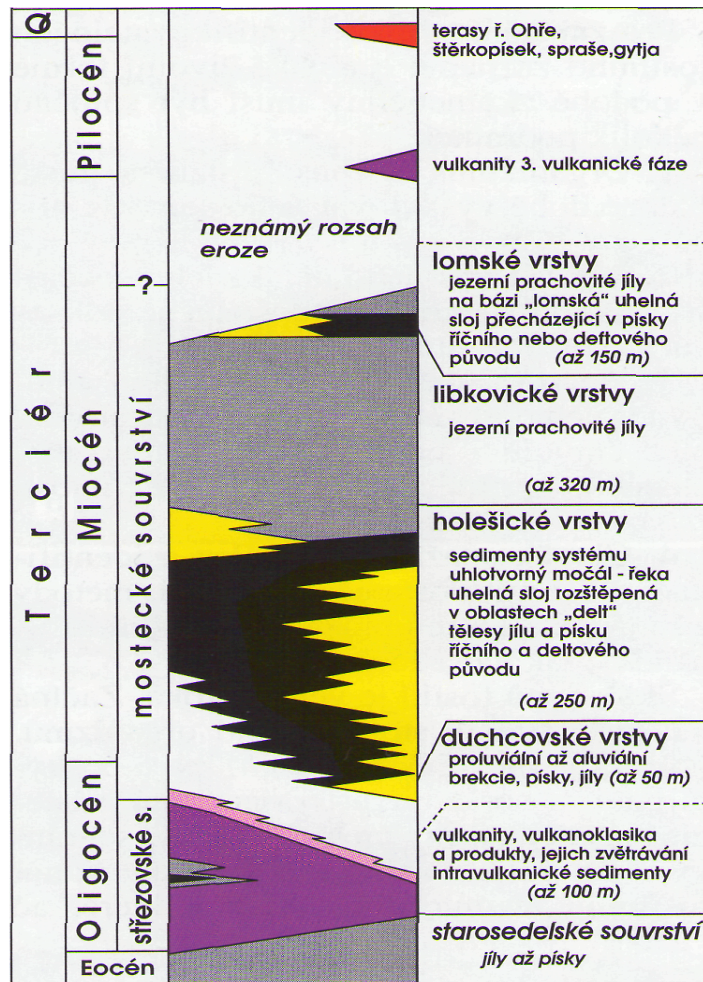
Sedimentace na dnešním území pánve začíná koncem eocénu a po krátkém hiátu pokračuje ve svrchním oligocénu (Malkovský, 1985). V době mezi 25–20 miliony lety, se zde začal usazovat řekami přinášený materiál. V té době utichla hlavní fáze třetihorní vulkanické činnosti, která zformovala vulkanická centra Doupovských hor a Českého středohoří. Pásmo Krušných hor tehdy ještě neexistovalo. Docházelo jen k velmi pozvolnému poklesávání celé oblasti.

Štěrkový, písčítý, prachový a jílový materiál, který byl snášen do vodních toků směřujících do oblasti dnešní pánve se sem dostal větráním starších hornin Českého masívu na jihu, jihovýchodě a jihozápadě Čech. Materiál, který byl nesen řekami v údolích dolních toků řek se usazoval v říčních korytech a vytvořil se tak široký pás především písčítých říčních sedimentů severojižního směru vstupující do pánve v oblasti Žatce a vystupující v oblasti severně od Chomutova (Malkovský, 1985; Uličný et al. 2000).

Prvky materiálu, které byly do pánve přinášeny, se často „prolínaly“ se zvětralinami, které vznikaly na svazích třetihorních vulkánů a v údolích zahloubených v křídových a karbonských sedimentárních horninách a proterozoických rulách. Na základě postupného zaklesávání oblasti v období spodního miocénu se rozšiřovala plocha, kam se rozlévaly řeky při povodních a podél říční sítě vznikala rozsáhlá plocha území říčních niv plných mělkých jezer a močálů, ve kterých se začala kupit rostlinná hmota produkovaná hojným vodním a bažinným rostlinstvem v podobě rašeliny. Močály se postupně začaly spojovat v souvislý pás, který vedl podél hlavního toku a jeho přítoků. Plocha močálu se začala zvětšovat a v době maximálního rozsahu mocnost vrstev odumřelé rostlinné hmoty dosahovala místy až 200 m (Kvaček et al., 2004).

2. 3. Sedimentární výplň mostecké pánve

Sedimentární výplň mostecké pánve dělíme do tří základních jednotek (obr. 2). Nejstarším je starosedelské souvrství, po něm následovalo ukládání sedimentů střezovského a mosteckého souvrství (Malkovský, 1985).



Obr. 2: Zjednodušené geologicko-faciální schéma výplně mostecké pánve (upraveno podle Domáciho, 1977)

2. 3. 1. Starosedelské souvrství

K této nejstarší sedimentární jednotce eocénního stáří ve výplni mostecké pánve jsou řazeny výskyty říčních sedimentů, pestrobarevných písků, jílu a splachových sedimentů eocénního stáří. Starosedelské souvrství leží v nadloží hornin

krušnohorského krystalinika a permokarbonu, popř. svrchnokřídových sedimentů české křídové pánve (Malkovský, 1985). Jednotky starosedelského souvrství nepřesahují mocnost 10 m. Sedimenty tohoto souvrství se zřejmě ukládaly v prostředí průtočných jezer, hromadily se v mělkých depresích na téměř zarovnaném a silně zvětralém podloží, které je litologicky značně rozmanité (Pešek et al., 2010).

2. 3. 2. Střezovské souvrství

Horniny střezovského souvrství stáří priabonu až rupelu (eocén/oligocén) se po hiátu ukládaly na reliktu klastik předchozí jednotky. Většinou však nasedají na zvětralé sedimenty svrchní křídvy nebo na krystalinikum. V tomto období na povrch pánve opakovaně pronikala řada bazických vulkanických těles, která Kopecký (1978) řadí do hlavní neovulkanické fáze.

Geneticky představují sedimenty tohoto souvrství zvětralá a redeponovaná pyroklastika a další vulkanogenní materiál, který sedimentoval v izolovaných depresích mezi vulkány v pánvi formované odlišně od předchozí jednotky starosedelského souvrství (Pešek et al., 2010). Lokálně se zde ukládaly polohy písků, v místech s nižším přínosem klastických sedimentů i polohy sladkovodních vápenců a tenkých uhelných slojí. Uložení této jednotky reprezentují převážně jezerní a jezerně deltové sedimenty.

2. 3. 3. Mostecké souvrství

Mostecké souvrství, stáří chatt až burgidal, tvoří svrchno-oligocénní a veškeré miocénní sedimenty a vulkanoklastika mostecké pánevní výplně. Mocnost tohoto komplexu je více než 500 m a je tvořen uhelnými slojemi, písčitymi a jílovými sedimenty (Pešek et al., 2010).

V období sedimentace tohoto souvrství do pánve ústily dvě řeky, které odvodňovaly území středních a západních Čech. V místě jejich ústí vznikly tělesa bílinské a žatecké delty.

Mostecké souvrství můžeme rozdělit na čtyři vrstevní jednotky: nejstarší duchcovské vrstvy, následně vrstvy holešické a libkovické a nejmladšími jsou vrstvy

lomské (Malkovský, 1985).

Duchcovské vrstvy

Jejich mocnost dosahuje až 140 m a svým petrografickým charakterem reprezentují nejpestřejší jednotku mosteckého souvrství. Vrstvy téměř výhradně tvoří přeplavené zvětralinou podložních sedimentárních jednotek a vulkanitů. V místech, kde se vyskytují vulkanity dominují tufitické jíly. Splachy z krystalinika jsou reprezentovány kaolinickými jíly s obsahem slíd, prokládané místy polohami křemenných písků až drobnozrnných štěrků (Pešek et al., 2010).

V duchcovských vrstvách se v okolí Mariánských Radčic a mezi Pětipsy a Hrušovany místy vytvořila ne příliš mocná sloj silně popelovinového uhlí (tzv. bazální sloj).

Holešické vrstvy

Ukládání holešických vrstev začalo na ne zcela zarovnaném podloží vytvořením celopánevního jezera, které se postupně měnilo v rašeliniště. Průměrná mocnost sloje je 20–30 m.

Holešovické vrstvy můžeme rozdělit do dvou odlišných celků – na východní a západní až jihozápadní (Pešek et al., 2010). Východní část tvoří sloj, která je zpravidla kvalitnější. Místy se zde vyskytují sloje, které jsou téměř bez jílové příměsi. V západní části pánve bývá sloj jílovitá a také výrazně méně kvalitní.

Libkovické vrstvy

Tyto vrstvy nám dokládají zánik uhlotvorby na území mostecké pánve. Na větší části pánve vzniklo jezero, ve kterém se zachoval 250 m mocný komplex pelitů. Podél krušnohorského okraje se pak vyskytují písky a písčito-jílovité uloženiny. Koncem této jednotky znovuožívá vulkanická činnost, která vyznívala do nadloží (2. neovulkanická fáze). Vrstvy nepřesahují mocnost 150–200 m (Pešek et al., 2010).

Lomské vrstvy

Lomské vrstvy ležící konkordantně na libkovických vrstvách představují nejmladší sedimenty výplně mostecké pánve. Zachovaly se pouze v oválné depresi na ploše asi 20 km² v nejhlouběji zakleslém území Mostecka (v okolí Lomu), kde dosahují mocnosti až 135 m. Na spodu této jednotky pak leží až 25 m mocný komplex uhelnatých jílovců s polohami uhlí označovaný jako lomská sloj (Pešek et al., 2010). Uložení této jednotky byla sedimentace v pánvi ukončena. K jejímu obnovení došlo až v pliocénu, resp. v pleistocénu.

Na současný strukturně tektonický charakter mělo vliv období po skončení sedimentace. Pouze klastika, která byla částečně zpevněna, byla vystavena další etapě vývoje pánve, která byla charakterizována nestejným výzdvihem jednotlivých ker na jedné straně a územím Krušných hor a Českého středohoří na straně druhé (Pešek et al., 2010).

2. 4. Hlavní hnědouhelná sloj mostecké pánve

Tvorba uhelné sloje probíhá pouze při souběhu řady podmínek. Mezi nejdůležitější patří úroveň vodní hladiny za života rostlin (tj. aby močál nebyl zcela vysušen nebo naopak zcela zatopen) a dostatečné překrytí odumřelé rostlinné hmoty (bez přístupu vzduchu), aby zde mohlo docházet k prouhelňování (Malkovský, 1985).

Tvorba uhelných sedimentů v mostecké pánvi se projevovala během celého mosteckého souvrství. Po ustálení sedimentačních podmínek nastalo delší období, kdy hnědouhelný močál (dnešní hnědouhelná sloj) zakryl téměř celou plochu pánve. Tato litologická jednotka vznikala v různých částech pánve za odlišných podmínek, jako jsou např. tvar dna, směr a intenzita přítoku vody, přínos organického materiálu a další. Ani uhelná sedimentace neprobíhala rovnoměrně v celém prostoru pánve (Malkovský, 1985). Obecně uhelná sloj svědčí o prostředí lesního, převážně jehličnatého hnědouhelného močálu, ve kterém jen zřídka (proplástky) a pouze místy stoupla vodní hladina nad úroveň terénu, a do kterého občas pronikala jednotlivá ramena toku, která nestačila v sousedící deltě zaniknout. Lokálně pak mohlo dojít na počátku sedimentace

k vytvoření dočasných mělkých jezírek. Místy také došlo ke krátkodobému vyschnutí povrchu močálu (rašeliniště), které bylo doprovázeno vznikem primárních oxyhumolitů nebo k fuzitizaci rostlinných zbytků (Malkovský, 1985).

2. 4. 1. Proplástky v mostecké pánvi

Proplástky jsou anorganické vrstvodité vložky ve sloji, které jsou zpravidla ostře ohraničené vůči uhelné hmotě. Jedná se obvykle o světlé, jílovité nebo prachovité horniny. Často jsou pak prorostlé kořínky. Sloj, která je bez proplástek, se označuje jako sloj čistá (jednoduše stavěná), sloj s četnými proplástkami se pak označuje jako sloj prorostlá (složitě stavěná) (Havlena, 1963). Proplástky mohou být jak sedimentárního tak vulkanogenního původu. Sedimentární proplástky slouží ke korelaci sloje nebo pro paleogeografické rekonstrukce. Vulkanogenní proplástky jsou pak užitečné ještě pro radiometrické datování. Proplástky v hnědouhelné sloji mostecké pánve vznikly v důsledku zvýšené hladiny vody v močále. Tento stav zapříčinil rychlý úhyn vegetace a vznikly lepší podmínky pro transport klastického materiálu. Tento klastický materiál se poté následně uložil právě ve formě proplástek (Novotný, 2011). Mocnost proplástek se mění a to v závislosti na vzdálenosti zdroje materiálu. Vulkanogenní proplástky v mostecké pánvi nenajdeme.

2. 5. Stavba hlavní hnědouhelné sloje v lomu Bílina

Vzorky ke studiu fosilního dřevěného uhlí (fuzitu) byly odebrány v hlavní uhelné sloji těžené v lomu Bílina.

Hlavní uhelná sloj je na Bílinsku rozdělena proplástkami do tří lávek - spodní, střední, svrchní rozdílné kvality (obr. 3). Hlavní uhelná sloj je mocná zpravidla 25–35 metrů a je tvořena převážně hnědouhelnými humity, které vznikaly prouhelněním třetihorní rašeliny, stromů a keřů (Malkovský, 1985). Z hlediska prouhelnění jde o hnědé uhlí, které je ve stádiu ortofáze na hranici přechodu k metafázi. Obsah popela v bezvodém stavu je 26,9%, obsah síry 1,03% a výhřevnost v původním stavu 13,929 MJ/kg (Internet 1).

Profil	Výrazné polohy	DB LK VČSA			Stručná charakteristika polohy
		mocnosti			
Svrchní lávka	Svrchní lávka	3,0-3,7	2,5-4	2-3,8	Vrstva jílovitého uhlí až jílovce s xylity a rostlinnou drtí, v horní části místy jílový proplástek.
	"Cvičák" (Meziloží)	0,3-1	0,6-2	0-1	Bílý jílovec až uhelný jílovec.
	Horní část střední lávky A	0,8-2,1	0,6-2	0-1	Xyliticko-detritické až jílovité uhlí naspodu dvojitý proplástek jílovce.
	Horní část střední lávky B	2,5-4	2,5-3,5	2,5-3,8	Střídání tenkých (10-30cm) poloh uhlí detriticko-xylitického a xyliticko-detritického.
	"Třetinový proplástek"	0,6-3	1-2,2	0,4-1	Zdvojený proplástek jílovců až uhelných jílovců s mezipolohou jílovitého uhlí.
	Spodní část střední lávky A	4,5-5	3,7-5	3,5-3,8	Uhlí xyliticko detritické.
		---	---	---	Jílovec až zdvojený uhelný jílovec.
	Spodní část střední lávky B	3-3,5	3-3,3	3-4	Uhlí xyliticko-detritické -nejkvalitnější část sloje.
	Spodní část střední lávky C	5	5-8	5-7	Uhlí xyliticko-detritické -nejkvalitnější část sloje.
	Přechodná lávka	2-3	1,2-3	0-2	Postupné přibývání četnosti a popelnatosti horizontů jílovitého uhlí až uhelných jílovců.
Střední lávka					
Spodní lávka	Spodní lávka A	2-3	2-3	0-3,5	První jílovce uzavírající 2-3 vrstvy jílovitého uhlí a uhelných jílovců.
	Spodní lávka B (Trojrytmus)	2-2,5	1,5-3	0-1,5	Ostře omezená trojice vrstev uhlí až uhelného jílovce mezi výraznými jílovci
	Spodní lávka C (Dvojrytmus)	1-2,5	1-1,5	0-1,2	Výrazná dvojice uhelných jílovců až jílovitého uhlí ohraničená mocnými vrstvami jílovců.
	Spodní lávka D (Spodní sloj ?)	0,5-4,5	4-5	-	Střídání poměrně tenkých vrstev různě uhelnatých a jílovcových hornin s 5-6 maximy kupení organické hmoty.
	Spodní sloj	4,5-4	2-13	-	Na lomech v Bílině a Kopistech nejspodnější pozorovaná skupina vrstev jílovitého uhlí až uhelných jílovců střídajících se s polohami jílovců až uhelných jílovců.

Obr. 3: Schematizovaný sjednocený geologický profil uhelnou slojí Důl Bílina, Lom Kopisty, Velkolom ČSA (Mach, 1993)

Spodní lávka je tvořena střídavými vrstvami jílovitého uhlí, uhelnatých jíílů a jíílů. Obsah popela zde roste směrem do podloží. Obsah síry je obecně nízký (pod 1%) (Mach, 2002). V době vzniku této lávky se zdroje klastického materiálu nacházely ve velmi blízkém okolí pánve. Z tohoto důvodu mnohem častěji docházelo k rušení uhelné sedimentace a její proměnlivosti v ploše (Mach, 1993). Klastický materiál, který byl přinášén místními toky, pocházel hlavně z Českého středohoří. To se projevuje charakteristickým geochemickým složením popelovin (výskyt stopových prvků Cr, Ni, Ti, Nb, Ar, Fe) (Elznic et al., 1998). Během povodní bylo díky shromažďování klastik zpomalováno rozšiřování močálu. Při změně množství srážek se měnila i výška hladiny v prostorově omezené nádrži. Působení těchto změn bylo přímo úměrné jejich dopadu na hromadění hmot v pánvi (Mach, 1993). Spodní profil této lávky není úplný a to z důvodu, že nejspodnější horizonty jsou buď špatně vyvinuty nebo nejsou vyvinuty vůbec. Směrem dospodu pak spodní lávka přechází do fosilních bažinných půd a následně do eluvia oligocénních vulkanitů (Mach, 2002).

Střední lávka je tvořena třemi jílovými proplástkami, přičemž nejvýznamnějším je proplástek třetinový. Ve spodní části střední lávky je uhlí nejméně popelnaté (3–9%) a zároveň i nejméně sirnaté (do 1%) (Mach, 2002). Směrem vzhůru a hlavně pak nad třetinovým proplástkem dochází k nárůstu jak obsahu popela, tak síry. Obsah síry se zde místy pohybuje až nad 10% (Mach, 2002). Ke zvýšenému obsahu síry dochází také v okolí zlomů a zlomových pásem. Typickým znakem střední lávky je hojný výskyt milimetrových až centimetrových vrstviček vláknité složky (fosilního dřevěného uhlí, fuzitu).

Svrchní lávka přechází v centrální a jižní části lomu do jezerně deltových sedimentů. Přejít do deltových jíílů do uhelné sloje je postupný a to jak laterálně, tak vertikálně. Od hlavy střední lávky směrem nahoru se projevuje nárůst přínosu jílového materiálu a to nejprve ekvivalentem přítomného proplátku „cvičák“ a poté následuje 3–5 m mocná vrstva tzv. pařezového horizontu. Ten je tvořen hnědými jíily, které jsou laminovány zuhelnatělou rostlinnou drtí s obsahem zuhelnatělých pařezů či kmenů stromů, které jsou in situ a dosahují výšky až 5 m. Svrchní lávka není v tomto území vyvinuta a směrem na J, Z a S přechází do uhelnatých jíílů až jílovitého uhlí (Mach, 2002). Během tvorby této lávky docházelo k 5 dílčím zdvihům hladiny, které dosahovaly výše decimetrů až 1 metru. K tomu došlo ještě před tím, než byly

definitivně nastoleny jezerní podmínky libkovických vrstev. Příčinou vzestupu souvisí patrně s klimatickými změnami nebo tektonickými procesy. V době dočasných periodických zdvihů hladiny v rašeliništi převládala otevřená vodní hladina, která byla tvořena nesouvislým vegetačním pokryvem. Z tohoto důvodu převládalo usazování klastického materiálu na větší ploše pánve. Na základě petrografické analýzy vzorků se dokládá nepravidelný přechod sušších podmínek občas zaplavovaného rašeliniště do vlhčích podmínek pravidelně zaplavovaného rašeliniště. K těmto jezerním výkyvům docházelo spíše ve svrchní polovině svrchní lávky, kde se nachází 4 až 5 záplavových horizontů. Dolní část svrchní lávky pak vznikala v sušším močálu, kde byl nižší stav vodní hladiny (Mach et al., in prep.).

Nadloží uhelné sloje, které je mocné přibližně 200 m, je tvořeno ve své spodní části jíly a písky tzv. bílinské delty (komplex písků, vrstev jílu a písčitých výplní říčních koryt s lemy jílových sedimentů) a ve svrchní části jíly libkovických vrstev.

Součástí uhelné sloje na Bílinsku jsou **sedimentární proplástky**. Nejhojnější jsou ve spodní lávce sloje a pocházejí z klastického materiálu přinášeného v blízkého okolí pánve. V její horní části se nachází velice významný a plošně rozsáhlý proplástek. Ve střední lávce jsou obvykle obsaženy tři mocnější jílovité proplástky. Nejvýznamnější z nich je proplástek „třetinový“, který dělí střední lávku na horní třetinu a spodní dvě třetiny (Mach, 2002; Novotný, 2011). Mocnost tohoto proplástek se pohybuje okolo 2 m. Střední lávka je kromě proplástek také rozdělena tenkými vrstvičkami fuzitů. Při hranici mezi střední a svrchní lávkou bývá vyvinut proplástek, tzv. „cvičák“ (z německého „zwischen“), jehož mocnost je 0,5–1 m. Tento proplástek v centrální části bílinské delty přechází do pařezového horizontu a následně do prodeltových sedimentů, kde se stává součástí nadloží uhelné sloje (Mach, 2002).

2. 6. Flóra mostecké pánve

Mostecká pánev byla místem zájmu paleobotaniků od začátku paleobotanických výzkumů. Systematický průzkum však začal až po 2. světové válce a pokračuje dodnes (př. Kvaček a Bůžek, 1982; Kvaček et al., 2004; Teodoridis a Kvaček, 2006). V posledních desetiletích byla široce diskutována litostratigrafie (viz Domáci, 1977; Hurník, 2001, podrobněji v kap. 2.3. – Sedimentární výplň mostecké pánve).

Rostliny starosedelského souvrství nejsou v mostecké pánvi dostatečně dokumentovány (Kvaček et al., 2004, Teodoridis a Kvaček, 2006). V křemencích byl jižně od Mostu zjištěn druh vždyzelené vymřelé bukovité rostliny *Eotrigonobalanus furcinervis* a v křemencovém valounu na svahu Krušných hor u obce Horní Lom se vyskytla indexová fosilie *Steinhauera subglobosa* (Kvaček a Teodoridis, 2007).

Střezovské souvrství poskytlo několik souborů, které obsahují prvky, jež jsou společné s různými úrovněmi Českého středohoří. Tyto prvky však až na výjimky nebyly dosud detailně zpracovány. Obdobou převážně opadavých flór z Kundratic a Bechlejovic je floristické společenstvo habrovce rodu *Ostrya* z vrtu GÚ-111 (Lochočice) (Kvaček et al., 2004). Různé další teplomilné elementy (Kvaček a Teodoridis, 2007) jako *Engelhardia*, *Platanus neptuni* (maarová flóra ve vrtu Bz-372, důl Bílina), *Daphnogene* (trachybazaltový tuf ze skrývky Dolu Bílina), *Palaeohosiea suleticensis* společně s vymřelým jehličnanem *Quasisequoia couttsiae*, tropicko-subtropickými liánami *Palaeohosiea suleticensis* spolu s *Alnus*, *Ampelopsis rotundatoides*, *Cornus*, *Iodes*, *Parabaena europaea* a *Sambucus colwellensis* (vrt KV-15) korelují s oligocénní flórou Českého středohoří. Konkrétně pak odpovídají úrovni nálezů ze Suletic a Holého Kluku (Kvaček a Bůžek, 1995; Radoň et al., 2006).

Nejspodnější část mosteckého souvrství (duchcovské vrstvy) je paleofloristicky heterogenní (Kvaček a Teodoridis, 2007). „Vápencová“ flóra z Tuchoměřic je charakterizována asociacemi *Phoenix-Celtis lacunosa* (Kvaček a Bůžek, 1982) a má pozoruhodný teplomilný charakter. Rovněž flóra z jádra JZ 44 (Jezeří) je teplomilná a zahrnuje *Laurophyllum* sp. div. související s *Pinus* sp. a *Alnus julianiformis*. Vodní halofilní sdružení bylin *Cladiocarya-Limnocarpus* je známo ze sedimentů z podloží sloje bývalého lomu Marianna (Hurník a Marek, 1962). Pro centrální část pánve je charakteristický výskyt monotónní asociace dubu porýnského *Quercus rhenana* (Kvaček et al., 2004). Z lokality Čermníky, která se nachází na Pětipesku, jsou známy z podloží spodní sloje ojedinělé nálezy fytostratigraficky nevýznamných elementů, např. tisovce *Taxodium dubium*, jilmu *Ulmus pyramidalis* a ambroně *Liquidambar europaea*.

Naproti tomu flóra holešických vrstev je výrazně bohatší a její složení a vegetační ráz je určován vazbou na uhelnou sloj na Teplicku a „deltové“ sedimenty na Žatecku a Bílinsku. Relativně časté karpologické výskyty jsou známy z lokalit Pesvice, Otvice, Hošnice, Vršany, z dolu Jan Šverma a ze Strupčic (Kvaček a Teodoridis, 2007).

Uhelné lávky se vyznačují dominantním výskytem zástupců jehličnanů druhů *Glyptostrobus europaeus*, *Taxodium dubium*, *Quasisequoia couttsiae* v asociaci s bažinnými prvky řezanem *Stratiotes kaltennordheimensis*, zázvorovníky *Spirematospermum wetzleri*, vřesnou *Myrica* sp. div., palmou *Calamus daemonorhops*, nepukalkou *Salvinia reussii* a zevary *Sparganium* sp. div. (Kvaček et al., 2004). Flóra, která je vázaná na slojové proplástky, je velice bohatá a kromě karpologických dokladů obsahuje také rozsáhlý listový materiál. Bezesporu nejbohatší lokalitou, která je stratigraficky vázána na proplástek mezi střední a svrchní lávkou sloje jsou Čermníky na Pětipesku. Tato flóra je kombinací pánevní vegetace, tj. asociací s patisovcem (*Glyptostrobus*) a tupely s tisovcem (*Nyssa-Taxodium* sensu Kvaček – Bůžek, 1982) a lužních elementů parrótie a jilmů (*Parrotia-Ulmus pyramidalis* sensu Kvaček – Bůžek, 1982) a je dobře korelovatelná s okrajovými nebo i mimopánevními flórami z lokalit jako jsou např. Holedeč, Záhoří u Žatce, Vršovice, Dobrčice a Skyřice (Pešek, 2010). Jednotlivé soubory jsou charakteristické výskytem vavřínovitých, postopčáku *Comptonia difformis*, bažinného dubu *Quercus rhenana* a jilmu *Ulmus pyramidalis*, rovněž také dřevinami sušších stanovišť, např. luštěninami druhu *Podocarpium podocarpum*, zejdy, růže a buku *Fagus saxonica* jsou popsány z žatecké delty z lokalit Čermníky, Dolany, Soběsuky, Nechranice a Přívlaky. Flóra nacházející se v těsném nadloží sloje je známa také z delty bílinské a její složení je podobné jako u již uvedených floristických souborů pocházejících ze žatecké delty. Navíc zde však můžeme najít řadu vodních, vesměs vymřelých endemitů, jako např. *Elephantosotis dvorakii*, *Hydrochariphyllum buzekii* a *Schenkiella crednei* v kombinaci s elementy, jako jsou bažinná kapradina žebrovice (*Blechnum*), cypřišovitá *Tetraclinis* a další teplomilné listnáče *Engelhardia* a *Platanus neptuni* (Kvaček a Teodoris, 2007).

Nejspodnější část libkovických vrstev je floristicky charakterizována různorodou flórou, jednak břešťanskou tak i flórou z tzv. slídnaté facie krušnohorského svahu ve smyslu Teodoridise a Kvačka (2004). Břešťanská flóra je zajímavou směsí pánevních elementů, jak jehličnanů čeledi *Cupressaceae* s.l., opadavých listnáčů, žmarličníku *Cercidiphyllum*, tupely *Nyssa*, kraigie *Craigia*, olše *Alnus juliniformis*, dubu porýnského *Quercus rhenana* a javoru *Acer tricuspdatum* v kombinaci s mezofytními elementy vázanými na kyselejší biotopy (borovice, vavřínovité, vřesna, vymřelá bukovitá dřevina *Trigonobalanopsis*). Obdobná flóra je známa z tzv. slídnaté facie

krušnohorského svahu (Kvaček et al., 2004). Z těsného nadloží sloje, které je známo např. z lokalit Kundratice, Jezeří nebo Mariánských Radčic, jsou známe nové, teplomilné dřeviny, mezi které řadíme např. *Symplocos* sp. div., cf. *Mastixia lusatica* a *Vaccinioides lusatica*.

Flóra lomských vrstev je charakteristická vodními a bažinnými kapradinami, jako např. nepukalka a azola (*Salvinia*, *Azolla* sp. div.), předek kotvice (*Hemitrapa*), kyprejovitý polokeř (*Decodon*) a rdest (*Potamogeton*) v kombinaci s bažinnými jehličnany *Quasisequoia* a *Glyptostrobus* a listnáči *Nyssa gmelinii* a *Myrica undulatifolia* (Teodoris a Kvaček, 2006).

2.7. Typy fosilního prostředí mostecké pánve

Paleoekologickými studii oblasti Bílinska v době tvorby hlavní uhelné sloje se zabývala řada autorů. Ti rozlišili společenstva podle stanovišť a rozdělili je do 5 skupin podle předpokládaného sedimentačního prostředí (Kvaček et al., 2004) (obr. 4).

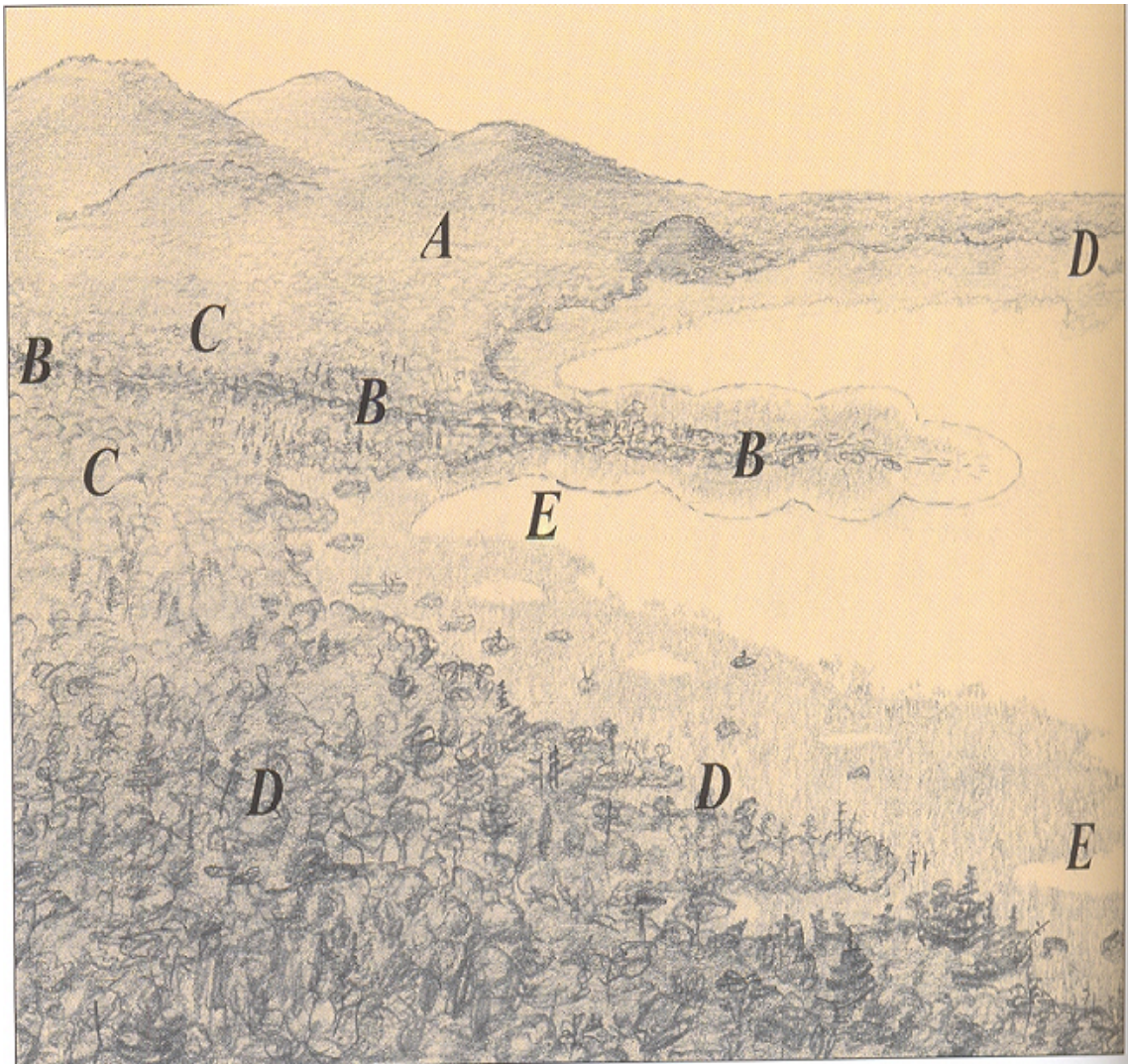
A) společenstva pocházející z relativně sušších stanovišť, které jsou mimo dosah vodní hladiny při povodních, s dobrým přísunem živin z místního dobře větraného substrátu, ale menším přísunem vody.

B) lužní společenstva říční nivy a říčních valů, kde je dobrý a pravidelně se obnovující přísun živin s ideálním zásobováním vody, vázanou na lehký a periodicky provzdušňovaný, obvykle písčité až písčitojílovitý substrát.

C) močálová společenstva říční nivy a oblasti říčních delt, kde se občas obnovuje přísun živin s těžkým glejovým prachovito-jílovitým substrátem a úroveň hladiny podzemní vody, která je blízko povrchu nebo v jeho těsné blízkosti.

D) močálová společenstva, která se nacházející v rašelinotvorném močálu, kde je slabý, ve vrchovištních stádiích téměř nulový, přísun živin. Úroveň hladiny vody je blízko povrchu nebo nad ním.

E) společenstva vodních rostlin, které osidlují otevřené vodní plochy (jako jsou např. jezera, slepá říční ramena, močály) kořenujících v usazeninách na dně nebo plovoucích ve vodě a na hladině (Kvaček et al., 2004).



Obr. 4: Celkový pohled na plochu Bílinska od severozápadu v závěru existence rašelinotvorného močálu A) kopcovitý terén vulkanických těles Českého středohoří s nenáročným pravděpodobně stromovým porostem, společenstva relativně sušších stanovišť, B) těsné okolí řeky, zásobující močál a později jezero s vodou, s porostem vlhkomilných stromů, keřů a lián, lužní společenstva říční nivy a říčních valů, C) deltová plošina a niva řeky s trvale bažinnými a lužními pralesy, močálová společenstva v oblasti říční nivy a delt, D) rašelinotvorný močál stromového typu, E) okraje jezera a rašelinotvorný močál bylinného a keřového typu, společenstva vodních rostlin (Kvaček et al., 2004).

3. Dřevěné uhlí („fuzit“)

Dřevěné uhlí je uhlíkaté residuum, které zachovává anatomickou stavbu původních pletiv na buněčné úrovni. V české uhelně-petrografické terminologii se makroskopicky pozorovatelné úlomky dřevěného uhlí označují jako uhlí vláknité, event. jako vláknitá složka uhlí (Dopita et al., 1985). Mikropetrografickým ekvivalentem vláknitého uhlí je fuzit, macerál ze skupiny inertinitu. Ačkoliv část fuzitu může vznikat i jinými procesy než požárem, převážná část fuzitu představuje pozůstatky fosilních požárů a rozdíly v obsahu fuzitu v uhlí různého stáří jsou dnes považovány za indikátor koncentrace kyslíku v atmosféře v různých geologických obdobích (Scott, 2010). Termín fuzit se pak běžně, avšak nesprávně, používá k označení makroskopicky identifikovatelných klastů dřevěného uhlí. V anglické literatuře se pro termín dřevěné uhlí užívá termín “charcoal”. Dřevěné uhlí vzniká pyrolýzou (tepelným rozkladem) rostlin a to nedokonalým spálením rostlinných pletiv za omezeného přístupu vzduchu. K tomu dochází buď následkem požáru, nebo na kontaktu s vulkanickými horninami. Výskyty dřevěného uhlí v sedimentech jsou proto dokladem existence fosilních lesních požárů. Anatomie rostlin zachovává buněčnou stavbu pletiv, což nám umožňuje jejich taxonomickou identifikaci. Dřevěné uhlí je inertní a snadno se zachovává ve fosilním záznamu (Scott, 2010).

Makroskopicky je dřevěné uhlí charakteristické svým kostkovitým rozpadem a hedvábně vláknitým leskem. Vyskytuje se v úlomcích rozličných velikostí od několika setin milimetrů až po makroskopické klasty dřevěného uhlí ve velikosti několika centimetrů (rolišujeme mikro-, mezo- a makro dřevěné uhlí). Dřevěné uhlí se zachovává v řadě sedimentárních a vyvřelých hornin. Obvykle jej lze snadno uvolnit z horniny, včetně klastických hornin, vápenců i uhlí a následně studovat pomocí binokulárního mikroskopu. Anatomické detaily zuhelnatělé rostliny mohou být zkoumány různými mikroskopickými technikami, včetně skenováním elektronovým mikroskopem (SEM), tomografickými metodami za použití speciálního rentgenu. Nejnověji se rozvíjí též použití mikroskopických metod včetně SRXTM umožňujících trojrozměrné skenování objektů, např. fosilií (Scott, 2010).

Význam fosilního dřevěného (vláknitého) uhlí je značný. Kromě detailního studia anatomické stavby fosilních rostlin a jejich taxonomického zařazení poskytuje

důkazy o historii lesních požárů (Scott, 2010) . V méně vzdálené minulosti (cca do 20 tisíc let od současnosti) jsou rozdíly v obsahu dřevěného uhlí a jeho mikroskopického ekvivalentu fuzitu v sedimentech použity k odhalení vztahů mezi četností požárů a změnami klimatu (Scott a Glasspool, 2006, 2007). Experimenty nám ukázaly, že požáry se nerozšíří, pokud atmosférická úroveň kyslíku je menší než 12% (Scott, 2010). Výskyt dřevěného uhlí může díky tomu dopomoci k testování atmosférických modelů. Období předpokládaného obsahu kyslíku v atmosféře, např. v pozdním paleozoiku, se shoduje s vysokou aktivitou požárů a hojností dřevěného uhlí ve fosilním záznamu.

3. 1. Historie výskytu fosilního dřevěného uhlí

Oheň je hlavním procesem vedoucím ke vzniku dřevěného uhlí. Makroskopické uhlí nám poskytuje data o geologické minulosti lesních požárů. Nejstarší společenstva dřevěného uhlí pocházejí z pozdního siluru a ranního devonu (Glasspool et al. 2004, 2006; Edwards a Axe, 2004). Devonská společenstva jsou však relativně vzácná. Velká množství společenstev byla popsána z období na hranici devon - karbon. Hlavně pak z období mississippu. Z tohoto období byl Nicholsem a Jonesem (1992) popsán katastrofický požár na západě Irska, který zničil asi 95 000 km² lesa. Tento požár vyprodukoval velké množství dřevěného uhlí. Tato společenstva ukazují rozmanitost požárních systémů v tomto období. Velmi hojné je dřevěné uhlí také v klastických i uhelných sedimentech z období pennsylvanu. Doklad o rozšíření požárů je dostupný z pennsylvanu z povrchu korun stromů prostřednictvím oblastí rostlinných typů. Důkazy o požáru se vyskytují také v permu na jižní polokouli (Jasper et al., 2008), a to zejména na území Gondwany, kde uhlí obsahuje více než 70% dřevěného uhlí (Glasspool, 2000; Scott a Glasspool, 2006).

Záznam o dřevěném uhlí z období spodního triasu je vzácný, ale je stále vyšší než záznamy ze svrchního triasu. Výskyt společenstev dřevěného uhlí se objevuje v období jury, ale většina je studována jen taxonomicky. Společenstva dřevěného uhlí z období křídly jsou hojná a hojně studovaná. V sedimentech spodní křídly jsou velice běžná a často obsahující směsici jehličnanů, kapradin a vzácně i krytosemenných rostlin (Scott, 2010).

Z období paleogénu nepocházejí systematické studie o dřevěném uhlí. Dřevěné

uhlí z období eocénu je velice vzácné, což je zřejmě odrazem změny klimatu a rostlinné vegetace. Z období pozdního kenozoika pochází četná množství deposit, však existuje jen pár studií (Scott, 2010).

3. 2. Vznik dřevěného uhlí

Většina dřevěného uhlí je produktem hoření, i když některé z nich mohou vznikat i v důsledku vulkanické činnosti. Většina přírodních požárů je způsobena zásahem blesku. Rostlina je vystavena žáru, ten proniká do rostlinných pletiv, ve kterých je minimální obsah kyslíku a rozkládá molekuly celulózy. Tím jsou produkovány těkavé látky, včetně CO, CO₂ a CH₄, které se mísí s atmosférickým kyslíkem a hoří (Pyne et al., 1996). Tato reakce vytváří teplo a tím podporuje další hoření. Pokud je tato reakce zastavena před úplným spálením, potom zbude uhlíkem bohaté reziduum zvané dřevěné uhlí.

V procesu uhelnatění lze rozeznat několik různých kroků závislosti na dosažené teplotě. U dřeva dochází k rozkladu celulózy od 290°C. Tento proces byl shrnut Beaumontem (1985), který říká, že při teplotě 20–110°C dřevo absorbuje teplo, tím se vysušuje a uvolňuje vlhkost v podobě vodní páry. Při teplotě 100–270°C jsou poslední stopy vody vypařeny a dřevo se začíná rozkládat uvolňováním oxidu uhelnatého, oxidu uhličitého, kyseliny octové a metanolu. Většina uvolněného tepla je absorbována. Teplota 270–290°C je bodem, kdy začíná exotermický rozklad dřeva. Teplo se nadále uvolňuje a rozklad pokračuje samovolně za předpokladu, že dřevo není ochlazen pod tuto teplotu rozkladu. Směs plynů a páry je dále uvolňována spolu s dehtem. Při teplotě 290–400°C pokračuje rozklad struktury dřeva, uvolňované plyny (prchavá hořlavina) jsou směsí oxidu uhelnatého, vodíku, metanu, oxidu uhličitého a kondenzovatelných par kyseliny octové, metanolu, acetonu a dehtu, který s rostoucí teplotou začíná převládat. Při 400°C je přeměna dřeva v dřevěné uhlí prakticky kompletní. Dřevěné uhlí při této teplotě však stále obsahuje značné množství dehtu (asi 30% hmotnosti). K jeho vyloučení je potřeba dalšího zahřátí na teplotu asi 500°C. Tím se rovněž zvyšuje obsah pevného uhlíku v dřevěném uhlí na přibližně 75%. I přes tuto chemickou změnu buněčné stěny je anatomie rostlinných pletiv stále zachována. Nicméně rostliny ztrácejí hmotnost během tohoto procesu, takže rostlina snižuje i váhu. Obsah uhlíku

v rostlinném pletivu se zvyšuje a uhlíkové oblasti v buněčné stěně se stávají uspořádanými (Scott, 2010).

K iniciaci a rozšíření ohně je potřeba tří fází – předvznícení, vznícení a samotné hoření (Pyne et al., 1996). Ve fázi předvznícení se teplota zvýší endotermickými reakcemi tak, že dochází k vypaření vody a uvolnění těkavých látek. Pyrolýzou volatilních plynů se generují dehty a jiné likvidní produkty, které budou hořet v přítomnosti kyslíku. Dřevěné uhlí a popel jsou zachované tam, kde je hoření neúplné. Proto se dřevěné uhlí tvoří tam, kde je nepřítomnost kyslíku a v podstatě pyrolýzou zbytků. Je proto důležité si uvědomit, že dřevěné uhlí není formováno oxidačním procesem. Důležitá je také teplota, které je dosaženo během zuhelnatování. Nízké teploty produkují vyšší výnosy těkavých látek. Celulóza, jež je základní stavební jednotkou rostlinných buněk, tvoří 70% buněčné stěny v dřevním pletivu. Je relativně stabilní do 250 °C. Při 325 °C se začíná rozpadat, přičemž vznikají hořlavé plyny. Naproti tomu lignin, který tvoří zbylých 30% buněčné stěny v dřevních pletivech je více stabilní a odolný vůči teplotnímu působení a má tendenci přežívat jako produkt zuhelnatění (Pyne et al., 1996).

Jeden požár může poskytnout velký rozsah teplot. Běžná teplota plamene může být 700–980 °C, přičemž uvnitř vrstvy humusu jsou teploty okolo 300 °C. Jinde mohou teploty dosáhnout až 600 °C a zůstávají takto vysoké po několik hodin (Pyne et al., 1996). Výzkumy moderních lesních požárů ukazují, že požáry v korunách stromů neprodukují význačné množství makroskopického dřevěného uhlí (Scott, 2010). Větrém přenesené mikroskopické dřevěné uhlí a jiné produkty spalování jsou převládajícím materiálem. Naproti tomu povrchové požáry, kde je palivo nebo rozsáhlý výskyt humusu nebo křovinatá vegetace mohou produkovat velké množství dřevěného uhlí.

3. 2. 1. Dřevěné uhlí vzniklé požárem

Produkce dřevěného uhlí je větší z křovin, vřesovišť nebo travních porostů než z nedokonalého spalování mrtvé vegetace.

Produkce dřevěného uhlí z lesních porostů závisí jak na palivu, tak i na charakteru požáru, tj. zda je podzemní, povrchový a nebo v korunách stromů (Scott, 2000).

Může také dojít k produkci dřevěného uhlí přímo z rašeliny. V takových případech nemusí být spálena pouze živá vegetace, ale také rašelina samotná. Spálené rašeliništní fragmenty lze obvykle petrograficky identifikovat (Petersen, 1998).

3. 2. 2. Dřevěné uhlí vzniklé vulkanickou činností

Dřevěné uhlí se může často vyskytovat v různých vulkanických horninách, od pyroklastických toků po lávy. V takových případech mohou být rostliny pohřbeny v horkých horninách, ze kterých je vyloučen kyslík a je zde prostor k uhelnatění.

Teplota vyvřelých hornin se může lišit od několika set stupňů Celsia do více než 1000 °C. Ve stejném případě doba kontaktu s rostlinou může být krátká (Scott, 2010), minuty nebo hodiny, ale v případě uloženin některých pyroklastických proudů se mohou udržovat ložiska s vysokou teplotou (přes 300 °C) až po dobu několika měsíců (Scott a Glasspool, 2005). Tento proces karbonifikace (zuhelňování bez přístupu vzduchu) umožňuje produkci zuhelnatělých polen a kmenů. Takové dřevěné uhlí se následkem tafonomických procesů může stát součástí laharových uloženin, kde jej od dřevěného uhlí vzniklého ničivým požárem lze odlišit na základě jeho velikosti.

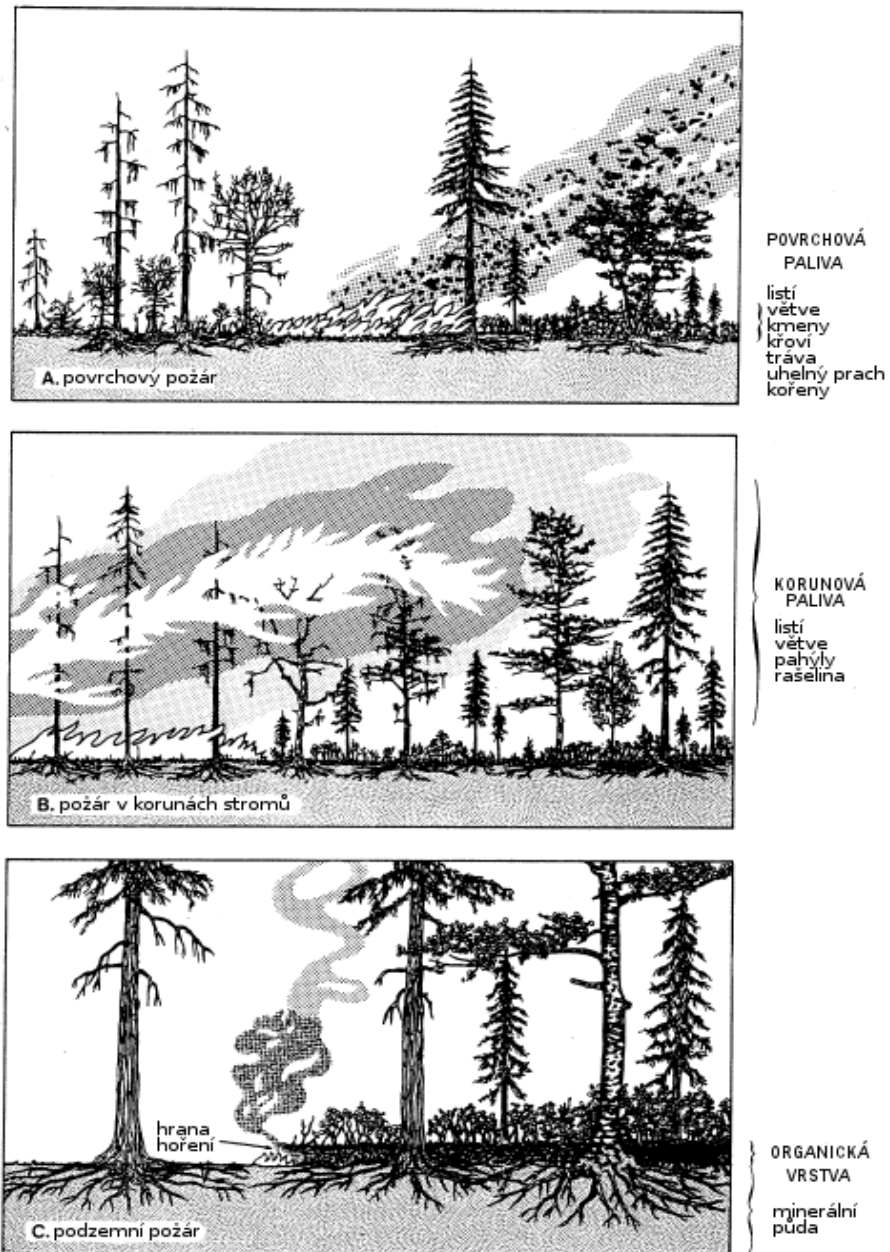
3.3. Typy lesních požárů

Typy lesních požárů charakterizujeme podle druhu hořícího materiálu, to znamená, která složka lesního porostu je zasáhnuta. Podle toho rozlišujeme 4 základní druhy lesních požárů (Stolina et al., 2001):

- povrchové požáry
- korunové požáry a jejich kombinace, nebo přechody pozemního do korunového
- podzemní požáry
- požár dutého stromu

Pro jednotlivé typy požárů je charakteristický určitý typ paliva (Harrington, 2005). Lesní palivo je možné chápat jako biomasu. Všechno lesní palivo se v rámci lesa dělí na 3 palivové vrstvy (obr. 5):

- povrchová paliva – všechna živá a mrtvá vegetace nad nadložním humusem – tj. opadané listí a jehličí, spadnuté kmeny, větvičky, křoví, tráva, lišejníky, mechy
- korunová paliva – jsou tvořena velkými stromy a keři, které dosahují výšky koruny stromů
- podzemní paliva – materiál nacházející se mezi tím, co opadává a samotnou půdou (Pyne et al., 1996).



Obr. 5: Druhy lesních požárů (upraveno podle Davise, 1959)

3. 4. Transport a usazování (tafonomie)

Distribuce dřevěného uhlí v sedimentárním záznamu je podmíněna několika vlastnostmi, které jsou: chemická rezistivita, nízká specifická hmotnost, která způsobuje, že drobné (mikroskopické) úlomky jsou snadno transportovatelné větrem a větší kusy pak dalšími médii, zejména vodou.

Většina mikroskopického dřevěného uhlí je unášena větrem a může být uložena jinde, než na místě požáru. Oproti tomu většina makroskopického dřevěného uhlí je transportována vodou, nikoliv větrem. Experimenty ukazují, že způsob a chování usazenin je ovlivněn velikostí částic, typem vegetace a teplotou při formování v kombinaci s většinou tradičních sedimentačních procesů. Všeobecně, větší kousky dřevěného uhlí budou plavat déle než malé kousky a budou transportovány na vzdálenější místa (Nichols et al., 2000).

3. 4. 1. Transport vzduchem

Bylo provedeno mnoho studií, které sledovaly pohyb mikroskopického dřevěného uhlí větrem a to buď na základě přírodních blesků nebo ohněm (MacDonald et al., 1991; Peters a Higuera, 2007) V těchto studiích bylo prokázáno, že větší odváte částice byly odloučeny ze vzduchu dříve, než menší, které mohly být transportovány dále, třeba až do oceánu (Griffin a Goldberg, 1979; Herring, 1985). Na základě těchto případů se předpokládá, že mikroskopické dřevěné uhlí může sledovat data regionálních požárů a naopak, že výskyt makroskopického dřevěného uhlí souvisí s požáry lokálními. Malé izolované oblasti mohou být případem, kdy většina makroskopického dřevěného uhlí je transportována vodou a může být usazována ve značné vzdálenosti od původního místa shoření, spíše než jeho začlenění do místního půdního profilu.

3. 4. 2. Transport vodou

Ačkoli většina dřevěného uhlí vzniká hořením vegetace, tak relativně málo ho poté zůstává v oblasti hoření. Teplota požáru má vliv na půdu, ve které může vzniknout

vodu odpuzující vrstva, ze které pak následující přívalové deště rozsáhle dřevěné uhlí odplavují. Poměrně malé množství dřevěného uhlí se pak může stát součástí půdy, jako je to často u roztráštěných materiálů a ještě menší množství nespálených a špatně spálených materiálů může být rozloženo (Bird et al., 1999).

Dřevěné uhlí lehce plave a to má za důsledek to, že odloučení od vodní hladiny zabírá určitý čas (tj. než se nasákne vodou a klesne ke dnu), takže dřevěné uhlí před svým vlastním uložením může cestovat na dlouhé vzdálenosti před konečným uložením na pevnině či ve vodě - v řekách, jezerech, mořích (Scott, 2010). Dochází k transportu různě velkých částic. Během tohoto transportu se dřevěné uhlí může porušit, jelikož s rostoucí teplotou rostlinné tkáně více křehnou, mohou se během transportu více tříštit a dokonce být rozdrčeny než se uloží (Nichols et al., 2000).

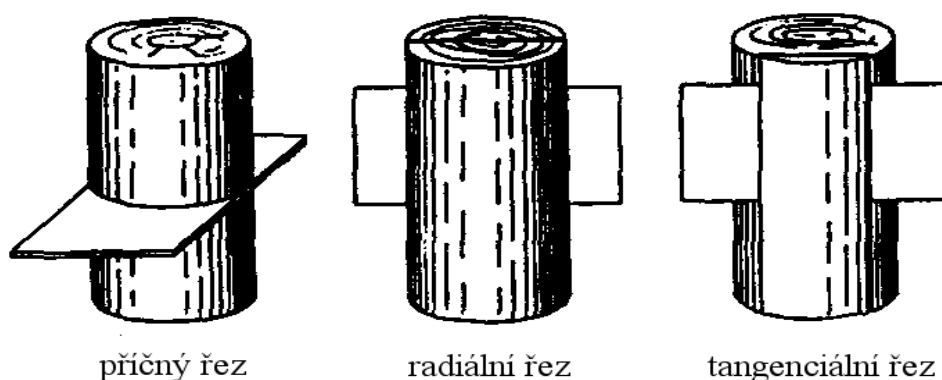
4. Xylotomie

Xylotomie je nauka o struktuře a vlastnostech dřeva. Struktura dřeva je tvořena souborem anatomických znaků (anatomických elementů). Z technického hlediska je dřevo druhotné lignifikované vodivé pletivo kmenů stromů (deuteroxylém), které vzniká dostředivým dělením buněk kambia. Recentní dřevo může být často identifikováno pomocí makroskopických znaků, zvláště podle barvy. Ve fosilních, historických nebo spálených kouscích je to však často problematické. Proto pomocí makroskopických znaků můžeme charakterizovat jen určitá dřeva. Většinu dřev tedy studujeme pomocí znaků mikroskopických, díky mikroskopu studiem mikroskopických preparátů.

4. 1. Metody xylotomie

Chceme-li studovat anatomické složení dřeva (stavbu), pořizujeme tenké řezy (jejichž tloušťka je tak 20–40 μm), které pak studujeme pod mikroskopem. Mikroskopická stavba dřeva se studuje na třech základních řezech (obr. 6). Rozeznáváme řez příčný (transversální), radiální a tečný (tangenciální) (tab. 1).

Řez příčný (transversální) je vedený v rovině kolmé k ose kmene. Radiální řez je vedený v rovině rovnoběžné s osou kmene a procházející středem kmene (dřeni). Tangenciální řez je vedený v rovině rovnoběžné s osou kmene a neprocházející středem kmene (dřeni) (Kavina, 1932).



Obr. 6: Základní řezy dřevem (dle Balabána, 1955)

Tab. 1 – Pozorované znaky na jednotlivých řezech (Šlezingerová a Gandelová, 1994)

Řez	Jehličnaté stromy	Listnaté stromy
Příčný	Jarní a letní tracheidy	Velikost a uspořádání cév
	Přechod jarní – letní dřevo	Přítomnost thyl v cévách
	Výskyt vertikálních pryskyřičných kanálků a jejich tenko – tlustostěnný epitel	Rozšíření dřevového paprsku na hranici letokruhu
	Přítomnost axiálního parenchymu	Typ axiálního parenchymu
Radiální	Uspořádání dvojteček	Perforace cév
	Křížová pole (= typy ztenčenin)	Thyly
	Jarní x letní tracheidy	Ztenčeniny buněk paprsku v místě styku s cévou
	Typ paprsku (homocelulární vs. heterocelulární)	Typ paprsku (homogenní vs. heterogenní)
Tangenciální	Výška dřevových paprsků	Výskyt thyl v cévách
	Výskyt horizontálních pryskyřičných kanálků	Vrstevnatost a výška paprsků
	Charakter transversálních stěn u axiálního parenchymu	

4. 2. Vodivá pletiva

Hlavní funkcí vodivých pletiv je transport látek na velké vzdálenosti. Tato pletiva jsou nezbytná u suchozemských rostlin, u kterých došlo k prostorovému oddělení orgánů pro příjem vody a živin z půdy (kořenů) a orgánů fotosyntézy (listů). Vodivá pletiva mají dvě části, kterými jsou xylém (dřevní část vodivých pletiv) a floém (lýková část vodivých pletiv). Xylém i floém tvoří souvislé systémy, které prostupují všemi částmi rostliny (Votrubová, 1997).

Z hlediska vývoje rozlišujeme vodivá pletiva primární a sekundární. Primární vodivá pletiva tvoří vodivý systém primárního rostlinného těla a diferencují se z prokambia ve dvou fázích. První diferencující se části se nazývají protoxylém a profloém. Později pak dochází k diferenciaci zbytku prokambia a vytváří se tzv.

metaxylém a metafloém. Při druhotném tloušťnutí vznikají pletiva sekundární, neboli deuteroxylém a deuterofloém.

4. 2. 1. Xylém

Xylém je pletivo, které se specializuje na rozvod vody a minerálních živin, které rostlina přijímá pomocí kořenů z půdy. Kromě toho mohou být pletivem transportovány také organické látky. Nejdůležitějšími buňkami xylému jsou tzv. cévní elementy, které jsou dvojího typu. Jsou to tracheidy (cévice) a články cév neboli tracheální články, které se dále spojují ve sloupce – cévy neboli tracheje (Votrubová, 1997).

4. 2. 2. Floém

Floém je pletivo, které slouží k přemísťování asimilátů. Tyto asimiláty jsou transportovány z míst jejich vzniku (především z listů) směrem do podzemních orgánů, ale i směrem opačným, tedy do nadzemních orgánů. Floém je složené pletivo, které je složeno z vodivých elementů, které nesou společný název – sítkové elementy. Tyto elementy jsou dvojího typu: ve floému kaprad'orostů a nahosemenných rostlin to jsou sítkové buňky, u krytosemenných pak sítkovice (Votrubová, 1997).

4. 3. Stavba stonku

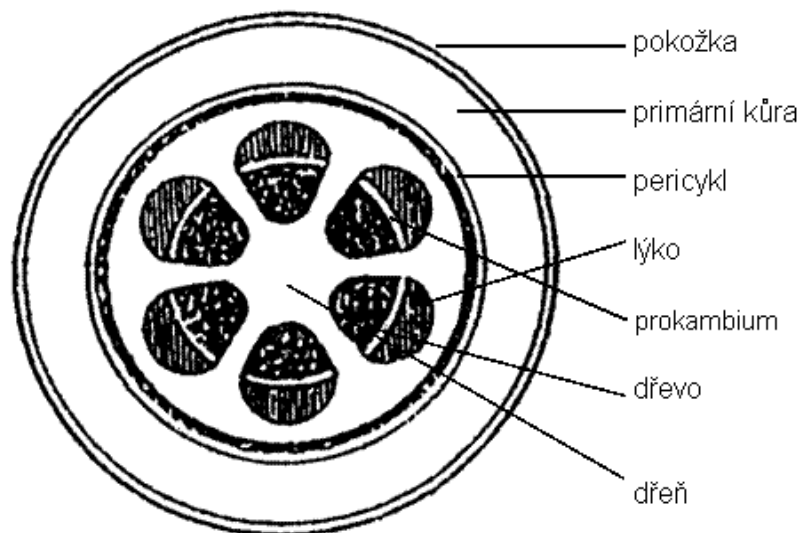
Stonk je zpravidla nadzemní část rostliny, která spojuje kořen s listy a květy. Je základním orgánem převážné části cévnatých rostlin, pro které má zásadní funkci, např. nese orgány fotosyntézy (tj. listy) a hlavně také orgány pohlavního rozmnožování (tj. květy, plody apod.). Další důležitou funkcí stonku je to, že rozvádí roztoky minerálních látek z kořenů do listů a organické asimiláty z listů do růstových pletiv a umožňuje růst rostliny (Votrubová, 1997).

4. 3. 1. Primární stavba

Nejzevnější částí primární stavby stonku je pokožka (epidermis). Pod ní je více

vrstev parenchymatického pletiva, které je často prostoupeno soubory buněk kolenchymatických nebo sklerenchymatických. To vše tvoří prvotní kůru. Důležitou primární stavbu stonku tvoří také pericykl (obr. 7), což je základní pletivo, které odděluje v kořenech a některých stoncích kůru primární a vodivá pletiva. Může být jednovrstvý i vícevrstvý a nemusí být vždy souvislý.

Poté následuje kruh cévních svazků, které uzavírají parenchymatickou dřev. Mezi jednotlivými cévními svazky probíhají pruhy parenchymatického pletiva, které spojují dřev s kůrou a tvoří tzv. dřevové paprsky. Tato stavba se však začne měnit, jakmile činností meristemů kambia a felogenu začne rostlina druhotně tloustnout (Lhotský, 1962).

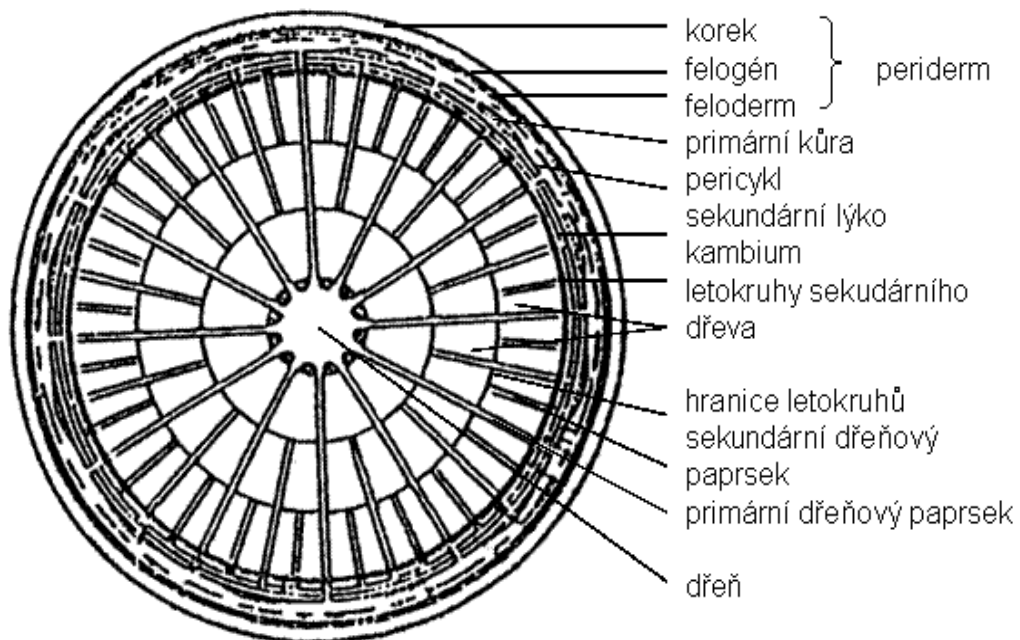


Obr. 7: Primární stavba stonku (Internet 2)

4. 3. 2. Sekundární stavba

Dvě dělivá pletiva, která jsou důležitá pro sekundární růst rostlin jsou kambium a felogen (obr. 8). Felogen je korkotvorné kambium, produkující sekundární kůru (peridermis), která u většiny dřevin nahrazuje odumírající primární krycí pletivo (epiderm) (Luxová, 1965). Felogen vzniká v podpokožkových vrstvách dřevnatých

stonků a také v kořenech. Z felogenu směrem ke středu stonku (popř. kořenu) vzniká feloderm, směrem vně se pak odděluje korek. Tyto tři prvky (felogén, feloderm, korek) pak dohromady tvoří již zmiňovaný periderm (tj. druhotnou kůru). Pomocí kambia vzniká směrem dovnitř sekundární dřevo a směrem vně sekundární lýko. Svou činnost obnovuje kambium každé vegetační období. Kambium vytváří souvislý válec, který tloustne do šířky. U dřevin pak kambium vytváří letokruhy, které představují přírůstky dřeva za období jednoho roku. Jeden letokruh tak odpovídá jednomu vegetačnímu období. Letokruh je pak rozdělen do dvou základních částí. Na jarní a letní dřevo. Jarní dřevo má větší průměr pórů než dřevo letní a je obvykle měkčí a světlejší částí v letokruhu. Oproti tomu pak dřevo letní je tmavší a tvrdší částí v letokruhu.



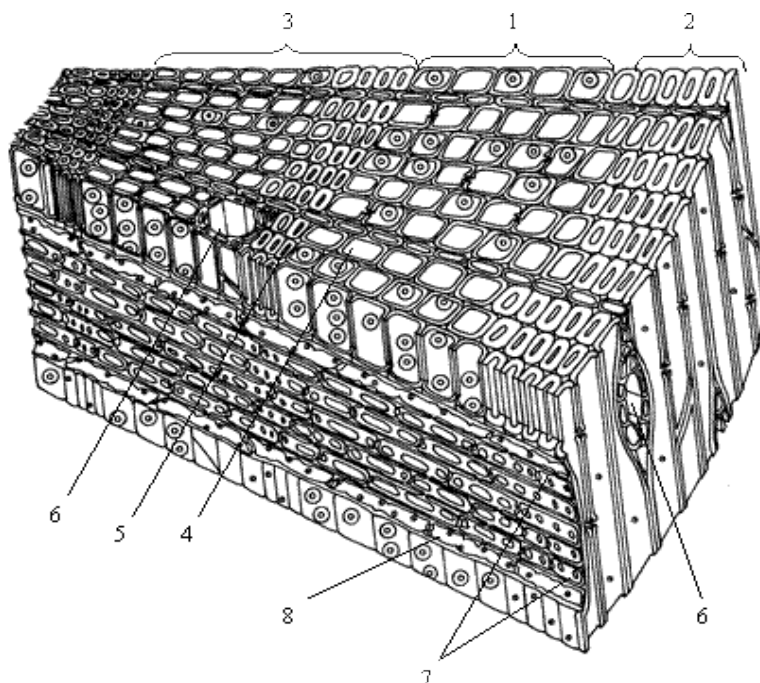
Obr. 8: Sekundární stavba stonku (Internet 3)

4. 4. Mikroskopická stavba dřeva

Ve většině případů není možné přesně a bezpečně makroskopicky stanovit druh dřeva. Je proto nutné provádět mikroskopické rozbory (Balabán, 1955).

4. 4. 1. Jehličnatá dřeva

Dřevo se skládá z buněk, které plní různé funkce. Jehličnaté dřeviny se vyznačují jednoduchou anatomickou stavbou (obr. 9). 90–94 % jehličnatého dřeva představují tracheidy. Druhým základním stavebním prvkem jsou pak parenchymatické buňky.



Obr. 9: Prostorové znázornění anatomické stavby jehličnatého dřeva: 1 – jarní dřevo, 2 – letní dřevo, 3 – letokruh, 4 – jarní tracheida s dvojtečkami, 5 – letní tracheida, 6 – pryskyřičný kanálek, 7 – dřeňový paprsek, 8 – příčná (ležatá) tracheida (Požgaj a kol., 1997)

Parenchymatické buňky jehličnanů

Tyto buňky mají obdélníkový tvar, jsou protáhlé, dlouho živé a mají tenké

buněčné stěny s hojnými tečkami. Jejich hlavní funkcí je vedení a ukládání zásobních látek (např. škrobu, tuků, bílkovin). Parenchymatické buňky mohou být uloženy radiálně (dřeňové paprsky) a nebo axiálně (podélný dřevní parenchym). V těchto buňkách se vyskytují typické jednoduché ztenčeniny – tzv. tečky (Balabán, 1955).

Dřeňové paprsky jehličnanů – mohou být stejnobuněčné (homocelulární), mající pouze jeden typ buněk (parenchymatické) nebo různobuněčné (heterocelulární), které mají dva typy buněk (parenchymatické a příčné tracheidy).

Podélný dřevní parenchym jehličnanů – má zásobní funkci, je uložen ve směru osy kmene a je většinou rozptýlený v pletivu.

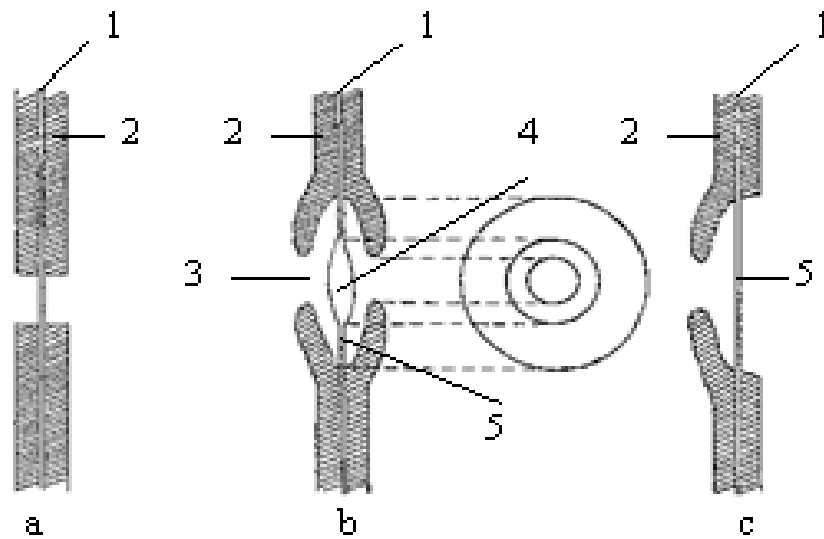
Tracheidy (cévice) jehličnanů

Tracheidy jsou protáhlé buňky, které tvoří cca 90–94% dřeva jehličnanů. Na průřezu tvoří čtyř až šestiúhelník a mají funkci jak vodivou, tak mechanickou. Zakončení buněk může být oblé, zubaté nebo zašpičatělé. Rozlišujeme jarní a letní tracheidy, které pak tvoří jarní a letní dřevo. Jarní tracheidy se vyznačují tenkou buněčnou stěnou a mají hlavně funkci vodivou. Jsou širší, kratší, mají zaoblené konce a vznikají na začátku vegetačního období. Letní tracheidy se vyznačují tlustou buněčnou stěnou a mají funkci především mechanickou. Jsou užší, delší a zašpičatělé (Balabán, 1955).

Jednoduché ztenčeniny (tečky), dvůrkaté ztenčeniny (dvojtečky) a poloviční dvojtečky

Tyto ztenčeniny slouží k transportu látek mezi buňkami a vznikají rozpuštěním sekundární buněčné stěny. Představují neztloustlá místa v buněčné stěně. Jednoduché ztenčeniny tvoří kanálky, které spojují dvě sousední buňky. Mají kruhovitý nebo eliptický tvar. Jejich hlavní funkcí je látková výměna mezi buňkami (Balabán, 1955). Dvojtečky jsou typickou ztenčeninou tracheid a jsou tvořené propustnou blankou zvanou margo a ve své střední části mají ztloustlou uzavírací blanku, která je

označována jako torus (obr. 10). Přeš otvor, tzv. porus, pak proudí látka.

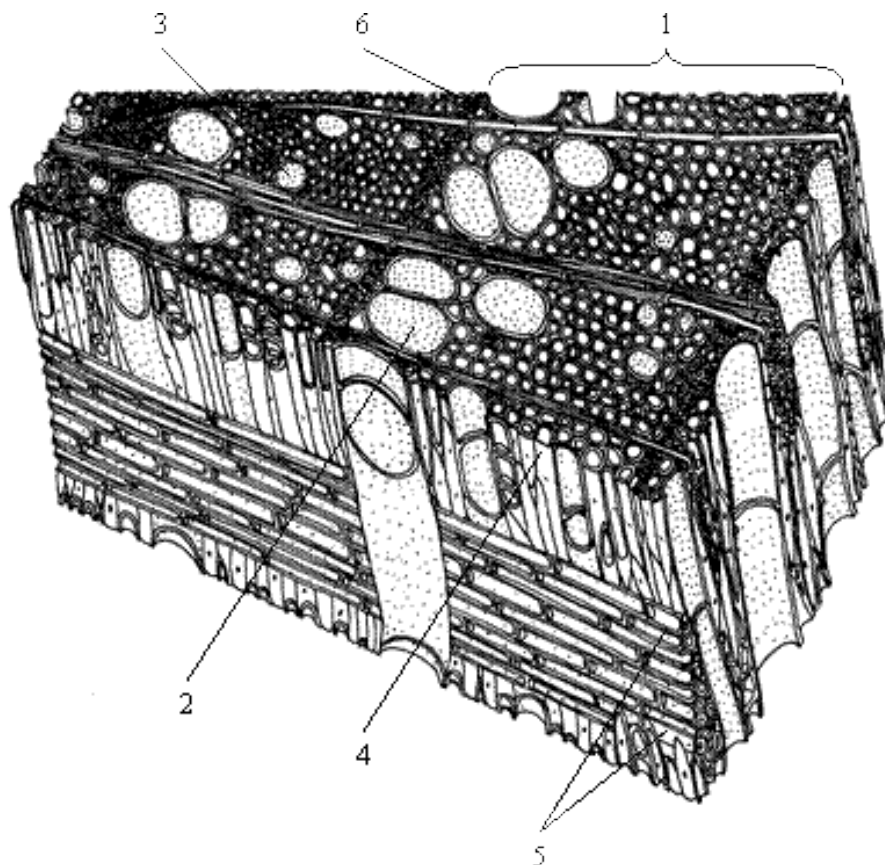


Obr. 10: Schématické znázornění různých typů ztenčenin: a – tečka, b – dvojtečka, c – poloviční dvojtečka, 1 – střední lamela a primární buněčná stěna, 2 – sekundární buněčná stěna, 3 – porus, 4 – torus, 5 – margo (Šlezingerová a Gandelová, 1994).

Poloviční dvojtečky se nacházejí na styku dřeňových paprsků s tracheidami. Jsou to charakteristické typy ztenčenin a existuje několik druhů: např. oknový, pinoidní, piceoidní, cupressoidní a taxodioidní (Šlezingerová a Gandelová, 1994).

4. 4. 2. Listnatá dřeva

Listnaté dřeviny (obr. 11) jsou tvořeny větším množstvím buněk. Jsou to cévy (tracheje), cévice (tracheidy), libriformní buňky (dřevní vlákna) a parenchymatické buňky.



Obr. 11: Prostorové znázornění anatomické stavby listnatého dřeva s kruhovitě pórovitým uspořádáním: 1 – letokruh, 2 – jarní céva, 3 – letní céva, 4 – libriformní vlákno, 5 – dřevový paprsek, 6 – podélný parenchym (Požgaj a kol., 1997)

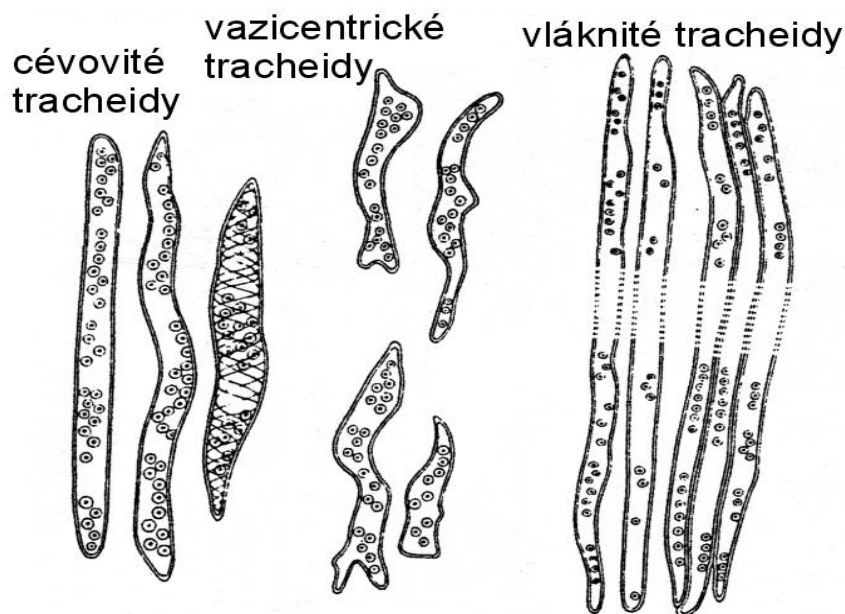
Tracheje (cévy) listnáčů

Cévy mají vodivou funkci a jsou uloženy ve směru podélné osy kmene. Skládají se s cévních článků, kdy jeden článek odpovídá jedné buňce. Tyto články jsou uloženy nad sebou. Jde o široké rourky, které vznikají z řady protáhlých buněk, jejichž příčné přepážky se rozpustí. V místech, kde nejsou příčné přehrádky přerušeny, cévy končí (Balabán, 1955). Zbytky těchto příčných přehrádek se nazývají perforace a mohou být buď jednoduché nebo složené. Pro cévy jsou typické dvůrkaté ztenčeniny (dvojtečky), které jsou nicméně jiného charakteru než u jehličnanů.

Tracheidy (cévice) listnáčů

Vyskytují se jen v některých typech listnatých dřevin a je zpravidla těžké je odlišit od libriformních vláken. Mohou se vyskytovat ve třech hlavních formách:

- tracheidy cévovité
- tracheidy vazicentrické
- tracheidy vláknité (obr. 12)



Obr. 12: Schématický záznam tracheid dřeva listnáčů (Grosser, 1977)

Cévovité tracheidy jsou uzavřené, protáhlé buňky, které mají četné dvojtečky na stěnách, u některých dřev pak i se spirálními ztlustěninami. Mají vodivou funkci a vyskytují se jen u některých listnáčů (např. buk, jilm, akát) a to zejména u těch, kde dochází k ucpávání cév thylami nebo jádrovými látkami. Jde o přechodné anatomické elementy mezi typickými tracheidami dřeva jehličnanů a cévami (trachejemi) listnáčů. **Vazicentrické tracheidy** jsou krátké a uzavřené buňky, které mají nepravidelný tvar a mají zaoblené konce. Vyskytují se v bezprostřední blízkosti cév, ojediněle pak v základním vláknitém pletivu. Jsou charakteristické tím, že na buněčných stěnách mají drobné okrouhlé dvojtečky. Jejich funkce je vodivá a jsou typické např. pro buk, dub nebo kaštanovník (Internet 4). **Vláknité tracheidy** jsou uzavřené a protáhlé zašpičatělé buňky, které mají malé okrouhlé dvojtečky na stěnách a tvarově se podobají

libriformním vláknům. Jejich funkce je hlavně mechanická a jsou typické pro celou řadu listnáčů, jako jsou např. dub, kaštanovník, buk a další. Tyto tracheidy představují přechodný typ anatomického elementu, které se nacházejí mezi tracheidami jehličnanů a libriformními vlákny listnáčů.

Libriformní vlákna

Mají mechanickou funkci a jde o zašpičatělé buňky, které mají malé štěrbinovité tečky na stěnách. V průměru tvoří 50–60 % dřevní hmoty. Libriformní vlákna však nejsou významným buněčným elementem při určování dřeva.

Parenchymatické buňky listnáčů

Mají vyšší zastoupení než v dřevě jehličnanů (8–35 % dřeva). Buňky mají tvar hranolovitý, krychlový nebo vřetenovitý. Typickými ztenčeními těchto buněk jsou jednoduché ztenčeniny (tečky). Ve dřevě listnáčů mají parenchymatické buňky funkci vodivou a zásobní. Parenchymatické buňky mohou být uloženy buď radiálně (dřeňové paprsky) nebo axiálně (podélný dřevní parenchym) (Balabán, 1955).

Dřeňové paprsky listnáčů – tvoří různě mohutné soubory parenchymatických buněk, které jsou orientované kolmo na osu kmene. Dřeňové paprsky jsou dvojího typu – homogenní a heterogenní. Homogenní dřeňové paprsky jsou tvořeny parenchymatickými buňkami, které mají stejný tvar. Oproti tomu heterogenní dřeňové paprsky parenchymatickými buňkami, které mají více tvarových typů (např. ležaté, stojaté, čtvercové).

Podélný dřevní parenchym listnáčů – tyto buňky mají na příčném řezu oválný tvar a jsou orientovány rovnoběžně s osou kmene. Podélný dřevní parenchym může být buď apotracheální nebo paratracheální. Buňky apotracheálního podélného parenchymu nemají kontakt s vodivými anatomickými elementy, kdežto buňky paratracheální se seskupují v blízkosti vodivých elementů.

5. Výsledky

5. 1 Systematické zařazení

Na základě zkoumání jednotlivých vzorků na řádkovacím elektronovém mikroskopu předpokládám následující systematické členění.

Cupressaceae Gray sensu Farjon 2005

***Taxodioxylon* Hartig**

1) *Taxodioxylon gypsaceum* (Goeppert) Kräusel (Příloha 4)

Materiál: Vzorky č. 1/2011, 4/2011, 5/2011, 6/2011.

Popis: Popis: Transverzální (příčný) řez – Jarní dřevo je značně stlačené. Tracheidy mají polygonální tvar. Axiální parenchym nebyl pozorován. Tangenciální řez – Výška dřeňových paprsků je střední, max. kolem 20, převážně však v intervalu 3–6, jsou jednovrstvé, intracelulární prostory jsou místy výrazné, ve většině případů však mohou chybět nebo nejsou pozorovány. Radiální řez - Největší dvojtečky mají průměr až 16 µm, jsou kruhově ohraničené, uspořádány po 1–3 v řadě převážně pravidelně a zpravidla těsně vedle sebe, místy se objevují krasuly. Tečky v křížových polích jsou jak cupressoidního tak taxodioidního typu, který převažuje. Často však dochází k tomu, že otvůrky úplně chybí. Jsou uspořádány hodně pravidelně po 1–3 v řadě vedle sebe. Tracheidy jsou poměrně úzké.

***Glyptostroboxylon* Conwentz emend. Dolezych a Van Der Burgh**

2) *Glyptostroboxylon rudolphii* Dolezych a Van der Burgh (Příloha 5)

Materiál: Vzorky č. 2/2011, 3/2011, 7/2011, 9/2011, 10/2011

Popis: Transverzální (příčný) řez – Letokruhy jsou zřetelně viditelné na vzorku 2/2011, postupný přechod mezi jarním a letním dřevem, šířka letokruhu je 550–597 µm, šířka je poměrně ustálena. Ve většině případech je však jarní dřevo stlačené. Stlačené

jarní dřevo není ještě u vzorku 9/2011. Tracheidy mají polygonální tvar. Axiální parenchym nebyl pozorován. Tangenciální řez – Výška dřevných paprsků je max. do 18 buněk, převážně v intervalu 3–6, jsou jednovrstvé, mají hladké a tenké stěny, výrazné intracelulární prostory. Radiální řez – Dvojtečky jsou kulatě ohraničené, vyskytují se převážně v těsné blízkosti vedle sebe, jejich rozměr je 7–14 μm . Tečky křížových polí jsou hlavně taxodiodní, jen ve výjimečných případech také cupressoidní. Často však dochází k tomu, že otvůrky vlivem fuzitizace zcela chybí. Jsou uspořádány hlavně nepravidelně po 1–3 v řadách, výjimečně tvoří i pravidelné řady.

Diskuze:

Čeď cypřišovitých je typickým bažinotvorným elementem, který tvořil rašelínovotvorný močál miocénní krajiny v oblasti mostecké pánve. Jejich přítomnost je tudíž značně očekávána při zkoumání mých vzorků. Kromě cypřišovitých přicházejí v úvahu i další jehličnany. Na základě zjištěných anatomických znaků však mohou další čeledi vyloučit. Čeď borovicovitých mohou vyloučit z důvodu, že jejich typické znaky v mých vzorcích chybí. Jako nejdůležitější bych uvedla to, že se nevyskytují heterocelulární dřevné paprsky tvořené parenchymatickými buňkami a ležatými tracheidami. Dalším rozdílem jsou stěny paprsků, které cypřišovité mají tenké a hladké (jako v mém případě) oproti ztloustlým a silně tečkovaným u většiny borovicovitých a také chybí horizontální či vertikální pryskyřičné kanálky. Absence spirál a oknového typu teček nám pak vylučuje přítomnost čeledí Sciadopityaceae, Taxaceae a Cephalotaxaceae.

Pro systematické zařazení anatomických popisů musíme brát v úvahu následující 3 hlavní vlivy, které celkové určení značně ovlivňují. Jsou to:

a) Vlastní proces fuzitizace – dřevo, které prošlo fuzitizací se jeví jako dobře zachovalé, ale ne vždy tomu tak je (Thinon, 1994). Při procesech fuzitizace dochází k fyzikálně-chemickým a hlavně také anatomickým změnám. Dochází k homogenizaci buněčné stěny (Scott a Jones, 1991), vytvářejí se diagonální prasklinky přes dvojtečky na tracheidách (Jones, 1993) nebo dochází k rozšíření dřevných paprsků (Harris, 1958). Z toho vyplývá, že systematická identifikace fuzitizovaných dřev není snadná, jelikož hlavní diagnostické znaky jako je tvar a velikost polovičních teček (teček v

křížových polích) jsou změněny, jako např., že otvůrky teček jsou ve fuzitizovaném dřevě širší a mnohem kulatější, než ve dřevě čerstvém (Gerards et al., 2007).

b) Vedle běžné vnitrodruhové variability je u dřev významná variabilita individuální, tj. zda se jedná o kořen, pařez, kmen či větev (Falcon-Lang, 2005). To ovlivňuje systematické určení tak, že v různých částech je odlišné vnitřní uspořádání jednotlivých anatomických znaků, jako je distribuce dvojteček na tracheidách, četnost teček v křížových polích, velikost paprsků, jejich rozmezí, průměr tracheid nebo šířka letokruhů. Příkladem může být rozdíl mezi strukturou kořenové a kmenové částí. Rozdíl spočívá např. ve velikosti paprsků nebo v tom, že parenchymatickými buňkami kořene jsou na příčném řezu vyšší, na tangenciálním širší a na radiálním kratší než u kmene. Kořen má zároveň i mnohem více teček křížových polí. Rozdíly jsou pak v jejich typu nebo šířce (Denne a Turner, 2009).

c) Rozdíly v rámci jarního a letního dřeva. V rámci těchto dřev je rozdílná šířka tracheid, což ovlivňuje hlavně dvojtečky a tečky křížových polích - jejich velikost, četnost. Tečky v křížových polích jarního dřeva jsou větší či víceřadé, oproti tomu ve dřevě letním jsou mnohem užší, převážně po jedné v řadě (Gromyko, 1982, 1990).

Na základě anatomických znaků jsem mnou zkoumané vzorky tedy zařadila do čeledi cypřišovitých (Cupressaceae s. l.), konkrétněji pak do dvou druhů – prvním je *Glyptostroboxylon rudolphii* Dolezych a Van der Burgh, kam náleží vzorky č. 2/2011, 3/2011, 7/2011, 9/2011 a 10/2011 a druhým je *Taxodioxylon gypsaceum* (Goeppert) Kräusel, kam jsem zařadila vzorky č. 1/2011, 4/2011, 5/2011 a 6/2011.

Glyptostroboxylon rudolphii Dolezych a Van der Burgh se všeobecně vyznačuje zřetelnými letokruhy, tracheidy mají v průřezu polygonální (mnohoúhelníkový) tvar, na radiálních stěnách tracheid se vyskytují dvojtečky v 1–3 vertikálních řadách, vyskytují se krasuly, dřevné paprsky jsou homocelulární, jednořadé až 20 buněk vysoké, jsou vidět výrazné intracelulární prostory, stěny dřevných paprsků jsou tenké a hladké, tečky křížových polí jsou hlavně glyptostroboidního, ale také taxodiodního nebo cupressoidního typu, vyskytují se převážně v párech a jsou uspořádány nepravidelně, chybí pryskyřičné kanálky (Dolezych a Van der Burgh, 2004). Toto dřevo by odpovídalo rostlině typu *Glyptostrobos europaeus* (Teodoridis a Sakala, 2008).

Taxodioxylon gypsaceum (Goeppert) Kräusel se všeobecně vyznačuje zřetelnými letokruhy, jarní dřevo pozvolna přechází do letního, tracheidy mají v průřezu

polygonální tvar, na radiálních stěnách tracheid se vyskytují dvojtečky po 2–3 vedle sebe, jsou uspořádány převážně pravidelně, lze kolem nich pozorovat krasuly, dřevné paprsky jsou homocelulární, jednořadé, mají tenké a hladké stěny, tečky křížových polí jsou hlavně taxodiodního typu, jsou obvykle spárované, chybí pryskyřičné kanálky (Teodoridis a Sakala, 2008). Toto dřevo by odpovídalo rostlině typu *Quasisequoia couttsiae* (Teodoridis a Sakala, 2008).

Z výše uvedených znaků však nebyly všechny samotným procesem fuzitizace u některých vzorků zachovány – hlavně pak tečky křížových polí, které jsou jedním z nejdůležitějších určovacích znaků při systematickém zařazování.

Rozdělením do těchto dvou skupin jsem postupovala na základě zjištěných hlavních znaků, za které považuji typ (taxodiodní, cupressoidní) a uspořádání teček v křížových polích, tj. jestli jsou uspořádány v pravidelných nebo nepravidelných horizontálních řadách, po kolika, zda jsou výrazné, popř. nevýrazné intracelulární prostory, uspořádání dvojteček na tracheidách, jejich počet a dle výšky dřevných paprsků. Tento znak však nepovažuji za tolik podstatný. Po zhodnocení jsem dospěla k výše zmíněným dvěma skupinám.

Jehličnaté dřevo je velmi časté z období spodního miocénu v mostecké pánvi. Ortmann (1922) popsal druh *Cupressinoxylon krasseri* z Duchcova, který fakticky odpovídá druhu *Taxodioxylon gypsaceum*. Rod *Taxodioxylon* je také zaznamenán Březinovou (1964) z dolu Vrbenský a Selmeierem (2001) z Bíliny a dolu Libouš z Pruněrova. Nakonec Hurník-Luft (1960) identifikoval jehličnaté dřevo z Braňan jako *Pinus* sp., ale s ohledem na špatné zachování a nedostatečný popis zůstává zařazení k Pinaceae problematické. Teodoridis a Sakala (2008) identifikovali z mostecké pánve pouze dřeva čeledi Cupressaceae s. l., tj. včetně tisovcovitých bez rodu *Sciadopitys*.

5. 2. Tafonomické zhodnocení

Vzorky fosilního dřevného uhlí pocházejí ze střední lávky hlavní uhelné sloje lomu Bílina. Odebírané vzorky byly velikostí maximálně do 20 cm. Vyskytují se hlavně v polohách uhelné sloje se sníženým obsahem popela obvykle mezi 5–9 % a sirnatostí do 1 % (Mach, 2002). Uvedené hodnoty svědčí o vzniku této části uhelné sloje v rašelinšti s výrazně omezeným přínosem jílové suspenze. K ukládání jílu v rašelinšti dochází zejména v době jeho dočasného zaplavení, kdy se jílová suspenze může volně

šířit vodním sloupcem a ukládat se v rašeliništi. Naopak v období, kdy vodní hladina leží při povrchu rašeliniště je jílová suspenze zachycena převážně v okrajových částech rašeliniště. Fosilní dřevěné uhlí vytváří v této části uhelné sloje tenké horizonty či čočky o mocnosti od několika mm do několika cm. Tyto horizonty se táhnou nesouvisle na delší vzdálenosti uhelnou slují. Většina z nich patrně vznikala *in situ*, což se dá doložit např. tím, že nejsou ve směsi s jílovým materiálem a nevyskytuje se v nich žádná jiná popelovina.

Úlomky dřevěného uhlí se však mohou koncentrovat také v jílových polohách ve sloji (v proplátcích). Fuzit je velmi lehký a v době povodní mohou být uhlíky transportovány i na vzdálenější místa. Plavou po vodní hladině a uloží se jinde, než vznikly (allochtonní původ). K jejich ukládání pak mohlo dojít právě v jílových polohách sloje v době přerušení uhelné sedimentace dočasnou záplavou. Jsou to taková místa v proplátcích, kde jsou fuzity naplaveny. Naplaveny byly v době, kdy došlo ke zvýšení vodní hladiny v močále. Zatímco jílová suspenze se uloží z vodního sloupce během několika hodin až dnů, dřevěné uhlí plave na hladině často měsíce, než nasákne vodou a klesne ke dnu. Dokladem takových událostí jsou klasy fuzitu, které pokrývají jednu vrstevní plochu a nikoliv prolínající celou mocností sedimentárního tělesa. To však není můj případ.

Samotné rašeliniště bylo v době požáru zřejmě v sušší fázi, kdy rašelina vyhořívala pravděpodobně nerovnoměrně a předpokládá se tedy, že fuzitové horizonty vznikaly požárem svrchní vrstvy rašeliny (Mach, ústní sdělení).

Rašeliniště bylo s největší pravděpodobností zásobováno hlavně vodou v podobě dešťových srážek (Mach, ústní sdělení). V rašeliništi byl nedostatek živin a docházelo k neustále recyklaci předchozí rostlinné hmoty. Z těchto důvodů se předpokládá, že se zde možná vyskytovala planární rašeliniště s menšími ostrůvky rašelinišť vrchovištního typu, které nebyly moc vysoké – zhruba do několika decimetrů (Mach, ústní sdělení), stromy byly jen málo vystouplé nad úroveň vodní hladiny a zřejmě tak byly následným objektem hoření. K tomu, že docházelo k požárům „vrchovišť“ a ne třeba slatinišť, které se na území sloje také vyskytovaly, lze předpokládat z následujícího. Kdyby docházelo k požárům ve slatiništích, nevznikaly by takové horizonty fuzitů, jaké vznikly, ale zřejmě by vzniklo něco, co by bylo převážně jemné a spíše rozptýlené. V takovém případě by se požár pohyboval nad zemí a dle typu vegetace by se požár mohl šířit buď

korunami stromů nebo by hořelo přímo keřové patro (Mach, ústní sdělení).

Z hlediska způsobu požáru, mohlo dojít k požáru buď samotné rostlinné vegetace (jejich kořenů, kmenů, listů, větví...) nebo přímo hořením rašeliny. Předpokládáme, že způsob hoření se může možná rozpoznat i ze způsobu zachování anatomické stavby fuzitů. Ty, které byly součástí rašeliny, byly částečně již deformované, což se projevilo následně při zkoumání pod elektronovým mikroskopem tím, že jarní dřevo bylo stlačené. To můžeme vidět u většiny vzorků (vyjma vzorku 2/2011 a 9/2011, kde je jarní dřevo vidět nestlačené). Z anatomického hlediska můžeme také předpokládat, že některé mnou zkoumané vzorky byly před shořením „vysušené“ (viz. Gerards et al., 2007), jelikož tečky křížových polí jsou pokryty tenkou stěnou, pravděpodobně primární buněčnou stěnou paprsku a viditelný je pak jen jejich obrys, což můžeme dobře pozorovat např. u vzorku č. 1/2011, 3/2011, 4/2011, 5/2011 6/2011, 7/2011. Z tohoto lze konstatovat, že konkrétně tyto vzorky byly s velkou pravděpodobností výsledkem prohořívání již vyschlé rašeliny či vyschlé rostlinné vegetace. Zřejmě tedy docházelo ke kombinaci povrchových a podzemních požárů, při kterých hořela hlavně rašelina nebo vyschlé kmeny, pařezy, větve nebo listy.

Dalším případem je pak zkoumaný vzorek č. 10/2011, který je na povrchu ohořelý a uvnitř gelifikovaný. Jedná se o kmen, který je ohořelý z jedné strany, takže možná ležel v rašeliništi, které ale hořelo jen na povrchu. Tento vzorek měl také stlačené jarní dřevo.

6. Závěr

Hlavním cílem mé diplomové práce bylo přinést systematickou studii mikroskopických vzorků fosilního dřevěného uhlí (fuzitu) ze střední lávky hlavní hnědouhelné sloje lomu Bílina a jejich tafonomické zhodnocení.

Na základě anatomického studia fosilního dřevěného uhlí jsem došla k následujícím závěrům. Mnou zkoumané vzorky náleží čeledi Cupressaceae s.l., konkrétněji jsem je pak zařadila do dvou druhů – tj. *Taxodioxylon gypsaceum* (Goeppert) Kräusel a *Glyptostroboxylon rudolphii* Dolezych a Van der Burgh. Do těchto dvou skupin jsem je zařadila na základě zjištěných hlavních znaků, za které považuji typ (taxodioidní, cupressoidní) a uspořádání teček v křížových polích, tj. jestli jsou uspořádány v pravidelných nebo nepravidelných horizontálních řadách, po kolika, zda jsou výrazné, popř. nevýrazné intracelulární prostory, uspořádání dvojteček na tracheidách, jejich počet a konečně dle výšky dřeňových paprsků. Anatomický popis a jeho následné systematické zařazení je však ovlivněno dalšími kritérii, které samotné zařazení stěžují. Při vlastním procesu fuzitizace dochází k homogenizaci buněčné stěny, dochází k vytváření diagonálních prasklinek přes dvojtečky na tracheidách nebo dochází k rozšíření dřeňových paprsků. Ovlivněny jsou pak hlavně také tečky křížových polí, které mění svůj tvar, typ a často u nich dochází k tomu, že otvůrek zcela „vymizí“, tj. je nepřítomný. Dalším kritériem, které ovlivňuje anatomickou stavbu je vnitrodruhová a individuální variabilita. To znamená, že v různých částech je odlišné vnitřní uspořádání jednotlivých anatomických znaků, jako je distribuce dvojteček na tracheidách, četnost teček v křížových polích, velikost paprsků, průměr tracheid nebo šířka letokruhů. Příkladem může být pak rozdíl mezi strukturou kořenové a kmenové části. Posledním důležitým kritériem jsou rozdíly v rámci jarního a letního dřeva, kde dochází k rozdílu v šířce tracheid, což následně ovlivňuje hlavně tečky křížových polí - jejich velikost, četnost.

Odebrané vzorky fuzitů se vyskytují v polohách uhelné sloje se sníženým obsahem popela obvykle mezi 5–9 % a sirnatostí do 1 %. Tyto hodnoty svědčí o vzniku této části uhelné sloje v rašeliništi s výrazně omezeným přínosem jílové suspenze. Fosilní dřevěné uhlí vytváří v této části uhelné sloje tenké horizonty či čočky o

mocnosti od několika mm do několika cm, vzniklých s největší pravděpodobností *in situ*. To se dá doložit i tím, že nejsou ve směsi s jílovým materiálem a nevyskytuje se v nich žádná jiná popelovina. Většina z nich vznikla pravděpodobně požárem svrchní vrstvy rašeliny nebo požárem již vyschlé rostlinné vegetace. To můžeme usoudit např. ze způsobu zachování. Vznikaly zřejmě v době, kdy bylo rašeliniště v sušší fázi. Rašeliniště byla zásobována hlavně vodou v podobě dešťových srážek. Šlo pravděpodobně o planární rašeliniště s menšími ostrůvky rašelinišť vrchovištního typu. Stromy v nich byly jen málo vystouplé nad úroveň vodní hladiny a zřejmě byly následným objektem hoření.

7. Seznam literatury

- Balabán, K., 1955. *Anatomie dřeva*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 216 s.
- Beaumont, E., 1985. Industrial Charcoal Making. *FAO Forestry* 63, 1–139.
- Bird, M. I., Moyo, C., Veenendaal, E. M., Lloyd, J., Frost, P., 1999. Stability of elemental carbon in a savanna soil. *Global Geochemical Cycles* 13, 923–932.
- Březinová, D., 1964. Zkaměnělé dřevo z dolu Vrbenský – *Geologický výzkum v SHR (1964)*, 37–39.
- Davis, K. P., 1959. *Forest Fire-Control and Use*. McGraw-Hill, New York, 584 s.
- Denne, P. a Turner, S., 2009. Ray structure differences between rootwood and stemwood in a range of softwood species, *IAWA Journal* 30, 71–80.
- Dolezych, M. A Van der Burgh, 2004. Xylotomische Untersuchungen an inkohlten Hölzern aus dem Braunkohlentagebau Berzdorf (Oberlausitz, Deutschland). *Feddes Repertorium* 115, 397–437.
- Domáci, L., 1977. Litostratigrafie třetihorních sedimentů v hnědouhelné severočeské pánvi. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica* 1975, 75–80.
- Dopita, M., Havlena, V., Pešek, J., 1985. *Ložiska fosilních paliv*. Nakladatelství technické literatury, Praha, 264 s.
- Edwards, D., Axe, L. 2004. Anatomical evidence in the detection of the earliest wildfires, *PALAIOS* 19, 113–128.
- Elznic, A., Čadková, Z., Dušek, P., 1998. Paleogeografie terciérních sedimentů severočeské pánve. *Hnědé uhlí – technicko ekonomický zpravodaj SHD Most* 3, 98–108.
- Falcon-Lang, H. J., 2005. Intra-tree variability in wood anatomy and its implications for fossil wood systematics and palaeoclimatic studies, *Paleontology* 48, 17–183.
- Farjon, A. 2005. *A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys*, Kew, Royal Botanic Gardens, 648 s.
- Gerards, T., Damblon, F., Wauthoz, B., Gerrienne, P., 2007. Comparison of cross-field pitting in fresh, dried and charcoalified softwood. *IAWA Journal* 28, 49–60.
- Glasspool, I. J., 2000. A major fire event recorded in the mesofossils and petrology of the Late Permian, Lower Whybrow coal seam, Sydney Basin, Australia. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 164, 357–380.

- Glasspool, I. J., Edwards, D., Axe, L., 2004. Charcoal in the Silurian as evidence for the earliest wildfire. *Geology* 32, 381–383.
- Glasspool, I. J., Edwards, D., Axe, L., 2006. Charcoal in the Early Devonian: a wildfire-derived Konservat-Lagerstätte. *Review of Palaeobotany and Palynology* 142, 131–136.
- Griffin, J. J., Goldberg, E. D., 1979. Morphologies and origin of elemental carbon in the environment. *Science* 206, 563–565.
- Gromyko, D. V. (1982): A comparative-anatomical study of wood in the family Taxodiaceae. *Botaniceskij Zhurnal* 67, 898–906. (In Russian).
- Gromyko, D. V., 1990. Comparative-anatomical study of pits on the crossfields of wood of the Taxodiaceae family using scanning electron microscopy. *Botaniceskij Zhurnal* 75, 973–978.
- Grosser, D., 1977. *Die Hölzer Mitteleuropas*, Springer, Berlin, 208 s.
- Harris, T. M., 1958. Forest fire in the Mesozoic. *Journal Ecology* 46, 447–453.
- Harrington, S., 2005. Measuring Forest Fuels. An Overview of Methodologies, Implications for Fuels Management, *Forest Guild Research* 19.
- Havlena, V., 1963. *Geologie uhelných ložisek I.*, Nakladatelství Československé Akademie věd, Praha, 342 s.
- Herring, J. R., 1985. Charcoal fluxes into sediments of the North Pacific Ocean: the Cenozoic record of burning. In: The carbon cycle and atmospheric CO₂: natural variations Archean to Present. *Geophysical Monographs* 32, 419–442.
- Hurník, S., 2001. Zavátá minulost Mostecká. *Sborník Okresního muzea v Mostě. Řada přírodní* 23, 1–139.
- Hurník, S., Marek, D., 1962. Ke stratigrafii severočeského terciéru na východ od Doubovských hor. *Časopis pro mineralogii a geologii* 7, 35–41.
- Hurník-Luft, S., 1960. Nález prokřemenělých třetihorních dřev na Mostecku. *Časopis pro Mineralogii a Geologii* 5, 341–342.
- Jasper, A., Uhl, D., Guerra-Sommer, M., Mosbrugger, V. L., 2008. Palaeobotanical evidence of wildfires in the Late Palaeozoic of South America – Early Permian, Rio Bonito Formation, Parana Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 26, 435–444.

- Jones, T. P., 1993. New morphological and chemical evidence for a wildfire origin for fuscain from comparison with modern charcoal. *Special Papers Palaeontology* 49, 113–123.
- Kavina, K., 1932. *Anatomie dřeva*. Ministerstvo zemědělství republiky Československé, Praha, 296 s.
- Kopecký, L., 1978. Neoidic taphrogenic evolution and young alkaline volcanism of the Bohemian Massif. *Sborník geologických věd, Geologie* 31, 91–107.
- Kvaček, Z., Böhme, M., Dvořák, Z., Konzalová, M., Mach, K., Prokop, J., Rajchl, M., 2004. Early Miocene freshwater and swamp ecosystems of the Most Basin (north Bohemia) with particular reference to the Bílina Mine section. *Journal of the Czech Geological Society* 49, 1–40.
- Kvaček, Z., Bůžek, Č., 1982. *Třetihorní rostlinná společenstva severočeské hnědouhelné pánve ve vztahu k litofaciálnímu vývoji*. Výzkumná zpráva, Ústav geologie a geotechniky ČSAV, Ústřední ústav geologický, Praha, 46 s.
- Kvaček, Z., Bůžek, Č., 1995. Endocarps and foliage of the flowering plant family leacinaeae from the Tertiary of Europe. *Tertiary Research* 15, 121–138.
- Kvaček, Z., Dvořák, Z., Mach, K. a Sakala, J., 2004. *Třetihorní rostliny severočeské hnědouhelné pánve*. Granit, Praha, 158 s.
- Kvaček, Z., Teodoridis, V., 2007. Tertiary macrofloras of the Bohemian Massif: a review with correlations within Boreal and Central Europe. *Bulletin of Geosciences* 82, 383–408.
- Lhotský, S., 1962. *Cytologie a anatomie rostlin*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 168 s.
- Luxová, M., 1965. *Zemědělská botanika I: Anatomie a morfologie rostlin*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 303 s.
- MacDonald, G. M., Larsen, C. P. S., Szeicz, J. M., Moser, K. A., 1991. The reconstruction of Boreal forest fire history from lake sediments: a comparison of charcoal, pollen, sedimentological and geochemical indices. *Quaternary Research Reviews* 10, 53–71.
- Mach, K., 1993. Intraformační brekcie na VMG v Bílině. *Zpravodaj SHD* 3/93, 11–16
- Mach, K., 1993. Korelace vrstev hlavní uhelné sloje mezi lomy Bílina, Kopisty a VČSA. *Zpravodaj SHD* 4/93, 31–40.

- Mach, K., 2002: *Anomální stavba hlavní hnědouhelné sloje v prostoru miocénní bilinské delty a její geneze*. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha, doktorská práce, 85 s.
- Malkovský, M., Brunerová, Z., Bůžek, Č., Čadek, J., Čadková, Z., Čech, F., Čuta, J., Domáci, L., Elznic, A., Fejfar, O., Gabriel, M., Gabrielová, N., Hercogová, J., Hokr, Z., Kačura, G., Kodymová, A., Kopecký, L., Králík, F., Kurendová, J., Líbalová, J., Malecha, A., Manová, M., Mašín, J., Plzák, V., Rákosová, M., Řeháková, Z., Schovánek, P., Schovánková, D., Šalanský, K., Šebesta, J., Šmejkal, V., Šrámek, J., Štemprok, M., Tásler, R., Tyráček, J., Urban, J., 1985. *Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí*. Oblastní regionální geologie ČSR, Ústřední ústav geologický, Praha, 424 s.
- Nichols, G. J., Cripps, J., Collinson, M. E., Scott, A. C., 2000. Experiments in waterlogging and sedimentology of charcoal: results and implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164, 43–56.
- Nichols, G., Jones, T., 1992. Fusain in Carboniferous shallow marine sediments, Donegal, Ireland: the sedimentological effects of wildfire. *Sedimentology* 39, 487–502.
- Novotný, T., 2011. *Vznik a rozšíření proplásků v hlavní hnědouhelné sloji mostecké pánve*. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, bakalářská práce, Praha, 39 s.
- Ortmann, K. (1922): Beitrag zur Kenntnis der tertiären Braunkohlenhölzer Böhmens. *Lotos* 70, 141–181.
- Pešek, J., Adámek, J., Brzobohatý, R., Bubík, M., Cicha, I., Dašková, J., Doláková, N., Elznic, A., Fejfar, O., Franců, J., Hladilová, Š., Holcová, K., Honěk, J., Hoňková, K., Jurková, Z., Krásný, J., Krejčí, O., Kvaček, J., Kvaček, Z., Macůrek, V., Opluštěl, S., Mikuláš, R., Pálenský, P., Rojík, P., Skupien, P., Spudil, J., Sýkorová, I., Šikula, J., Švábenická, L., Teodoridis, V., Titl, F., Tomanová-Petrová, P., Ulrych, J., 2010. Terciární pánve a ložiska hnědého uhlí České republiky. Vydavatelství České geologické služby, Praha, 438 s.
- Peters, M. E., Higuera, P. E., 2007. Quantifying the source area of macroscopic charcoal with a particle dispersal model. *Quaternary Research* 67, 304–310.
- Petersen, H. I., 1998. Morphology, formation and palae-environmental implications of naturally formed char particles in coals and carbonaceous mudstones. *Fuel* 77,

1177–1183.

- Požgaj, A., Chovanec, D., Kurjatko, S., Babiak, M., 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Príroda, Bratislava, 485 s.
- Pyne, S. J., Andrews, P. L., Laven, R. D., 1996. *Introduction to Wildland Fire*. J. Wiley and Sons, New York, 769 s.
- Radoň, M., Kvaček, Z., Walther, H., 2006. Oligocene megafossil plant remains and environment from the newly recovered locality of the Holý Kluk hill near Proboštov (České středohoří Mountains, Czech Republic). *Acta Universitatis Carolinae, Geologica* 47, 95–124.
- Rajchl, M., Uličný, D., Grygar, R., Mach, K., 2009. Evolution of basin architecture in an incipient continental rift: the Cenozoic Most Basin, Eger Graben (Central Europe). *Basin Research* 21, 1–26.
- Rajchl, M., Uličný, D., Mach, K., 2008. Interplay between tectonics and compaction in a riftmargin, lacustrine delta systém: Miocene of the Eger Graben, Czech Republic. *Sedimentology* 55, 1419–1447.
- Scott, A. C., 2000. The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164, 281–329.
- Scott, A. C., 2010. Charcoal recognition, taphonomy and uses in palaeoenvironmental analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291, 11–39.
- Scott, A. C. a Jones, T. P., 1991. Microscopical observation of recent and fossil charcoal. *Microscopy and Analysis* 25, 13–15.
- Scott, A. C., Glasspool, I. J., 2005. Charcoal reflectance as a proxy for the emplacement temperature of pyroclastic flow deposits. *Geology* 33, 589–592.
- Scott, A. C., Glasspool, I. J., 2006. The diversification of Paleozoic fire systems and fluctuations in atmospheric oxygen concentration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103, 10861–10865.
- Scott, A. C., Glasspool, I. J., 2007. Observations and experiments on the origin and formation of inertinite group macerals. *International Journal of Coal Geology* 70, 53–66.
- Stolina, M., Hlaváč, P., Kodrík, J., Konopka, J., Novotný, J., 2001. *Ochrana lesa*. Vydavatelství technické univerzity ve Zvoleni, Zvolen, 255 s.

- Selmeier, A. (2001): Silicified Miocene woods from the North Bohemian Basin (Czech Republic) and from Kuzuluk, district Adapazari (Turkey). *Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie* 41, 111–144.
- Šlezingerová, J., Gandelová, L., 1994. *Stavba dřeva*. Mendelova univerzita, Brno, 125 s.
- Teodoridis, V., Kvaček, Z., 2006. Paleobotanical research of the Early Miocene deposits overlying the main coal seam (Libkovice and Lom Mbs.) in the Most Basin (Czech Republic). *Bulletin of Geosciences* 81, 93–113.
- Teodoridis, V., Sakala, J., 2008: Early Miocene conifer macrofossils from the Most Basin (Czech Republic). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen* 250, 287–312.
- Thinon, M., 1994. Un système rationnel d'identification des charbons de bois pour la pédoanthracologie et l'archéoanthracologie, *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence* 45, 105–164.
- Uličný, D., Rajchl, M., Mach, K., Dvořák, Z., 2000. Sedimentation and Synsedimentary Deformation in Riftmargin, Lacustrine Delta system: the Bílina Delta (Miocene), Most Basin. *Geolines* 10, 84–95.
- Votrubová, O., 1997. *Anatomie rostlin*. Karolinum, nakladatelství Univerzity Karlovy, Praha, 89 s.

Internetové zdroje:

Internet 1: <http://www.sdas.cz/showdoc.do?docid=504>, 20. 3. 2012.

Internet 2:

http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/obrazky/organologie/primarni_stonek_velky.gif, 18. 2. 2012.

Internet 3:

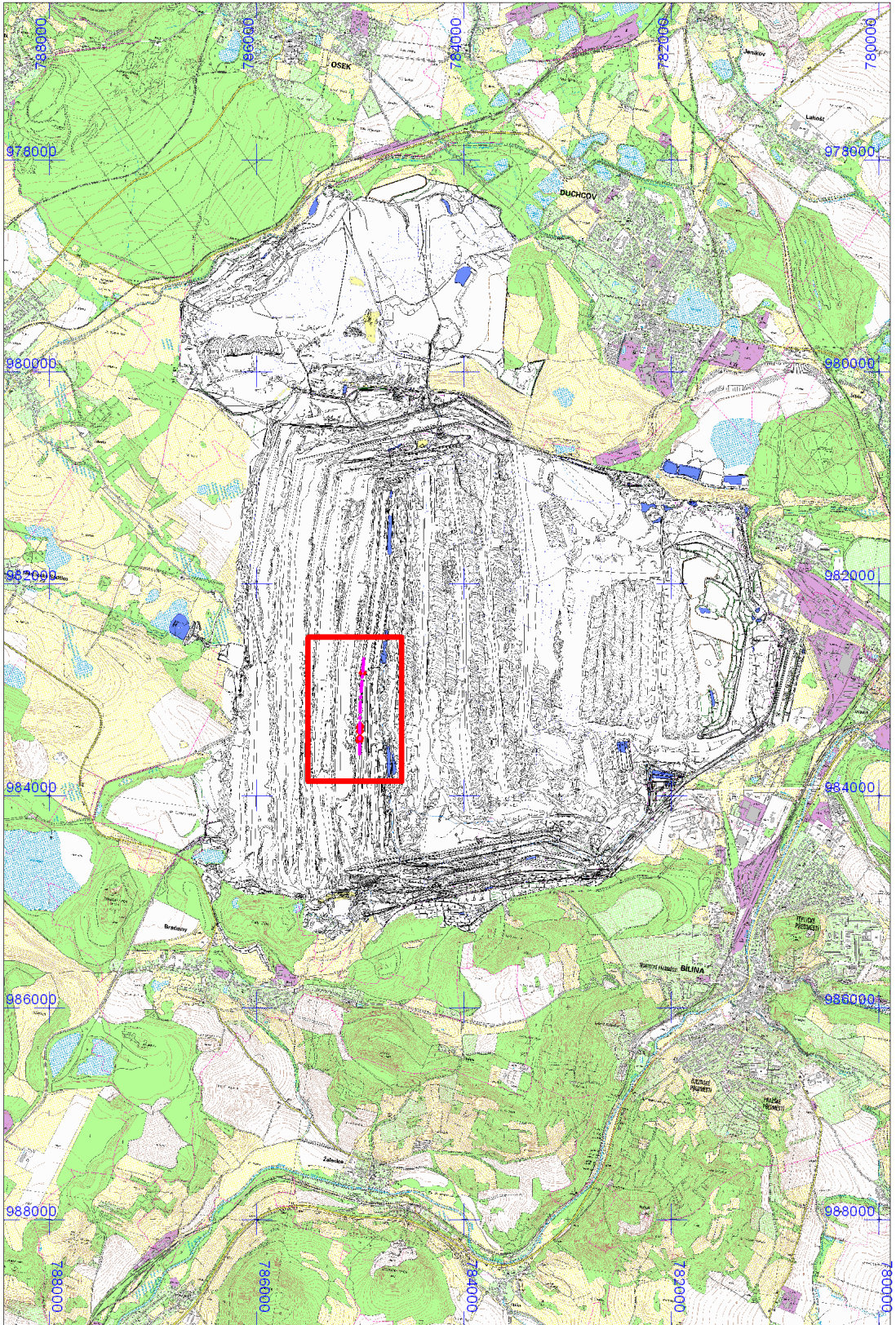
http://web2.mendelu.cz/af_211_multitext/obecna_botanika/obrazky/organologie/sekundarni_stonek_velky.gif, 10. 2. 2012.

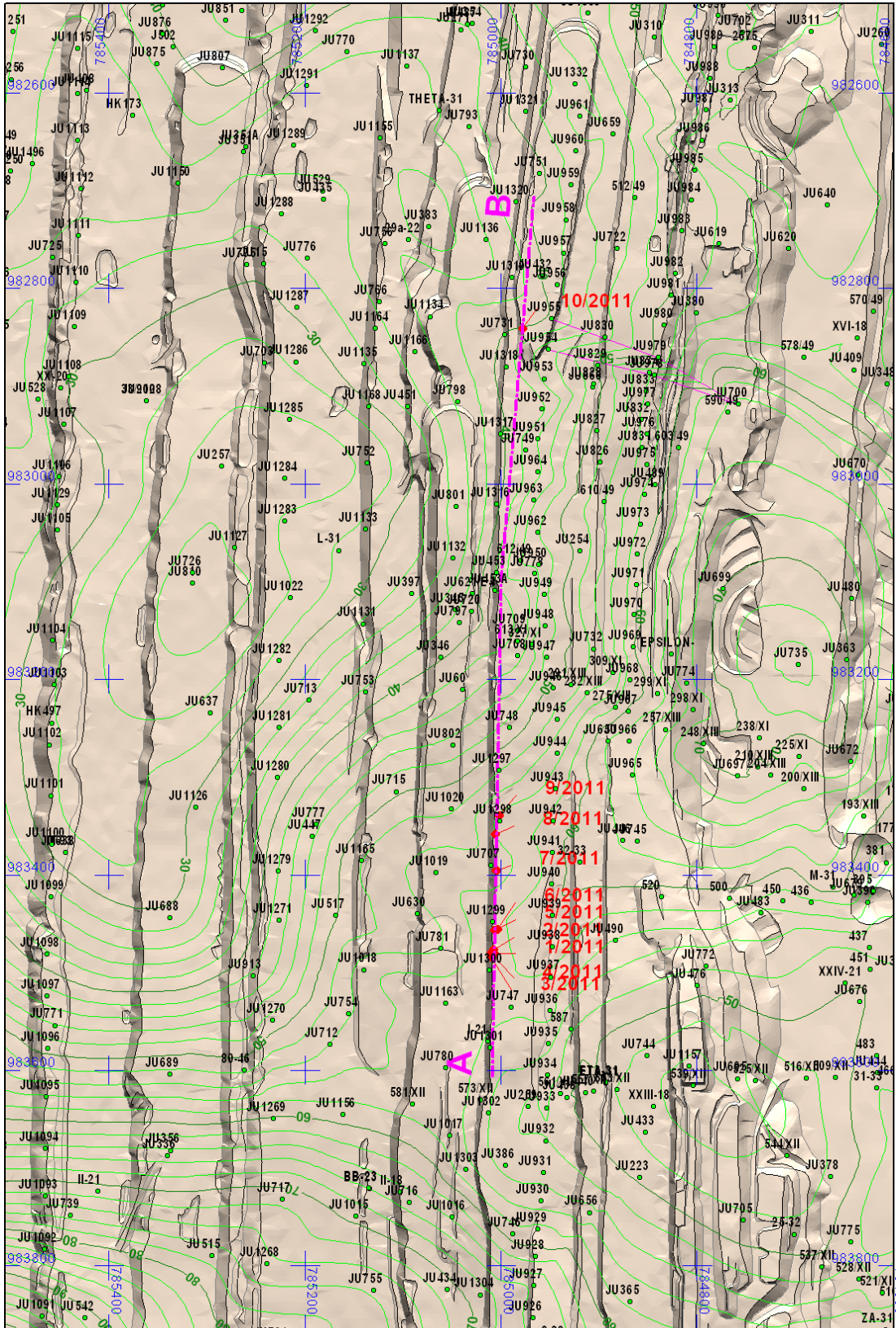
Internet 4: <http://dreviny.kbx.cz/?sekce=teorie>, 13. 3. 2012.

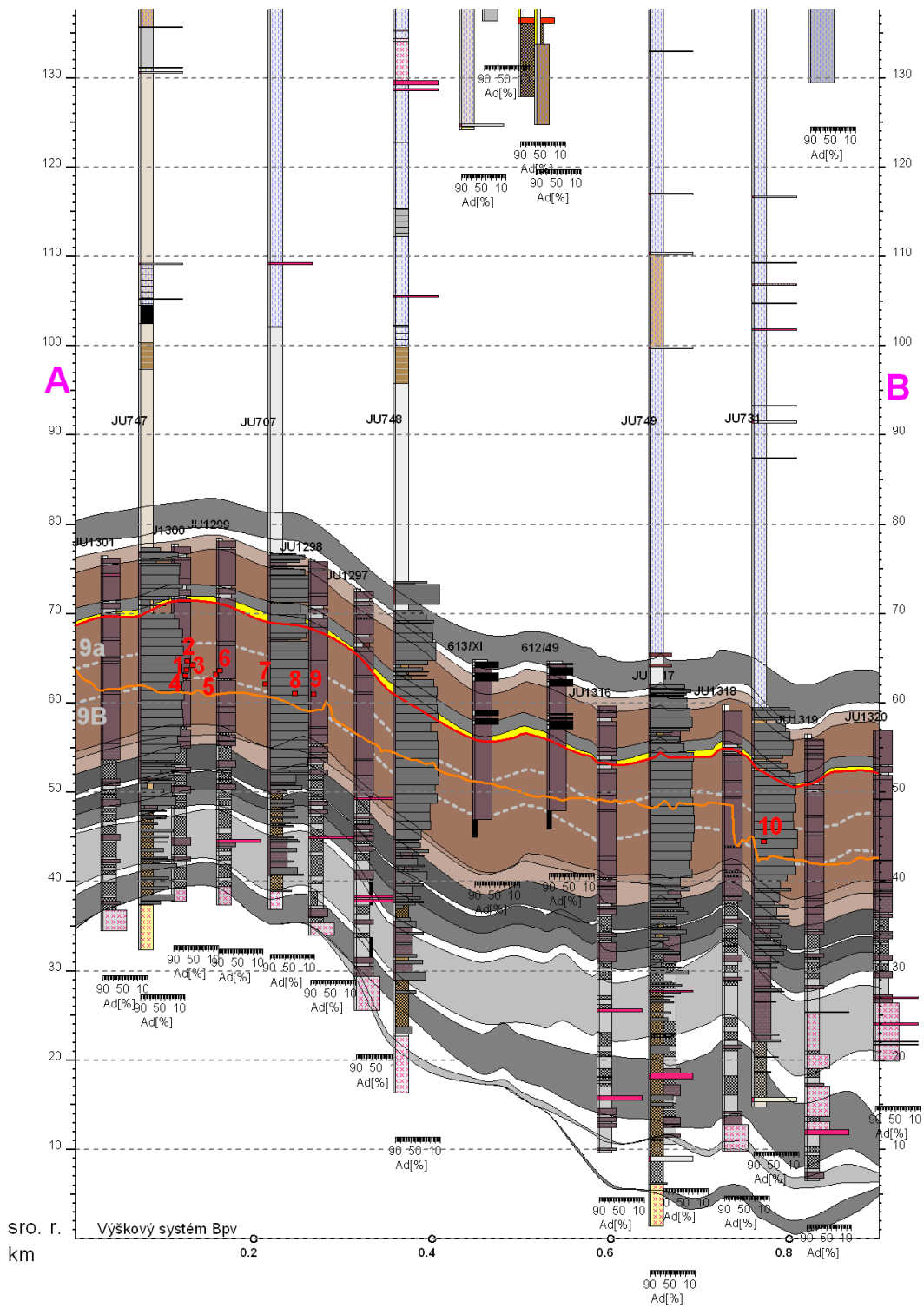
8. Fotografické přílohy

Příloha 1 – Mapy lomu Bílina

- 1** – Mapa lomu Bílina s lokalizací výřezu horizontu 9A a 9B, stav k 29. 4. 2011, 1 : 50 000 (vytvořil Ing. Karel Mach, Ph.D., z SD, a. s., Doly Bílina, 2012)
- 2** – Mapa lokalizace vzorků na lomu Bílina, stav k 29. 4. 2011, 1 : 5 000 (vytvořil Ing. Karel Mach, Ph.D., z SD, a. s., Doly Bílina, 2012)
- 3** – Geologický profil (vytvořil Ing. Karel Mach, Ph.D., z SD, a. s., Doly Bílina, 2012)
- 4** – Tabulka lokalizace vzorků







Vysvětlivky profilů vrtů

Graf hloubka - popel



Geologický profil (NAZ1)



Tabulka přívlastků:



Číslo vzorku	Lokalizace	Souřadnice(system S – JTSK)		
		y [m]	x [m]	z [m]
1/2011	2,5 m pod horizontem 9A	785006.50	983480.34	65.16
2/2011	1,5 m pod horizontem 9A	785007.06	983476.40	60.52
3/2011	1,7 m pod horizontem 9A	785009.98	983483.32	60.80
4/2011	40 cm nad 9B	785010.09	983479.34	61.68
5/2011	40 cm nad 9B	785006.82	983456.52	65.40
6/2011	1 m nad 9B	785003.63	983455.81	70.29
7/2011	1 m nad 9B	785004.47	983395.10	64.98
8/2011	1 m nad 9B	785005.96	983358.23	61.54
9/2011	2 m pod 9A	785001.83	983339.38	66.77
10/2011	2 m pod 9A	784977.90	982840.80	46.67

Příloha 2 – Foto lomu Bílina

1, 2 – Pohled na lom Bílina z Ministerské vyhlídky v Braňanech

3 – Pařezový horizont

4 – Třetinový proplástek

5, 6 – Fuzit v rámci střední lávky hlavní hnědouhelné sloje lomu Bílina, foceno při odběru vzorků

foto K. Fischlová



1



2



3



4



5



6

Příloha 3 – Makroskopické fotky odebraných vzorků

1 – Vzorek č. 9/2011

2 – Vzorek č. 6/2011

Foto K. Fischlová



1



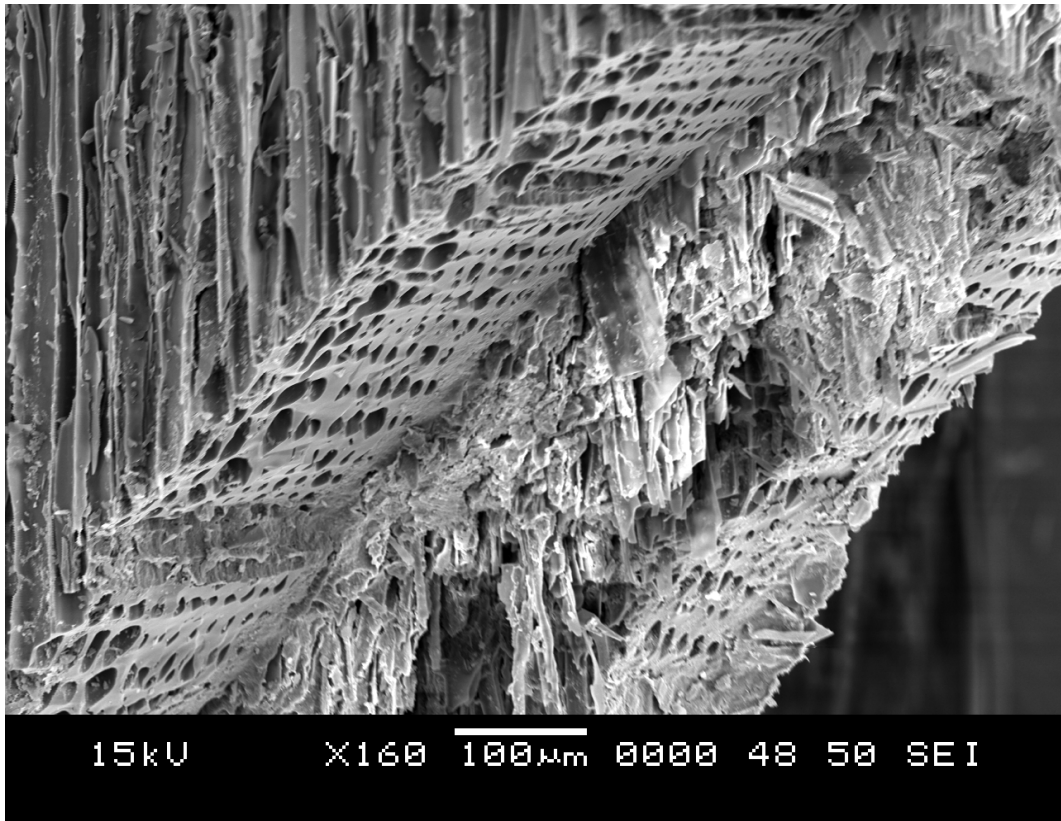
2

Příloha 4

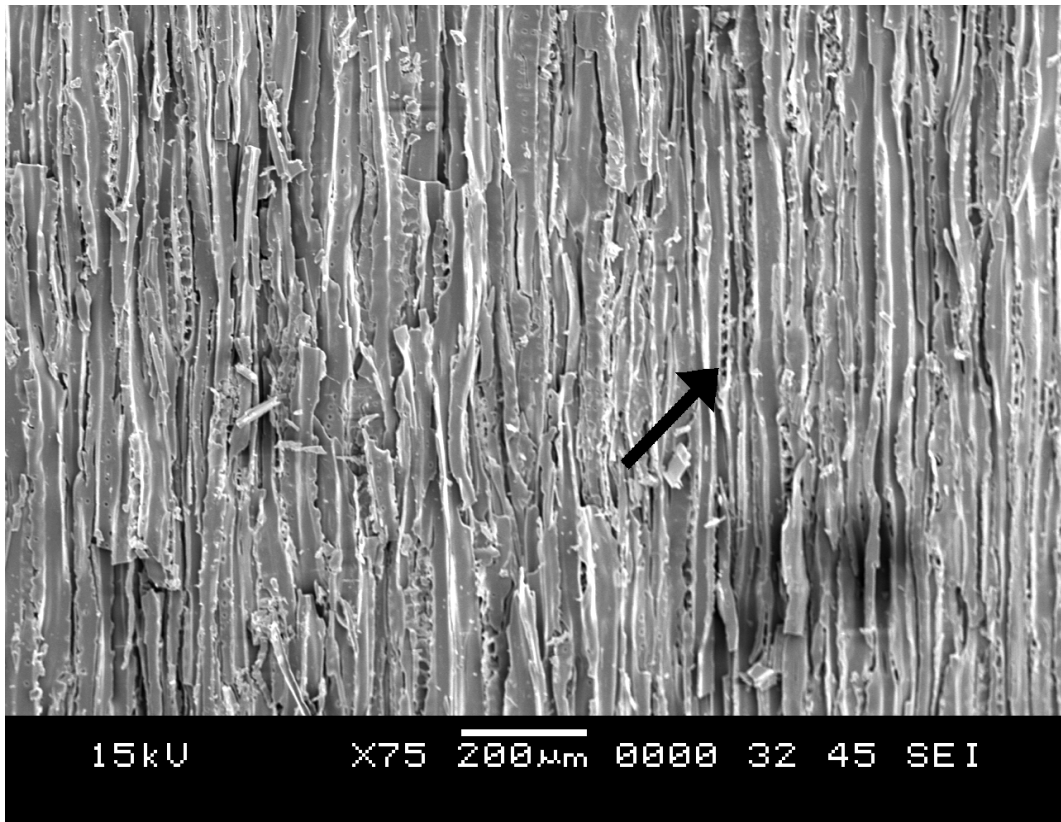
***Taxodioxyton gypsaceum* (Goepfert) Kräusel**

- 1** – TR (transverzální řez), vzorek č. 4/2011, stlačené jarní dřevo
- 2** – TG (tangenciální řez), vzorek č. 1/2011, jednovrstvé dřeňové paprsky (šipka)
- 3** – RD (radiální řez), vzorek č. 6/2011, uspořádání teček křížových polí v pravidelných horizontálních řadách
- 4** – RD, vzorek č. 6/2011, detail předchozího
- 5** – RD, vzorek č. 1/2011, cupressoidní typ tečky v křížovém poli u velmi úzkých tracheid
- 6** – RD, vzorek č. 1/2011, kruhově ohraničené dvojtečky na tracheidě, v řadě po 2 těsně vedle sebe (šipka) s patrnými krasulami

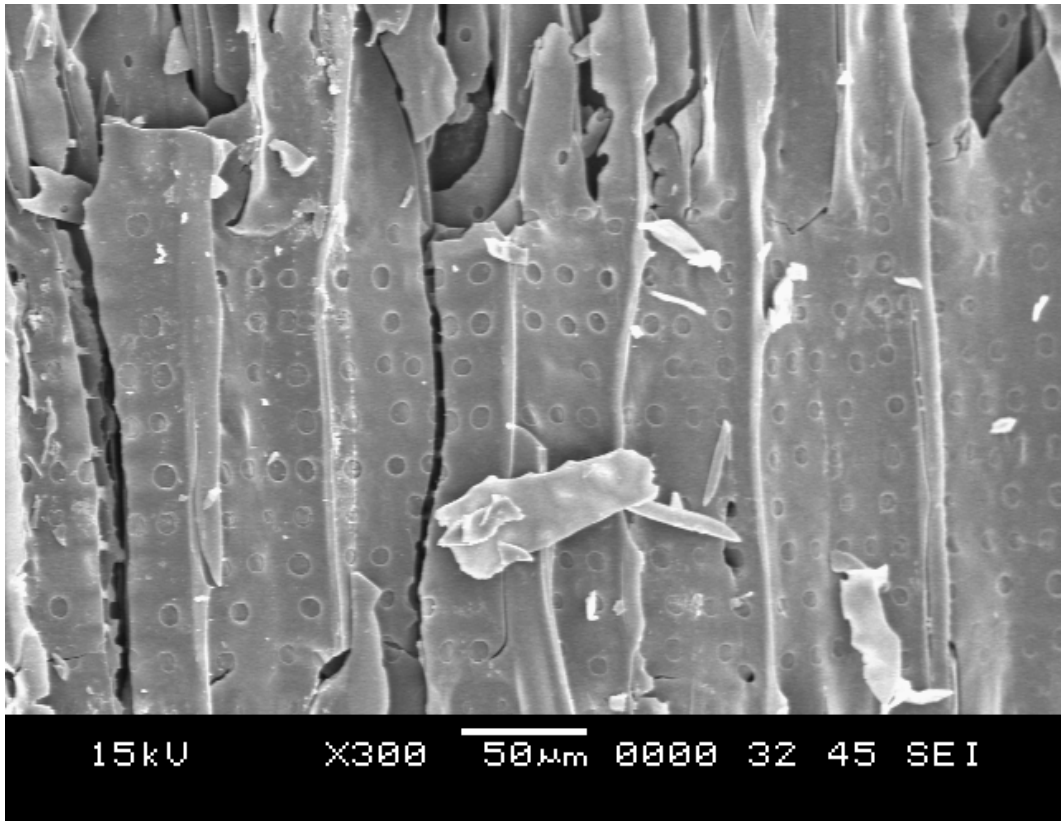
Foto K. Fischlová



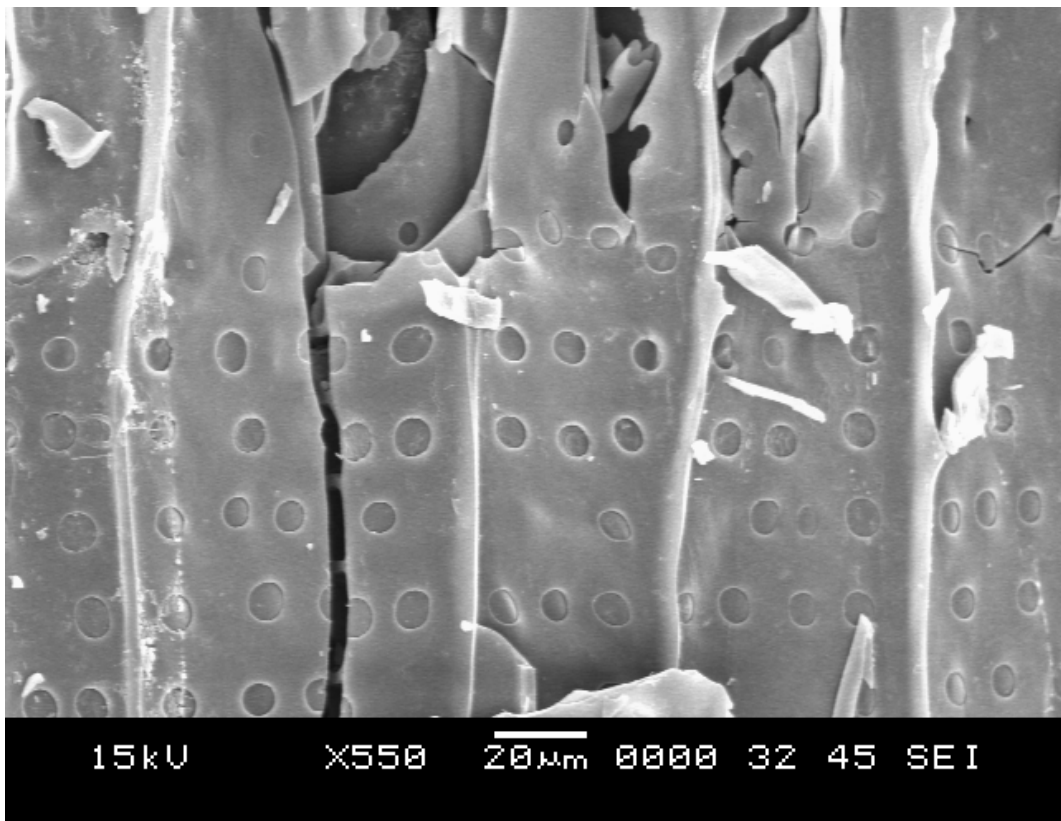
1



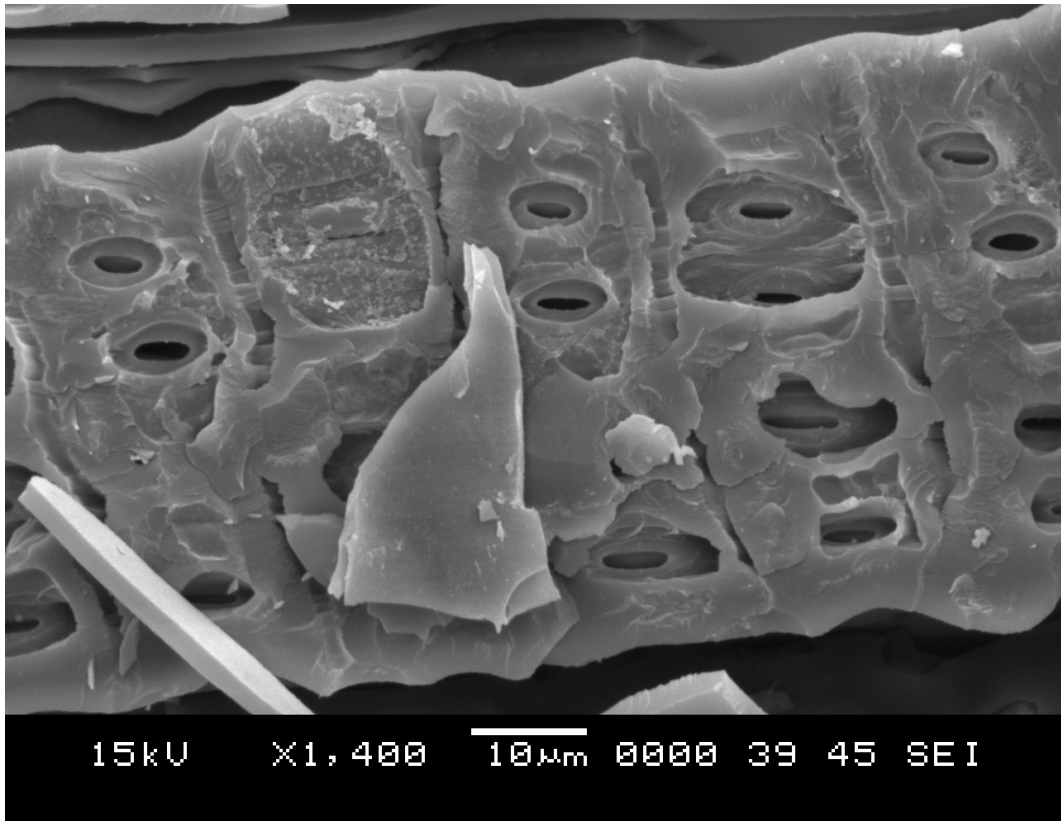
2



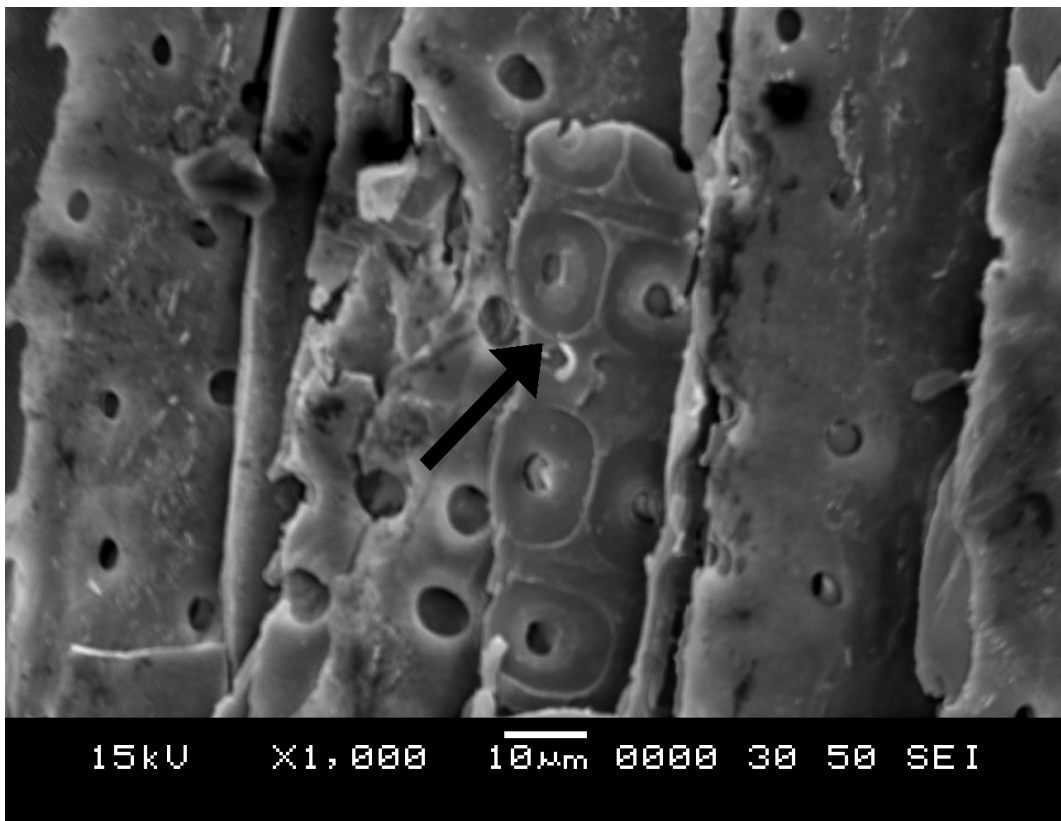
3



4



5



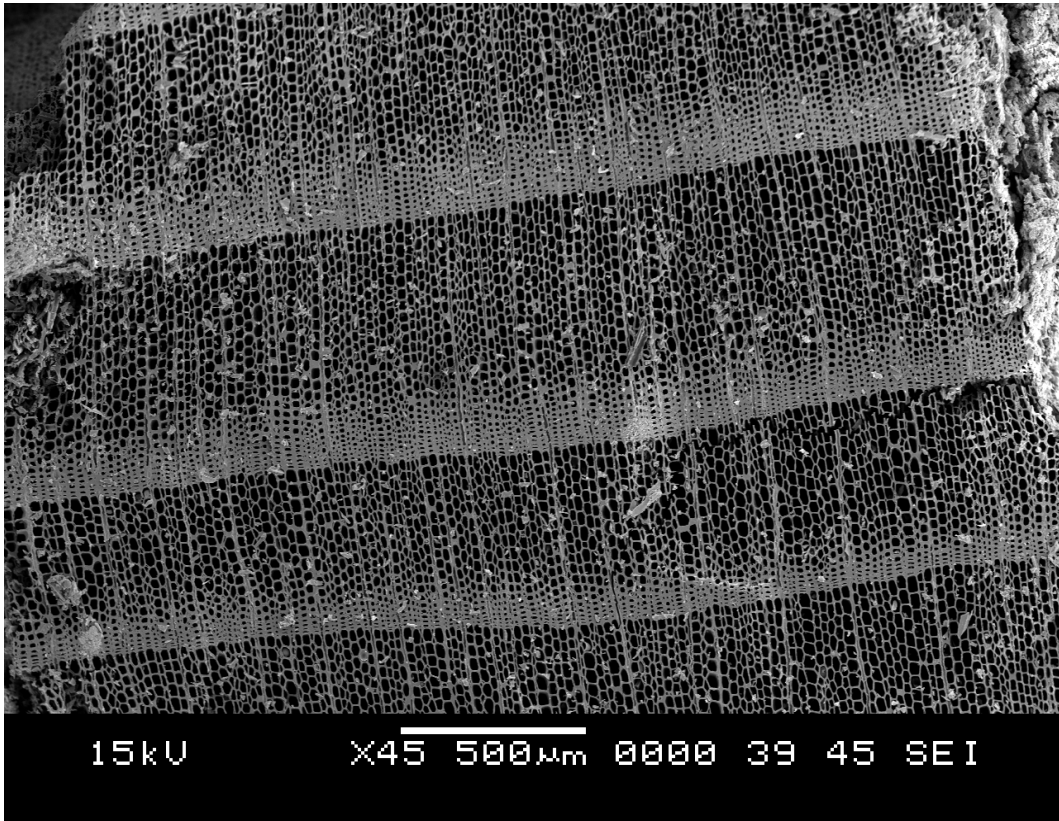
6

Příloha 5

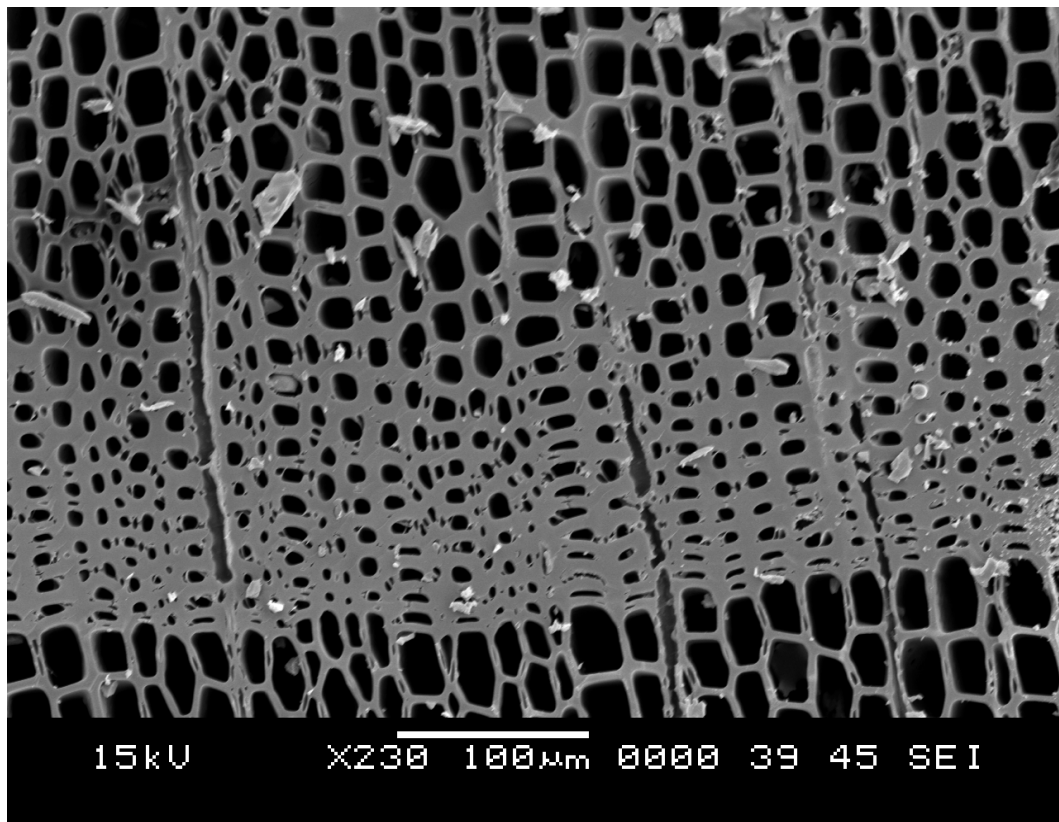
***Glyptostroboxylon rudolphii* Dolezych a Van der Burgh**

- 1** – TR, vzorek č. 2/2011, dobře viditelné letokruhy s plynulým přechodem jarního do letního dřeva
- 2** – TR ,vzorek č. 2/2011, polygonální tvar tracheid
- 3** – TG, vzorek č. 3/2011, výrazné intracelulární prostory uvnitř dřeňových paprsků (šipka)
- 4** – TG, vzorek č. 9/2011, jednovrstvé dřeňové paprsky (šipka)
- 5** – RD, vzorek č. 7/2011, nepravidelně uspořádané tečky křížových polí, pravděpodobně glyptostroboidního typu (šipka)
- 6** – RD, vzorek č. 9/2011, taxodioidní typ tečky v křížovém poli (šipka)
- 7** – RD, vzorek č. 7/2011, nepravidelné uspořádání dvojteček na tracheidě (šipka)

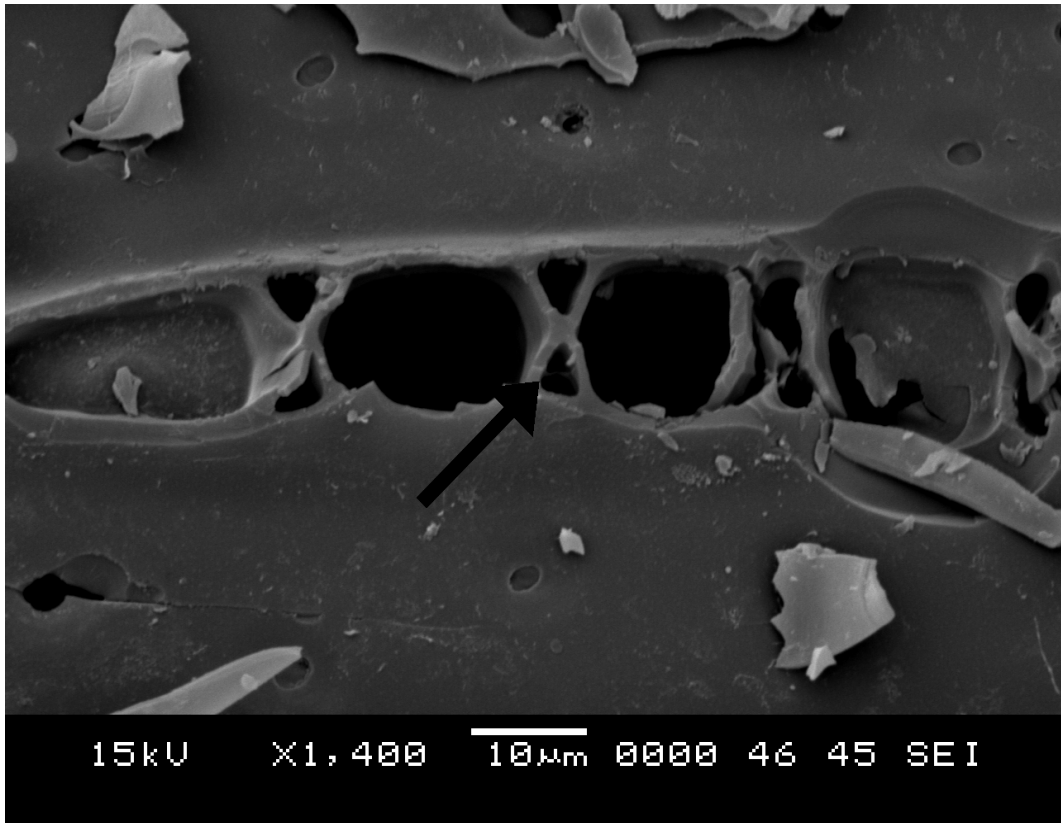
Foto K. Fischlová



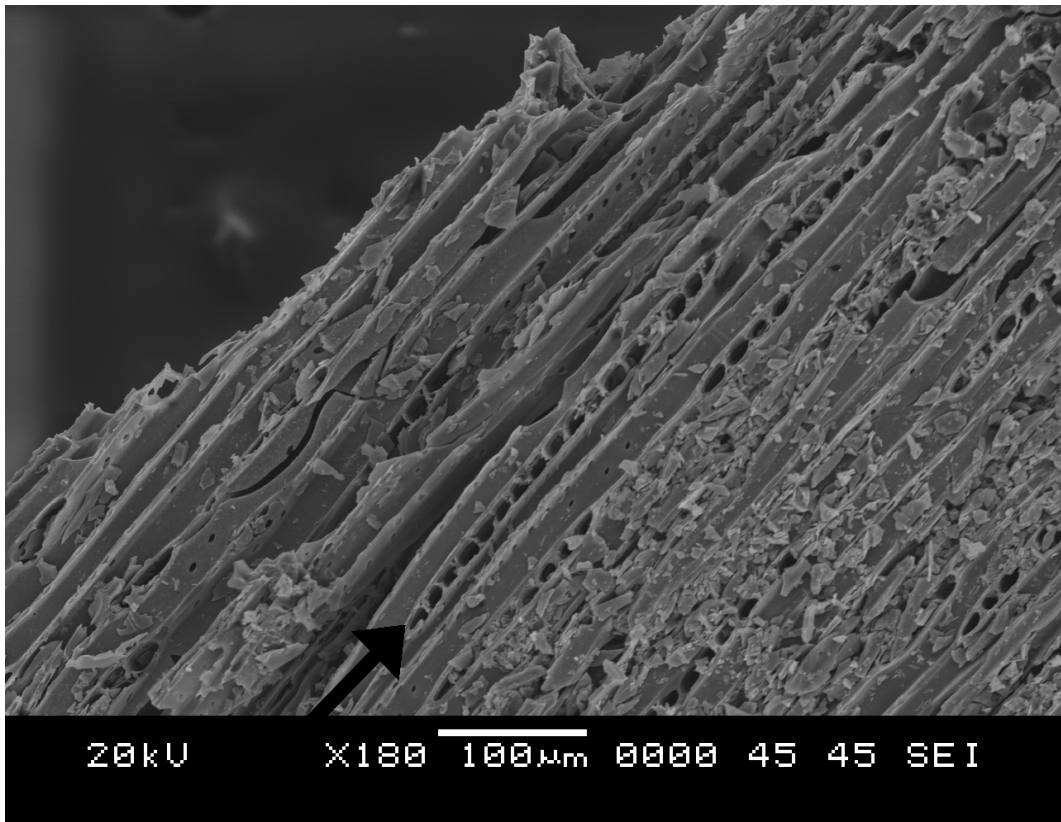
1



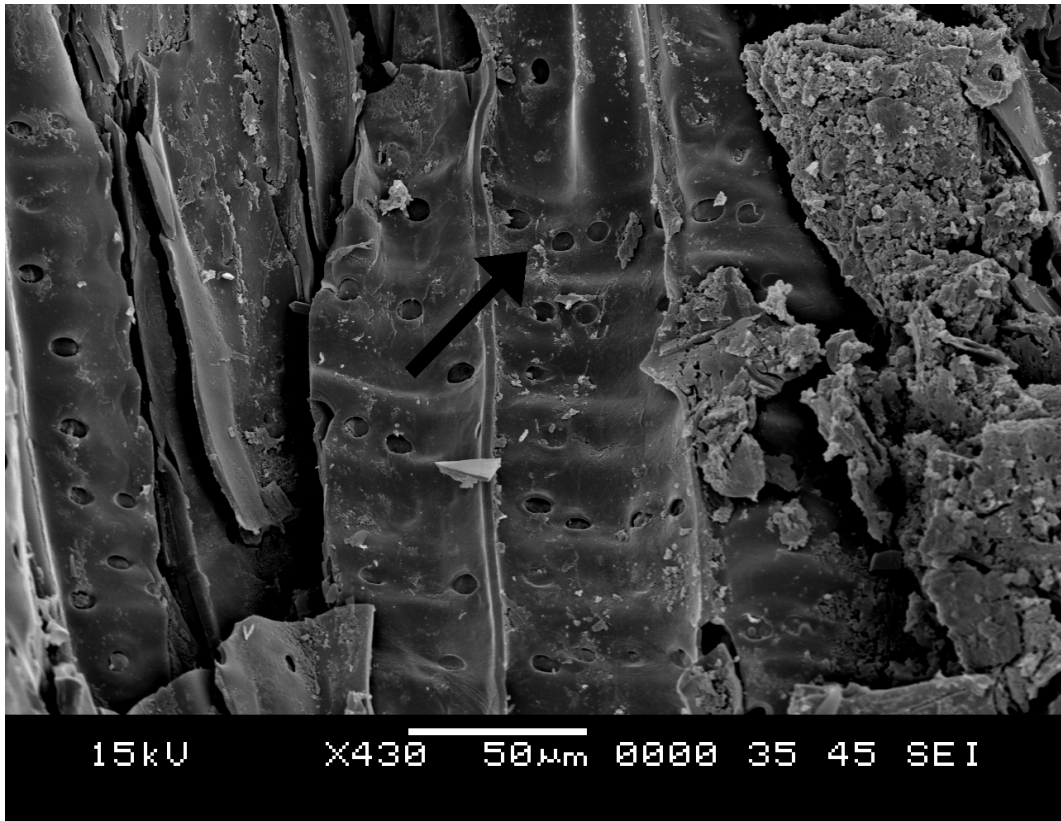
2



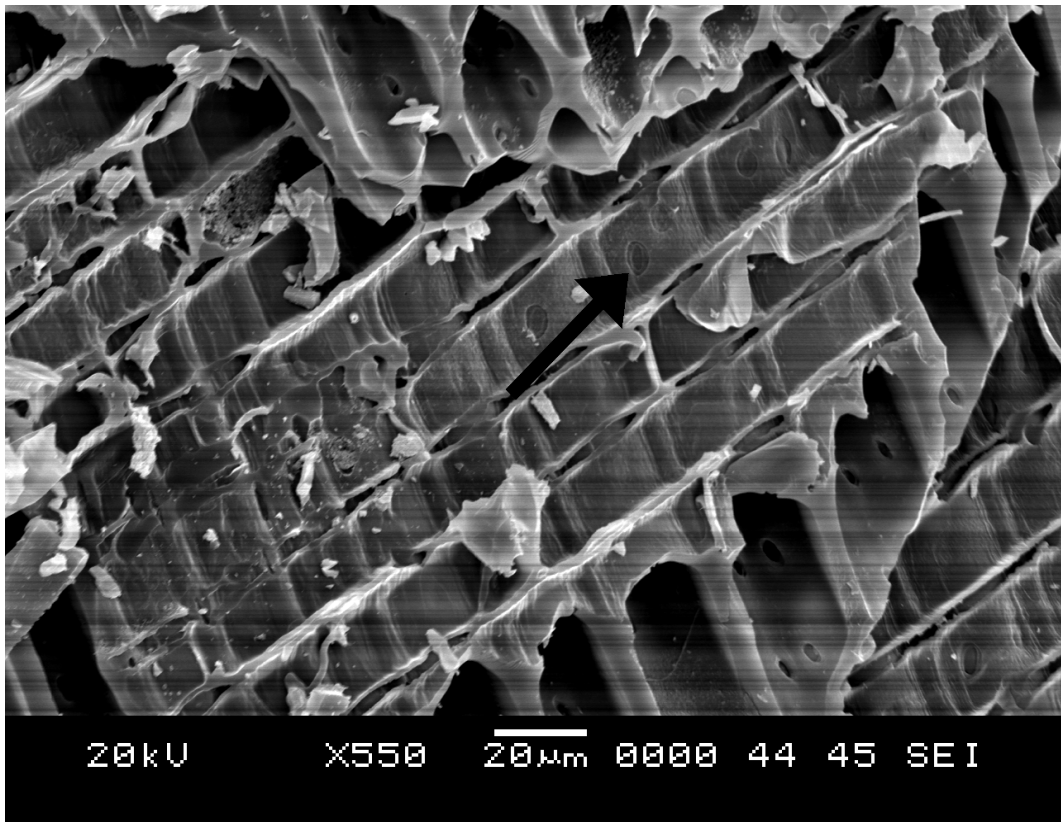
3



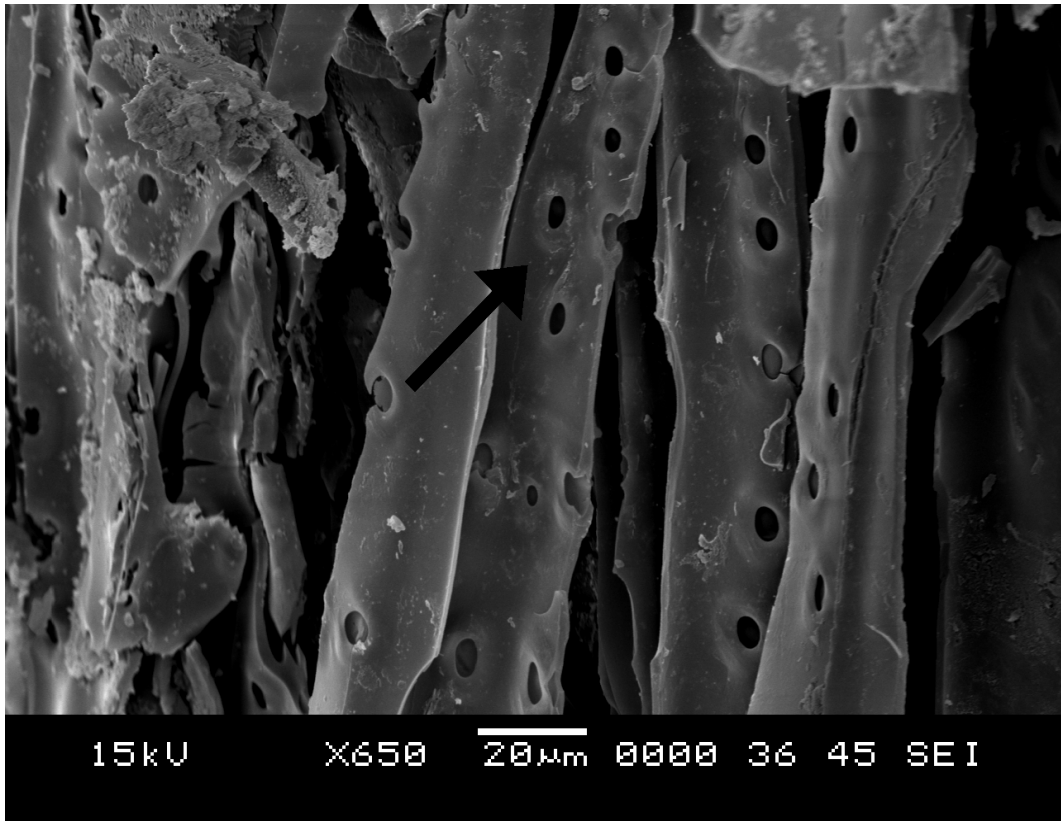
4



5



6



7