

**Univerzita Karlova v Praze**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geologie – Ložisková geologie



**Bc. Jan Šulc**

**Fuzitové horizonty v hlavní uhelné sloji centrální části Mostecké pánve –  
potenciální indikátor paleoklimatických změn ve spodním miocénu?**

Charcoal layers in the Main Coal of central part of the Most Basin – a potential indicator of  
climate changes in early Miocene?

Diplomová práce

Školitel: prof. RNDr. Stanislav Opluštil, Ph. D.

Konzultanti: Ing Karel Mach, Ph. D.

Doc. RNDr. Jakub Sakala, Ph. D.

Praha 2022

## Prohlášení

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

V Praze dne 25. 8. 2022

Bc. Jan Šulc

## Poděkování

Velké díky a uznání patří mému školiteli prof. RNDr. Stanislavovi Opluštilovi, Ph. D., za velkou ochotu, a především trpělivost při konzultacích a připomínkování práce. Rád bych touto cestou také poděkoval Ing. Karlovi Machovi, Ph. D., který stál za zrodem tohoto tématu, především za ochotu a pomoc při profilování a konzultacích. Za předání mnoha poznatků z oblasti uhelné geologie děkuji Mgr. Tomáši Novotnému. Ing. Ivaně Sýkorové DrSc. děkuji za příležitost provádět svůj výzkum na půdě ústavu struktury a mechaniky hornin AVČR, v. v. i., a za zasvěcení do oblasti uhelné mikroskopie. Doc. RNDr. Jakubu Sakalovi, Ph. D. děkuji za předání mnoha poznatků týkajících se paleobotaniky terciéru. Mgr. Jiřímu Laurinovi, Ph. D. děkuji za navázání spolupráce v oblasti cyklostratigrafie a paleoklimatologie.

Autor

## Obsah

1. Úvod .....	7
2. Přehled výzkumů .....	8
3. Přehled geologie pánve a její vznik.....	9
3.1. Podloží pánve.....	9
3.2. Litostratigrafické členění pánevní výplně.....	9
3.2.1. Starosedelské souvrství (priabon) .....	11
3.2.2. Střezovské souvrství (priabon až ruppel) .....	11
3.2.3. Mostecké souvrství (chatt až burdigal) .....	11
Duchcovské vrstvy .....	11
Holešické vrstvy .....	12
Libkovické vrstvy.....	12
Lomské vrstvy .....	13
3.3. Kvartérní výplň .....	13
4 Hlavní uhelná sloj mostecké pánve .....	14
4.1 Stavba uhelné sloje a její vývoj v různých částech pánve .....	14
4.1.1 Centrální vývoj.....	15
4.1.2 Bílinský vývoj .....	15
4.1.3 Teplicko – ústecký vývoj.....	15
4.1.4 Chomutovský vývoj.....	15
4.2 Proplástky v uhelné sloji .....	17
4.3 Uhlenná sloj v lomu Bílina .....	17
4.3.1 Spodní lávka.....	18
4.3.2 Střední lávka .....	18
4.3.3 Svrchní lávka a pařezový horizont .....	18
5 Vlákennitá složka .....	20
5.1 Výskyty inertinitu a vláknité složky v hlavní uhelné sloji mostecké pánve .....	21
6 Metodika .....	23
6.1 Makropetrografické profilování.....	23
6.2 Identifikace fuzitových horizontů z fotomozaik uhelných řezů.....	26
6.3 Identifikace fuzitových horizontů v bezjádrových vrtech pomocí záznamů rychlosti postupu vrtné hlavy.....	26
6.4 Macerátová analýza střední lávky uhelné sloje.....	29
7 Výsledky .....	31
7.1 Uhlenné litotypy a fuzitové horizonty v profilech střední uhelné lávky .....	31
Profil K68.....	31
Profil K83.....	32
Profil K102/1 .....	32

Profil K102/2.....	32
7.1.1. Laterální stálost fuzitových horizontů.....	32
7.1.1.....	35
7.1.2 Zastoupení xylitu v profilu střední lávky.....	35
7.2 Fotomozaika okolí profilu K 83 .....	38
7.3 Bezjádrové vrtání .....	39
7.4 Macerálové složení střední lávky.....	43
7.4.1 Odraznost inertinitu .....	47
7.4.2 Hodnoty indexů GI, TPI, GWI a VI.....	48
7.4.3 Obsah popele v bezvodém vzorku .....	48
7.4.4 Obsah síry .....	48
8 Interpretace a diskuze.....	50
8.1 Srovnání s recentním rašeliništěm Okefenokee (Georgia, USA).....	50
8.2 Hydrologické poměry rašeliniště střední lávky uhlené sloje .....	56
8.3 Model vývoje střední lávky.....	57
9 Závěr.....	61
10 Seznam literatury .....	63

## Seznam obrázků, tabulek a map

Obrázek 1 – Zjednodušená mapa mostecké pánve (upraveno podle Macha et al., 2013).

Obrázek 2 – Aktuální litostratigrafické členění sedimentární výplně mostecké pánve (se svolením K. Macha roku 2022).

Obrázek 3 – Profily hlavní uhelné sloje v různých částech mostecké pánve (upraveno podle Malkovského et al., 1985).

Obrázek 4 – Schéma hlavních proplástek v uhelné sloji a jejich vzájemné vztahy (Novotný et Mach, 2016).

Obrázek 5 – Vertikální řez hlavní uhelnou slojí v lomu Bílina (upraveno podle Macha, 1993).

Obrázek 6 – Fuzitový horizont nacházející se ve střední lávce společně s xylitem a detritickým uhlím. Střední lávka lomu Bílina (foto Autor).

Obrázek 7 – Schéma vzniku vláknité složky uhlí (podle O'Keefe et al., 2013).

Obrázek 8 – Záběr z profilování (foto K. Mach).

Obrázek 9 – Fuzitová čočka v profilu K 102/1 (Foto K. Mach, 2021).

Obrázek 10 – Fuzitový horizont přecházející do sedimentárního proplásku kávově hnědého (Foto K. Mach, 2021).

Obrázek 11 – Čočka vláknitého fuzitu (Foto K. Mach, 2021).

Obrázek 12 – Makropetrografické profily K67, K83, K102-1 a K102-2. Profil K 83 VZ je mikropetrograficky studovaný úsek uhelné sloje.

Obrázek 13 – Relativní zastoupení podílu xylitu v jednotlivých profilech. červeným rámečkem jsou vyznačeny oblasti postupného nárůstu a následného poklesu obsahu xylitu v uhelné sloji

Obrázek 14 – Maximální mocnost xylitu v jednotlivých polohách profilů.

Obrázek 15 – Okolí profilu K 83, bíle jsou zvýrazněné proplásky, žlutě pak fuzitové horizonty

Obrázek 16 – korelační schéma bezjádrových vrtů s profily K 83, K 102/1 a K 102/2.

Obrázek 17 – Interpretace profilu K 83 a JU 2411.

Obrázek 18 – Interpretace profilu K 83 a JU 2423.

Obrázek 19 – Interpretace profilu K 102/2 a HK 923.

Obrázek 20 – Macerátová distribuce v rámci jednoho sedimentačního cyklu střední lávky (fialově jsou vyznačeny polohy jednotlivých vzorků v profilu).

Obrázky 21 až 34 – fotografie rašeliniště Okefenokee, USA (použito se svolením K. Macha, 2022)

Tabule 1- Mikrofotografie macerálů. (Autor)

Tabulka 1 – Přechnodné typy hornin v řadě uhlí – jílovec podle obsahu popele v bezvodém stavu

Tabulka 2 – Petrografické typy humitových uhlí podle jejich procentuálního zastoupení xylitu

Tabulka 3 – Počet makropetrografických poloh u profilů K 68, K 83, K102/1 a K102/2

Tabulka 4 – Procentuální zastoupení jednotlivých macerálů ve vzorcích.

Tabulka 5 – Hodnoty odraznosti ulminitu B a inertinitu.

Tabulka 6 – Hodnoty obsahu popele ( $A^d$ ) a síry ( $S_t^d$ ) ve vzorku v bezvodém stavu

Mapa 1 – Detailní mapa mostecké pánve (se svolením K. Macha roku 2022).

Mapa 2 – Letecký pohled lomu Bílina s vyznačením jednotlivých petrografických profilů. Stav k srpnu 2021.

Mapa 3 - Lokalizace vybraných bezjádrových vrtů použitých pro korelaci. Stav k srpnu 2022

## 1. Úvod

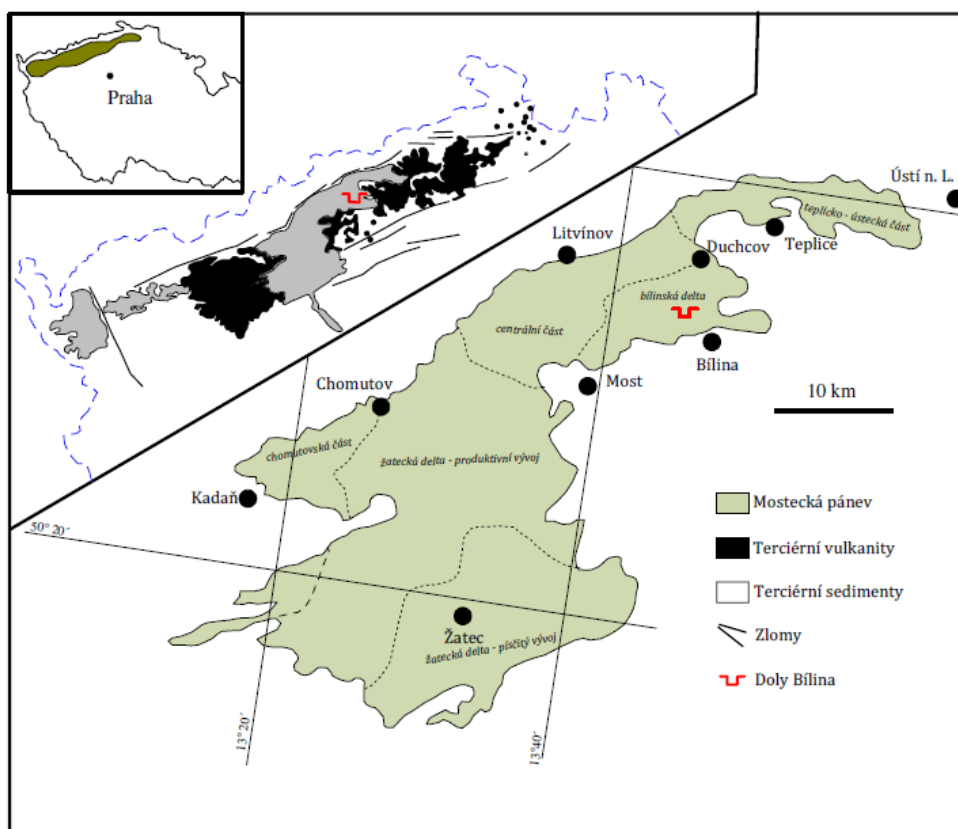
Mostecká pánev, označovaná také jako severočeská hnědouhelná pánev, je s rozlohou 870 km<sup>2</sup> (Kvaček et al. 2004) největší a ekonomicky nejvýznamnější terciární pánví na území České republiky (Pešek et Sivek, 2012). Rozkládá se na severozápadě České republiky, přibližně mezi městy Pětipsy a Ústí nad Labem (Obr. 1).

Hlavním nerostným bohatstvím pánve je mohutná hnědouhelná sloj, která je předmětem systematické hlubinné i povrchové těžby již po více než dvě století. S těžbou uhlí je neodmyslitelně spojen i rozvoj zdejších měst a průmyslu. V průběhu 20. století se oblast hnědouhelného revíru stala centrem energetiky a chemického průmyslu. V současné době, i přes pokles těžby v důsledku celoevropského trendu nahrazování uhlí a dalších fosilních paliv jinými zdroji, zůstává mostecká pánev jednou z klíčových oblastí výroby elektrické energie a tepla v České republice. Veliký význam má mostecká pánev také z vědeckého hlediska. Její sedimentární výplň je důležitým archívem paleogeografických, klimatických i biotických událostí především z období oligocénu a spodního miocénu.

Cílem této práce bylo především detailní mapování výskytů horizontů fosilního dřevěného uhlí – fuzitu ve střední uhelné lávce v lomu Bílina, kde těží hnědé uhlí společnost Severočeské doly a. s. Tyto horizonty jsou totiž dokladem o klimatem podmíněných změnách právě v období sedimentace střední lávky (cca 19 mil. let). Jejich distribuce, charakter a laterální stálost v prostoru nám mohou prozradit, co vedlo k vytvoření právě těchto horizontů.

## 2. Přehled výzkumů

Systematický výzkum pánve trvá od 19. století a byl těsně spjat s rozvojem uhelné těžby, která zpřístupnila fosilní materiál a odhalila vrstevní sled pánve k detailnímu studiu litostratigrafie. Rané fáze výzkumu zahrnovaly především studium flóry, fauny, litostratigrafického členění pánevní výplně a její laterální variability a také pánevní tektoniky (viz přehled v Malkovský et al., 1985; Pešek et al., 2010 a Pešek et Sivek, 2012). V posledních zhruba dvou desetiletích se tato „tradiční témata“ rozšířila o studium tektonicko-sedimentárního vývoje pánve, a to zejména orientaci, stáří zlomových struktur a jejich vliv na vyplňování pánve (Rajchl et Uličný, 2008, 2009), sedimentologické výzkumy, především pak studium sedimentů bílinské delty a fluviálního systému tzv. žatecké delty (Rajchl, 1999, 2006; Mach 2002; Novotný et Mach, 2016; Matys Grygar et al., 2017). Zcela nově řešeným tématem je studium geochemii a detailní cyklostratigrafie jílu libkovických vrstev a její využití pro určení stáří těchto sedimentů (Matys Grygar et Mach, 2013; Matys Grygar et al., 2014, 2020). K dalším tématům patří uhelné petrografická studie svrchní lávky lomu Bílina (Mach et al., 2013; Havelcová et al., 2013), geochemie crandalitových proplátek v libkovických vrstvách (Mach et al., 2021) a detailní biostratigrafie pánve (Kvaček et al., 2004, 2007, 2014; Novotný et al., 2021). Pánev se rozkládá (viz obrázek 1) na severozápadě území České republiky, přibližně mezi městy Pětipsy a Ústí nad Labem.



Obrázek 1. Zjednodušená mapa mostecké pánve (upraveno podle Macha et al, 2013).



### 3. Přehled geologie pánve a její vznik

V průběhu výzkumů byla postupně publikována celá řada názorů na mechanismus vzniku mostecké pánve. Hurník a Havlena (1984) interpretovali mosteckou pánev jako tzv. velevrásovou strukturu vzniklou odezvou na alpský orogén a následným výzdvihem Krušných hor během kvartéru. Tento názor však spíše charakterizuje dnešní polopříkopovou stavbu pánve a nevystihuje jednotlivé etapy jejího formování. Zcela odlišný názor předložili Malkovský et al. (1985), kteří spojovali pánevní subsidenci s vyprázdněním magmatických krbů vulkanitů Českého středohoří, tj. v podloží pánve. V současnosti je však nejvíce přijímána teorie Rajchla a Uličného (2000), kteří dávají vznik pánve do přímé souvislosti se vznikem oherského riftu. Ten je součástí podstatně rozsáhlejšího evropského kenozoického riftového systému aktivního v oligocénu až miocénu. Strukturní vývoj pánve pak podle jejich teorie probíhal ve dvou fázích. První fáze je spjatá s horizontální extenzí ssv. – jjz. směru spojená s výstupem magmat fonolitového složení, k nim přidružené zlomy shodného stáří en échelon směru VSV – ZJZ. K nejdůležitějším patří zlomy krušnohorský a litoměřický (Rajchl et Uličný, 2000). Druhá fáze „přetiskuje“ fázi první a je příčinou deformací pánevní výplně. Následně došlo v kvartéru k výzdvihu Krušných hor podél podkrušnohorského zlomového systému (Rajchl et Uličný, 2009). Osa pánve je orientovaná ve směru SSV – JJZ.

#### 3.1. Podloží pánve

Krystalinické podloží je reprezentováno HP-HT metamorfovanými horninami krušnohorského krystalinika, které je součástí rozsáhlejší regionálně-geologické jednotky saxothuringika (Malkovský et al., 1985). Přebírají svory, pararuly, migmatizované pararuly a granulity nedatovaného stáří soustředěných do kerných struktur chaotického složení. Tyto horniny jsou druhotně postiženy kaolinizací, hematizací, sericitizací, karbonatizací a chloritizací. Jednotlivé druhotné alterace závisí na typu metamorfované horniny. Povrch krystalinika není zcela peneplenizovaný, jak se dříve uvádělo. V oblasti lomu Libouš bylo geofyzikálním i vrtným průzkumem objeveno paleoúdolí vzniklé patrně v důsledku říční eroze (Zíma et al., 1985). Na krystalinické horniny nasedají uloženiny křídové. Svrchně křídové sedimenty jsou tvořeny bazálním slepencem pravděpodobně cenomanského stáří přímo nasedajícím na navětralé krystalinikum (Malkovský et al., 1985). Nad těmito sedimenty se nacházejí bílé křemenné kaolinizované pískovce místy s bioturbací tzv. fukoidů (Pešek et Sivek, 2012).

#### 3.2. Litostratigrafické členění pánevní výplně

Mocnost sedimentární výplně zahrnující stratigrafické rozpětí od eocénu až po kvartér se v ose pánve pohybuje až kolem 500 m. Pánevní sedimenty nasedají na zvětřelé horniny krušnohorského krystalinika, menší částí pak na křídové sedimenty kontinentálního i marinního



### 3.2.1. Starosedelské souvrství (priabon)

Starosedelské souvrství, dříve také nazývané bazální, tvoří pelity až psamity, vzniklé převážně redepozicí zvětralinového pláště na povrchu permokarbonských a křídových uloženin v přímém podloží pánve a jižně až jihovýchodně od ní (Malkovský et al., 1985). Litologicky se jedná o pískovce až jílovce. Sedimenty souvrství se ukládaly ve fluviálním až lakustrinním prostředí v lokálních depresích na nerovném povrchu pánevního podloží. Z uvedeného důvodu nemají celopánevní rozšíření a jejich mocnost je značně kolísavá v rozmezí od 0 do 100 metrů (Pešek et Sivek, 2012).

### 3.2.2. Střezovské souvrství (priabon až ruppel)

Střezovské souvrství, dříve označované jako vulkanodetritické, nasedá diskordantně na podložní souvrství starosedelské, které však svou rozlohou přesahuje (Obr. 2). V místech přesahu tvoří jeho podloží horniny krystalinika nebo křídý (Malkovský et al., 1985). Litologicky se jedná především o vulkanický často redeponovaný materiál (tufy, tufity, vulkanity) ukládané vesměs lokálně. To je dáno jejich nerovnoměrným rozmístěním v rámci mostecké pánve, jelikož jednotlivá vulkanická centra se vyvíjela v čase a prostoru odlišně. Směrem k východu mocnost souvrství klesá ze 100 metrů na několik málo desítek metrů. Část vulkanického materiálu byla intenzivním zvětráním kaolinizována či montmorillinitizována. Ve vložkách mezi pyroklastickým materiálem se lokálně vyskytují karbonáty, diatomity a uhelnaté jílovce až slojky (Pešek et Sivek, 2012).

### 3.2.3. Mostecké souvrství (chatt až burdigal)

Mostecké souvrství obsahuje hlavní uhelnou sloj a je proto z ekonomického hlediska nejdůležitější součástí pánevní výplně. Výplň je na bázi vulkanoklastická, poté přechází ve fluviálně - lakustrinní (Pešek et al., 2010). Ve stratigrafickém pořadí se dělí na vrstvy duchcovské, holešické, libkovické a lomské (Pešek et Sivek, 2012).

#### Duchcovské vrstvy

Vrstvy vyplňují zbývající nerovnosti paleoreliéfu ve stropu střezovského souvrství. Jejich mocnost proto kolísá. Geneze a litologická výplň vrstev je velmi pestrá. Vyskytují se ve vývoji písčitém a vulkanogéním, ve kterém převládají redeponovaná vulkanoklastika (Pešek et Sivek, 2012). Pro vulkanogéní vývoj jsou typická pestrobarevná vulkanoklastika, pro písčité vývoj zase písky až pískovce, jílovce, lokálně slojky hnědého uhlí či jílovce uhelnaté (Malkovský et al., 1985).

### Holešické vrstvy

Tato litostratigrafická jednotka se již ukládala na peneplenizovaném terénu a je proto laterálně velmi rozšířená. Holešické vrstvy mají velmi pestrú litologii (mapa 1). V době jejich sedimentace pokrývalo většinu plochy pánve průtočné rašeliniště, kde se v průběhu času (Obr. 2) usadilo až přes 200 m rašeliny, která po kompakci a diagenézi dala vzniknout hnědouhelné sloji (Hurník, 1972). Tento močál byl ovlivněn oscilující hladinou v rašeliništi, což se v jeho stavbě projevuje (genetický typ uhlí), přínosem klastik (proplástky a obsah jílu / popela v uhlí). V místech, kde se nachází uhelná sloj, hovoříme o produktivním vývoji vrstev. Tento vývoj je plošně vymezen přibližně západovýchodním směrem. V místech, kde uhelná sloj není vyvinutá se nachází tzv. neproduktivní vývoj holešických vrstev, typický především pro oblast „žatecké delty“. Ve stropu těchto vrstev se na bílinsku nachází až 120 m mocný komplex uloženin bílinské delty, na kterou nasedají tzv. břešťanské jíly, s bohatou fosilní flórou, faunou a vlastnostmi vhodnými pro výrobu kameniny. Jejich ostrá báze dokládá náhlý zánik uhlotvorby na území mostecké pánve. Podle Macha a Matyse Grygara (2013) však břešťanské jíly byly ukládány ještě před vytvořením celopánevního jezera, neboť mají malý obsah tzv. expandabilních jílu naproti libkovickým jílu, které mají obsah expandabilních jílu značně zvýšený (Hrabácká delta – viz Rajchl et Uličný, 2005).

### Libkovické vrstvy

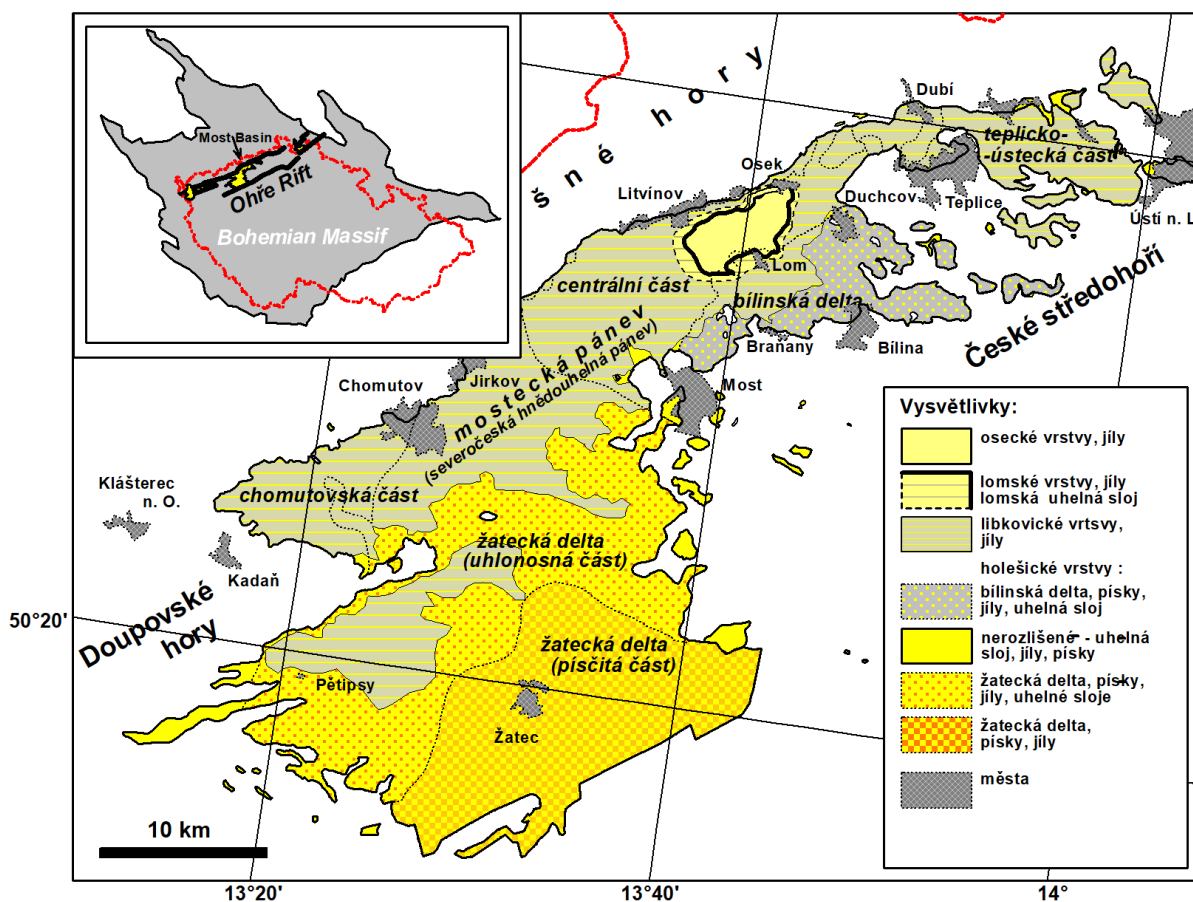
Tvoří až 300 m mocný komplex celopánevně rozšířených monotónních lakustrinních uloženin (mapa 1), převážně nezřetelně vrstevnatých až monotónních, paleontologicky sterilních jílu. Vnitropánevní korelace litologicky monotónních jílu libkovických vrstev je založena na chemostratigrafii (Matys Grygar et Mach, 2013) chemostratigrafie na základě výměny iontové kapacity a byla stanovena sodní i svrchní hranice těchto vrstev včetně dělení do dvou komplexů, a to staršího a mladšího (Grygar et Mach, 2013). Pro vnitropánevní korelaci mají zásadní význam také crandalitové proplástky, korelovatelné napříč celou pánví. Vykazují zvýšený obsah Sr, Ba a ve výchozech se po navětrání projevují nápadně žlutavou barvu (Coufal et Mejstříková, 1996). Zvýšený obsah stroncia a přítomnost biotitu na bázi proplástku ukazují na vulkanický původ. Výzkumem K. Macha et al., 2021 bylo dokázáno, že tyto proplástky mohou souviset s vulkanismem v panonské pánvi před ca. 17 mil. lety. To odpovídá sedimentaci libkovických jílu, spadající přibližně do období před 17,46 - 16,65 miliony let. V této době panovalo ve střední Evropě humidní klima a sedimentace v pánvi ovlivňovaly také Milankovičovy cykly. Jezerní jílovce libkovických vrstev obsahují bioturbaci způsobenou ichnotaxonem *Planolites montanus* (Mikuláš et al., 2003). V těchto vrstvách se obvykle vzácně nacházejí fosilie třetihorní flóry (*Acer*, *Glyptostrobus*, *Taxodium*, *Pinus*, *Alnus* a *Nyssa*). Nově byly objeveny Novotným et al., 2021 v lomu Doly Nástup Tušimice nejméně 3 polohy obsahující tuto flóru.

## Lomské vrstvy

Jedná se o miocenní sedimenty v nadloží libkovických vrstev v oblasti mostecké pánve. Tyto vrstvy tvoří až 135 m mocný komplex uloženin zachovaný pouze v místech nejvyšší subsidence v centrální části mostecké pánve (Pešek, 2010) (mapa 1). Vrstvy jsou tvořeny především jílovými uloženinami. Na bázi se vyskytuje až 25 m mocná poloha jílovců, uhelnatých jílovců až jílovitého uhlí známá jako lomská sloj. V současné době je tato sloj nejlépe odkryta v prvním skrývkovém řezu lomu Bílina (Pešek et Sivek, 2012)

### 3.3. Kvartérní výplň

Je především pefitická, valouny mají svoji zdrojovou oblast z Krušných hor, do pánve byly transportovány říčními toky, uloženiny jsou lokálně těženy jako silničářské šterkopísky (Pešek et Sivek, 2012). V místech mezi obcemi Kundratice až Kopisty se asi před 15 tis. lety vytvořilo mělké Komořanské jezero, které napájela řeka Bílina a několik menších toků přímo z Krušných hor. Následkem velkého přínosu klastického materiálu a zarůstání vegetace se plocha jezera neustále zmenšovala, až bylo v 19. stol. rozhodnuto o jeho vysušení a zasypání (Papeš, 2008). V dnešní době je téměř celá plocha jezera v místě velkolomu ČSA.



Mapa 1. Detailní mapa mostecké pánve (se svolením K. Macha roku 2022).

## 4 Hlavní uhelná sloj mostecké pánve

Hlavní uhelná sloj vznikala po částečném zarovnání vnitropánevního reliéfu a ustálení sedimentačních podmínek (vyrovnání rychlosti subsidence a rychlosti přírůstku rostlinné hmoty) v intervalu před 20,5 až 18,5 mil. lety (Novotný et Mach, 2016). Počátek uhlotvorby se projevuje výskytem prvních uhelnatých poloh na bázi sloje, které postupně zaplňují celý pánevní prostor (Malkovský et al., 1985). Od okrajů pánve směrem k centru, v prostoru mezi Zálužím u Mostu a Duchcovem, stoupá mocnost pánevní výplně i kvalita uhlí (Havlena, 1964). Naopak, v z. až jz. části pánve dochází k ubývání mocnosti hlavní uhelné sloje vlivem přínosu klastických sedimentů bílinské a žatecké delty (Pešek et Sivek, 2012).

Z technologického hlediska tvoří uhlí hlavní sloje především o humitová uhlí prouhelněná do stádia hnědouhelné orto – až meta fáze (Pešek et Sivek, 2012). Průměrný obsah popela se pohybuje kolem 26,9 %; obsah síry může být v rozpětí od 1 až 10 % a průměrná výhřevnost činí 18,8 – 31,4 MJ/kg (Pešek et Sivek, 2012). Koeficient slehnutí sloje se pohybuje podle Hurníka (1972) kolem 6, to znamená, že na uhelnou sloj mocnou 40 metrů by byla potřeba vrstva nekompaktované rašeliny o mocnosti asi 240 metrů.

### 4.1 Stavba uhelné sloje a její vývoj v různých částech pánve

Uhelnou sloj můžeme v základním schématu rozdělit do 3 hlavních lávek oddělených dvěma meziložními polohami tvořenými neuhelnými polohami (Obr. 3). Jelikož má ale uhelná sloj místy velmi odlišný vývoj, může docházet k splývání lávek či meziložních poloh (Obr. 3). Nejspodnější uhelná poloha se nazývá spodní látka o průměrné mocnosti kolem 5 m. Z technologického hlediska je nejméně kvalitní. Střídají se zde jílovité uhlí, uhelnaté jílovce a sedimentární jílové proplástky. Její zastoupení je v rámci pánve velmi proměnlivé – vznikala v peneplenizovaném terénu, kde vyplňovala terénní deprese. Spodní meziloží je poloha výrazných jílových proplástek, mocných v Chomutovské části i několik metrů. V centrální části pánve se naopak s touto polohou prakticky nesetkáváme. Střední látka je mocná v průměru 18–20 metrů a tvoří ji velmi kvalitní uhlí s velkým podílem xylitu a nízkým obsahem síry a popelovin (Mach, 1993). Svrchní meziloží oddělující střední a svrchní látku uhelné sloje reprezentuje výrazný několika decimetrový bělošedý proplástek vyvinutý zejména v centrální a bílinské části pánve místně zvaným „cvičák“. Svrchní látka je v průměru 4–6 metrů mocná a má velmi nestálý vývoj. Zejména na Bílinsku je nahrazena deltovými sedimenty bílinské delty, naopak na Chomutovsku a Teplicku je reprezentována jílovitým uhlím. Uhlonosná sedimentace je v celé pánvi ostře ukončena tzv. břešťanskými jíly (Pešek et Sivek, 2012). Jelikož uhlotvorba v mostecké pánvi neprobíhala ve všech jejích částech současně a místy docházelo i k interakcím uhlotvorného močálu s říčními koryty, je vývoj hlavní uhelné sloje v různých částech pánve různý. Proto Malkovský et al. (1985)

definoval podle vývoje hlavní uhelné sloje několik odlišných vývojů (Obr. 3). Jednotlivé vývoje jsou geograficky vymezeny u jednotlivých vývojových popisů.

#### 4.1.1 Centrální vývoj

uhelná sloj v prostoru Záluží – Duchcov je nejhluběji uložena a také nejvíce prouhelněna. Uhlí obsahuje malé množství popela i síry. Sloj obsahuje pouze několik tenkých sedimentárních proplástků (Malkovský et al., 1985). V současnosti tento vývoj můžeme pozorovat v lomu Československé armády. Uhelná sloj je v tomto prostoru mocná až 30 metrů (Pešek et Sivek, 2012).

#### 4.1.2 Bílinský vývoj

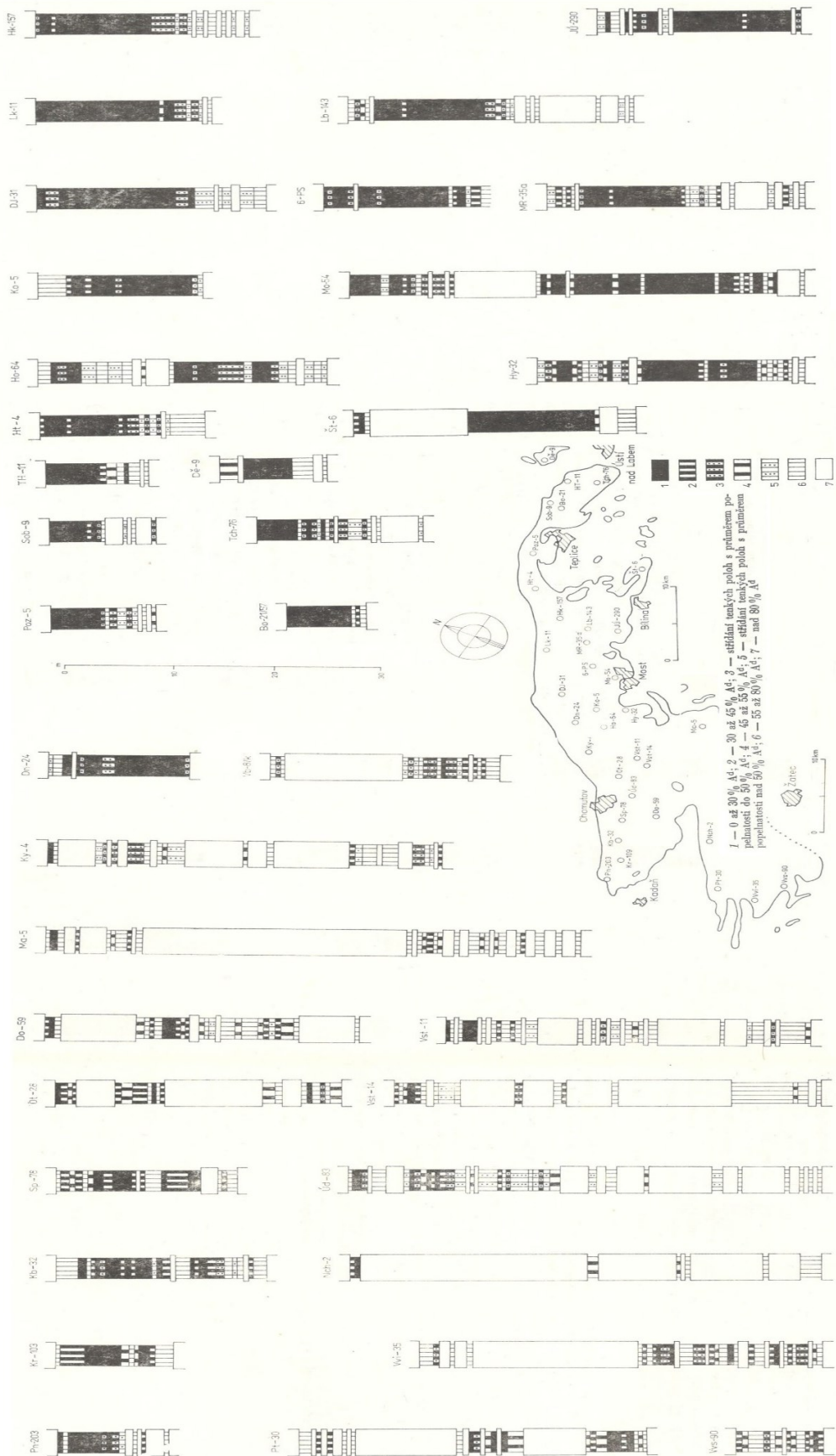
V oblasti kolem města Bíliny docházelo především v pozdější době uhlotvorby k interakci rašeliniště s tzv. bílinskou deltou. rašeliniště bylo často zaplavováno a zasucováno častým překládáním ramen bílinské delty. Svrchní část sloje zde téměř chybí a je nahrazena tzv. pařezovým horizontem popsaným níže (Malkovský et al., 1985). Během tvorby a ukládání rašeliny dochází také k synsedimentární deformaci uhelné sloje podél růstových zlomů či štěpení uhelné sloje vlivem sedimentace deltových těles bílinské delty (Mach, 1993).

#### 4.1.3 Teplicko – ústecký vývoj

V sz. okraji mostecké pánve je mocnost uhelné sloje výrazně menší (8–15 m). tento fakt vysvětluje Hokr (1975) ukončením uhelné sedimentace dříve než v ostatních částech pánve, zejména na z. a sz. (Malkovský et al. 1985).

#### 4.1.4 Chomutovský vývoj

V oblasti Chomutova a jižněji byla uhelná sedimentace velmi často rušena přínosem klastických sedimentů tzv. žatecké delty. Na mnohých místech se uhelná sloj štěpí do lávek (na Chomutovsku do 3) postupně až do tenkých, nedobyvatelných slojek. V prostoru kolem Žatce nacházíme pouze fluviální sedimenty, k uhelné sedimentaci zde nedocházelo (Malkovský et al., 1985). Toto říční těleso tzv. centrálního toku protékalo podle Novotného et Macha (2016) rašeliništěm přibližně od jihu k severu. Do pánve ústilo právě na Chomutovsku, popř. na Bílinsku.

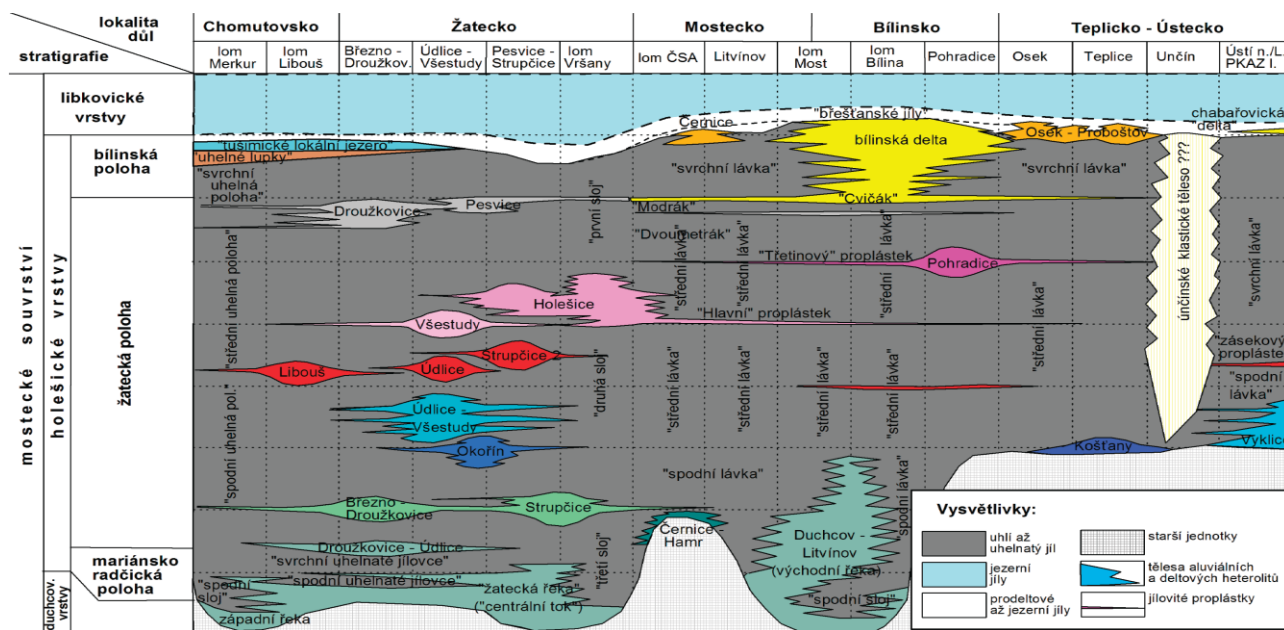


Obrázek 3. Profily hlavní uhelné sloje v různých částech mostecké pánve (upraveno podle Malkovského et al., 1985).



## 4.2 Proplástky v uhelné sloji

Na základě dlouhodobého studia proplástek (Novotný, 2013; Novotný et Mach, 2016; Novotný et Mach, 2017) jak v těžebních lokalitách Severočeských dolů a. s., tak v celé pánvi lze usoudit, že veškeré proplástky v uhelné sloji jsou výlučně sedimentárního původu. Vulkanismus oherského riftu byl již v té době prakticky nečinný (Novotný et Mach, 2016) a docházelo k erozi vulkanického materiálu. Proto některé proplástky vykazují zvýšený obsah titanu. Jednotlivé proplástky reprezentují epizody náhlého přínosu klastického materiálu do rašelinště a díky jejich laterální stálosti je můžeme v řadě případů korelovat v měřítku celé pánve (Obr. 4) a reprezentují izochronní záplavové události. Na základě jejich narůstající mocnosti můžeme zjistit místo největší mocnosti odpovídající říčnímu korytu, které během záplavy dotovalo rašelinště klastickým materiálem. Toto se projevuje i zvýšeným obsahem popelu v uhlí a obecně horší kvalitou uhlí v horizontu s proplátkem. Přítomnost písčitých koryt a deltových těles bílinské delty (Mach, 2002) také synsedimentárně deformovala uhelnou sloj (Novotný et Mach, 2016).



Obrázek 4. Schéma hlavních proplástek v uhelné sloji a jejich vzájemné vztahy (Novotný et Mach, 2016).

## 4.3 Uhlenná sloj v lomu Bílina

V lomu Bílina, v místě výzkumu fuzitových poloh studovaných v rámci této diplomové práce, má uhelná sloj tzv. bílinský vývoj (obr. 5). Z uvedeného důvodu je stavbě sloje v této lokalitě blíže popsána v následujícím textu. Sloj je zde mocná průměrně 30 metrů s následujícím členěním:

#### 4.3.1 Spodní lávka

Spodní lávka tvoří podle Macha (1993) nejspodnější těžené uhelné polohy (Obr. 5). Mocnost spodní lávky se pohybuje kolem 10 metrů. Je tvořena místy až rytmickým střídáním jílovitého uhlí, uhelných jílovců a bělavých prachovitých proplástek označovaným hornickým názvem „kanafas“. Kvalita uhlí je vesměs nízká, uhlí obsahuje vedle zvýšeného množství popela také vysoké obsahy síry obvykle v rozmezí od 2 do 6 %. Tento fakt odráží skutečnost, že během sedimentace muselo docházet k častému rušení uhlotvorby záplavami. Některé z proplástek byly postiženy pedogenezí za vzniku glejových půd. Provenience klastických poloh ukazuje na zdroj v Českém středohoří (Elznic et al., 1998). Místně se nejspodnějšími partiím uhelnatých jílovců říká tzv. spodní sloj. Nápadné střídání uhelných poloh s polohami třech, respektive dvou jílových proplástek ve svrchní části spodní lávky se označuje jako tzv. trojrytmus nebo dvojrytmus.




#### 4.3.2 Střední lávka

Střední lávka je podle Macha (1993) v lomu Bílina mocná 18 až 20 metrů (Obr. 5). Tvoří ji uhlí s velkým podílem xylitu (uhlí xylo – detritické až semidetritické, místy xylitické) a nízké popelnatosti (max. 10 % a nízké sirnatosti do 2 %). Jedná se nejkvalitnější část sloje. Střední lávka je rozdělena na svrchní třetinu a spodní dvě třetiny zdvojeným bílošedým až hnědým až 3 metry mocným tzv. třetinovým propláskem. Ve střední lávce se vyskytují polohy fuzitových horizontů. V místě tektonických poruch se zvyšuje obsah síry a je makroskopicky rozpoznatelný v podobě sulfidů želena, zejména markazitu a pyritu.

#### 4.3.3 Svrchní lávka a pařezový horizont

Mocnost svrchní lávky v lomu Bílina kolísá mezi 0 až 3,7 metry (Obr. 5). Na mnoha místech je zcela nahrazena výnosovými vějíři bílinské delty či fluvialními uloženinami tohoto toku. V místech, kde je uhelná lávka vyvinuta v ní bylo identifikováno 5 záplavových horizontů v podobě jílových proplástek. Indikujících období zvýšené jezerní hladiny a zaplavení rašeliniště (Mach et al., 2013). Svrchní lávka patrně již vznikala v době, kdy docházelo k postupnému zvyšování vodní hladiny a odeznívání uhlotvorby (Pešek et Sivek, 2012).

Svrchní lávka se v místech interakce s bílinskou deltou mění v „pařezový horizont“ tvořený zuhelnatělými kmeny stromů především pak *Glyptostroboxylon rudolphii* a *Taxodioxylon gypsaceum* zachovaných růstové poloze. Některé z těchto pařezů jsou vyplněny jílovou hmotou (Havelcová et al., 2013). Na některých kmenech bylo napočítáno až 2 000 letokruhů (Mach, 1993). Celkový pohled na tento systém ilustruje zánik uhlotvorby v močálu vlivem trvalého zaplavení a následnou sedimentací tzv. břešťanských jílu, nebo v případě bílinské delty písčitych těles (Mach, 1993).

	Profil	Význačné polohy	Mocnost (m)
Svrchní lávka		svrchní lávka	3,0 - 3,7
		cvičák	0,3 - 1,0
Střední lávka		horní část střední lávky	3,3 - 6,0
		třetinový proplástek	0,6 - 3,0
		spodní část střední lávky	12,5 - 13,5
		přechodná lávka	2 - 3
Spodní lávka		trojrytmus	2 - 2,5
		dvojrytmus	1,0 - 2,5
		spodní sloj	7,0 - 12,5

Obrázek 5. Vertikální řez hlavní uhelnou slojí v lomu Bílina (upraveno podle Macha, 1993).

## 5 Vlákniťá složka

Vlákniťá složka neboli fuzit, hlavní předmět studia diplomové práce, je makropetrografický typ uhlí s vysokým podílem uhlíku. Zachovává anatomickou stavbu rostlin a je velmi snadno odlišitelný od jiných petrografických složek uhlí svým vláknitým vzhledem s hedvábným leskem. Vzniká nejčastěji jako produkt nedokonalého hoření rostlinné hmoty během požárů a představuje tak nejčastěji přírodně vzniklé fosilní dřevěné uhlí (Scott, 2010). Mikropetrograficky je vláknitá složka tvořena především macerálem fuzinitem a semifuzinitem s podílem inertodetrinitu a makrinitu, které jsou součástí macerálové skupiny inertinitu (ICCP 1994). Z elementárního chemického hlediska se skládá z uhlíku (71-94 %) s malým obsahem vodíku (2-4 %) a kyslíku (2-20 %). Obsahuje značné množství kondenzovaných aromatických uhlovodíků. Při pozorování v odraženém světle v mikroskopu je velmi dobře patrná stavba buněčných pletiv (ICCP 1994). Zvýšený obsah inertinitu v uhelné sloji znesnadňuje její hydrogenaci, koksování (kvůli obsahu C, H) a také briketování (Kozina et Schenk, 1959). V uhelné sloji se inertinitem obohacené partie jeví jako hedvábně matné polohy, vrstvy či čočky s většinou ostrým ohraničením oproti jiným polohám (Svoboda et Beneš, 1955) - viz obrázek 6. Laterální stálost poloh tvořených vláknitou složkou (fuzitem) může být značná. Z jejího objemu pak byla odhadnuta i rozloha původních lesních požárů. Např. v Irsku máme doklad o lesním požáru na základě estuarinních sedimentů obsahujících značné množství vláknité složky, který podle Nicholse (1992) zasáhl oblast o rozloze asi 95 000 km<sup>2</sup> (pro srovnání – rozloha ČR je 78 000 km<sup>2</sup>).

Vznik poloh vláknitého uhlí je nejčastěji spjat s hořením rostlinné hmoty způsobeným například zásahem blesku či vulkanickou činností. Během procesu hoření dochází postupně ke ztrátě vody, prchavé hořlaviny (uvolnění zplynitelných komponent) a naopak se obohacuje, resp. zůstává pouze uhlíkem obohacená buněčná "kostra". Tento děj probíhá při teplotách do 500 °C (Scott, 2005). Polohy vláknitého uhlí mohou být autochtonní (tj. *in situ*) nebo alochtonní, nejčastěji eolicky či fluviálně transportované (Scott et Glasspool, 2010). Schéma procesů vzniku vláknité složky uhlí vystihuje obrázek 7, který připouští i jiné, méně časté mechanismy vzniku fuzinitu.

Průměrný obsah inertinitu (jehož je vláknitá složka součástí) v uhelných slojích a změny v jeho obsahu podle některých autorů (např. Diessel, 2010; Scott et Glasspool, 2007) souvisí se změnami obsahu kyslíku v paleoatmosféře v průběhu fanerozoika. Uhlí z období karbonu, kdy koncentrace kyslíku v atmosféře byla největší, obsahují nejvyšší průměrné obsahy inertinitu. Průměrné hodnoty v karbonských uhlích se pohybují kolem 25 %. V detailu však mohou v jednotlivých uhelných slojích značně kolísat, v závislosti na hydrologickém režimu rašeliniště. Například obsah inertinitu ve sloji Prokop v hornoslezské pánvi se pohybuje podle Opluštla et Sýkorové (2018) v rozmezí od 8,5 do 56,8 %. Takto vysoké hodnoty jsou spojovány s ombrotrofickým charakterem rašeliniště citlivějším na krátkodobé klimatické oscilace v měřítku

dekád a století, aniž by nutně muselo dojít ke změně koncentrace kyslíku v paleoatmosféře. V dlouhodobém geologickém měřítku jsou však změny průměrného obsahu inertinitu spojovány se změnou koncentrace kyslíku v paleoatmosféře (např. Diessel, 2010; Scott et Glasspool, 2007). Pro kenozoická uhlí jsou podle Diessela (2010) typické průměrné hodnoty do 10 %, pro miocén jsou typické hodnoty od 0 do 5 %.



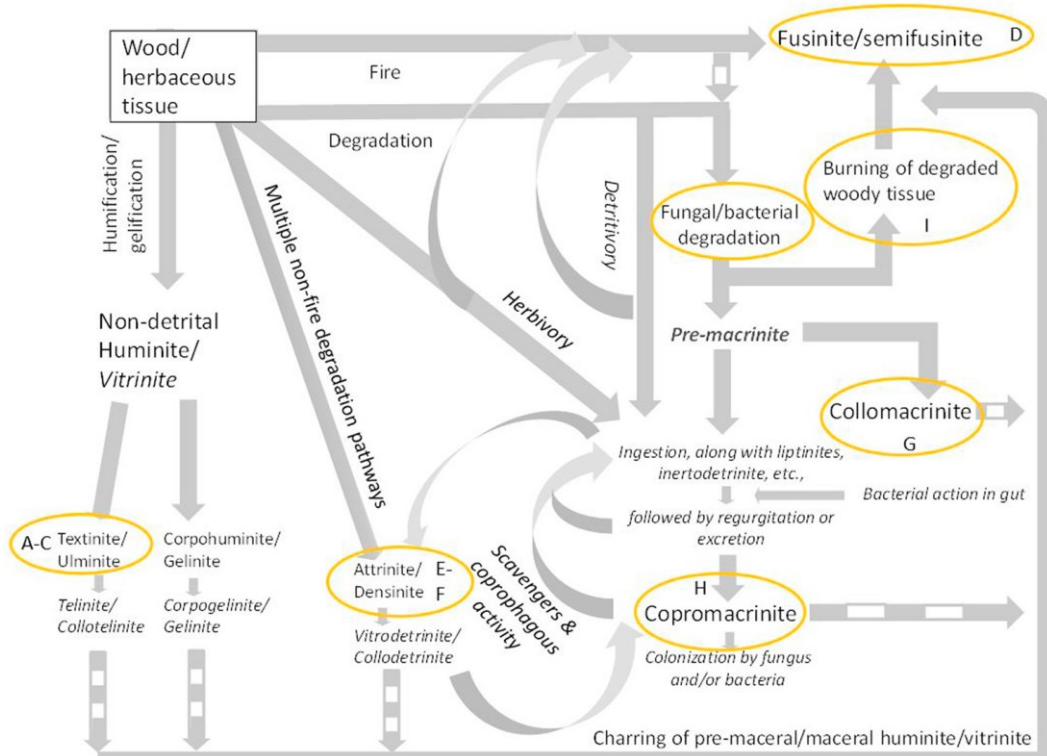
Obrázek 6. Příklad fuzitového horizontu v detritickém až xylodetritickém uhlí střední lávky uhelné sloje lomu Bílina (Foto Autor).

### 5.1 Výskyty inertinitu a vláknité složky v hlavní uhelné sloji mostecké pánve

Vzhledem k všeobecně velmi nízkému obsahu inertinitu v kenozoických uhlích, není ani hlavní uhelná sloj mostecké pánve výjimkou. Průměrné hodnoty inertinitu se v uhelné sloji pohybují jen kolem 10 %. Nejvyšší koncentrace je obecně ve střední látce těžené lomem Bílina. Inertinit zde tvoří makroskopicky pozorovatelné milimetrové vrstvičky a čochy vláknité složky vzniklé nahromaděním úlomků fosilního dřevěného uhlí (Obr. 6). K. A. Jurasky (1929) je však nepovažuje za pozůstatek lesních požárů, ale za výsledek degradace dřevokaznými houbami. Vznik inertinitu, včetně semifuzinitu a fuzinitu (tedy vláknité složky v makroskopickém pojetí) biogenní degradací rostlinných pletiv, především houbami a bakteriemi, byl ve fosilním stavu popsán řadou autorů (Diessel, 1992; O'Keefe et al., 2013). Posledně jmenovaní autoři uvádějí současně komplexní přehled vzniku macerálů skupiny inertinitu nejružnějšími, často kombinovanými procesy (Obr. 7).

Zachování buněčných struktur vláknité složky umožňuje jejich histologické studium a určení jejich příslušnosti k některé z botanických skupin. Nedávný paleobotanický výzkum těchto

horizontů (Fischlová, 2012) ukázal, že horizonty fosilního dřevěného uhlí ve střední uhelné poloze na lomu Bílina jsou tvořeny především jehličnany z čeledi Cupressaceae, a to konkrétně *Taxodioxylon gypsaceum* a *Glyptostroboxylon rudolphii*.



Obrázek 7. Schéma vzniku vláknité složky uhlí (podle O'Keefe et al., 2013).

## 6 Metodika

Pro studium distribuce horizontů fosilního dřevěného uhlí byly použity následující metody:

1. makropetrografické profilování střední lávky ve 4 různých místech lomu Bílina.
2. identifikace fuzitových horizontů z fotomozaik uhelných řezů.
3. identifikace fuzitových horizontů v bezjádrových vrtech pomocí záznamů rychlosti postupu vrtné hlavice.
4. macerálová analýza úseku uhelné sloje mezi dvěma proplásky.

### 6.1 Makropetrografické profilování

Cílem tohoto profilování bylo získat detailní informace o litologii a uhelné petrografii střední lávky uhelné sloje na lomu Bílina.

Profily byly vedeny střední lávkou na čtyřech různých místech v lomu s cílem posoudit vertikální a plošné změny v distribuci fuzitových horizontů v uhelné látce ve zhruba čtyři kilometry dlouhé těžební stěně lomu Bílina. Jednotlivé profily byly vybrány tak, aby byly přibližně ve stejné vzdálenosti od sebe; ta kolísá od 400 do 600 m (Mapa 2). Všechny profily byly zaměřeny pomocí GPS v souřadnicovém systému S – JTSK a vyneseny do mapy 1. Profily byly pro snadnější orientaci pracovním nazvány podle nejbližších kolesových rýpadel následovně:

- K68 – nejjižnější část lomu Bílina, místo styku s podložním vulkanitem “Albert“
- K83 – střední část lomu Bílina
- K102/1 – severní část lomu Bílina
- K102/2 – nejsevernější část lomu Bílina

Vzhledem k výšce stěny kolem 20 metrů a horizontálnímu uložení sloje bylo nezbytné použít k profilování vysokozdvížné plošiny (Obr. 8). Jednotlivé profily byly popisovány makropetrograficky. V každém profilu byly vymezeny a popsány uhelné litotypy (petrografické polohy) a přechodné typy hornin v řadě uhlí – jílovec (Tabulka 1). V uhelných litotypech byl stanoven procentuální obsah xylitu a jeho maximální mocnost, na jehož základě byly litotypy

Obsah popele v bezvodém stavu (A <sup>d</sup> )	A <sup>d</sup> 0-30 %	A <sup>d</sup> 30-50 %	A <sup>d</sup> 50-70 %	A <sup>d</sup> 70-99 %	A <sup>d</sup> 99-100 %
Název	uhlí	uhlí jílovité	jílovec uhelnatý	jílovec tmavý s uhelnou příměsí	jílovec

identifikovány (Tabulka 2).

Tabulka 1 – přechodné typy hornin v řadě uhlí – jílovec podle obsahu popele v bezvodém stavu (podle Dopity et al., 1985)

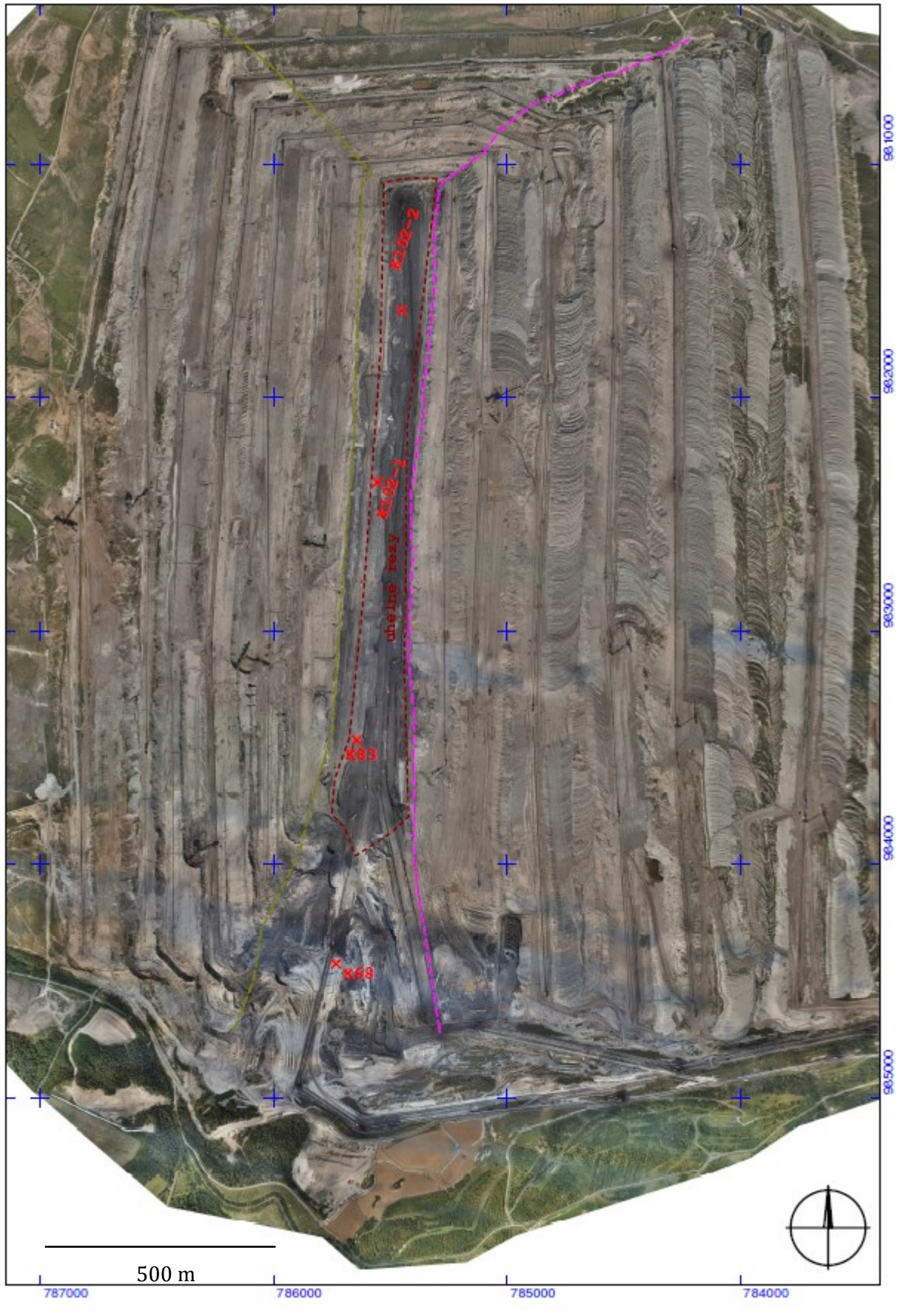
<b>Petrografický typ</b>	<b>Zkratka</b>	<b>Podíl xylitické složky</b>
Xylitické uhlí	XU	90–100 %
Detroxylitické uhlí	DXU	60–90 %
Semidetritické uhlí	SDU	40–60 %
Xylodetritické uhlí	XDU	10–40 %
Detritické uhlí	DU	0–10 %

Tabulka 2 – petrografické typy humitových uhlí podle jejich procentuálního zastoupení xylitu (podle Dopity et al., 1985)



Obrázek 8. Záběr z profilování, vlevo se nachází pracovní plošina s obsluhou, napravo pak první uhelný řez lomu Bílina, srpen 2021. (foto K. Mach).





Mapa 2. Letecký pohled lomu Bílina s vyznačením jednotlivých petrografických profilů. Stav k srpnu 2021.

## 6.2 Identifikace fuzitových horizontů z fotomozaik uhelných řezů

Pro studium distribuce inertinitových horizontů v lomové stěně a jejich laterální stálosti byl v okolí profilu K 83 (záběr široký 40 m a vysoký 20 m) pořízena fotografie a ta následně graficky zpracována a interpretována. Tento úsek byl vybrán proto, že byl čerstvě odtěžen kolesovým rýpadlem K83 a jednotlivé fuzitové polohy byly dobře viditelné.

## 6.3 Identifikace fuzitových horizontů v bezjádrových vrtech pomocí záznamů rychlosti postupu vrtné hlavice

Severočeské doly a. s. využívají při vrtném průzkumu v posledních letech systém bezjádrového vrtání. Jedná se o systém mobilního vrtacího zařízení, které na určeném místě pod daným úhlem (zpravidla kolmo na uložení sloje) vyvrtá vrt. Mezi zásadní výhody patří nízká cena vrtu (10x až 15x levnější než jádrové vrtání) a možnost kontinuální měření velkého množství veličin během vrtání, např. rychlosti vrtání, přítlaku, energie a krouticího momentu (Mach, 2009; Mach et Těšitel, 2010). Nevýhodou je absence vrtného jádra, které je nahrazeno vrtnou drtí z výplachu.

Hodnoty měřených veličin zásadně ovlivňuje petrografické složení uhelné sloje a obsažených klastických proplátek. Změny uvedených parametrů v průběhu vrtání lze proto s dostatečnou přesností korelovat s kvalitou uhelné sloje, zejména s ohledem na obsah jílové hmoty a petrografické složení uhlí. Tvrdší polohy v profilu (xylyt, pelokarbonát, jílovec) zpomalují rychlost postupu, a naopak zvyšují přítlak. Měkčí polohy, například detritické uhlí, se chovají přesně naopak (Mach et Těšitel, 2010). Jelikož jsou inertinitové polohy velmi křehké a mají nízkou tvrdost, na vrtném záznamu se projeví jako intervaly s vysokou rychlostí postupu. Tento předpoklad byl testován a následně využit při lokalizaci potenciálních inertinitových horizontů ve vrtném záznamu. K testování uvedeného předpokladu byla provedena korelace vrtného záznamu v těsné blízkosti makropetrografických profilů K102/1 a K102/2. Mapa 3 ukazuje rozmístění jednotlivých bezjádrových vrtů a linii řezu zobrazených vrtných záznamů v programu Atlas DMT v prvním uhelném řezu lomu Bílina.

Ke korelaci byly použity následující vrty s těmito katastrálními čísly: JU 2411, JU 2252, JU 2412, JU 2413, JU 2414, JU 2416, JU 2417, JU 2418, JU 2421, JU 2425, JU 2422, JU 2423, JU 2426, JU 2341, JU 2344, JU 2345, JU 2346, JU 2340, JU 2347, LB 519, LB 524, HK 953, HK 952, HK 951 a HK 923.



Mapa 3. Lokalizace vybraných bezjádrových vrtů použitých pro korelaci (červeně), linie profilu (zeleně). Stav k srpnu 2021.

#### 6.4 Macerálová analýza střední lávky uhelné sloje

Pro účely rekonstrukce hydrologického režimu rašeliniště, tj. úroveň vodní hladiny a její změny v průběhu vývoje rašeliniště, byla vzorkována a mikropetrograficky analyzována z hlediska macerálového složení část střední uhelné lávky lomu Bílina. Vzorkovaný interval se nachází 10 m severně od profilu K 83. Vybrán byl 4,6 m mocný úsek mezi dvěma jílovými propláskami, které představují záplavové horizonty. Takových záplav bylo identifikováno ve střední látce několik a studovaný interval mezi dvěma záplavovými událostmi je tedy reprezentativním „vzorkem“ hydrologických změn v původním rašeliništi pro celou střední lávku. Celkem bylo identifikováno 20 petrografických poloh (litotypů). Zrnové uhelné nábrusy byly ze vzorků připraveny podle normy ISO 7404-2, (2009) na Ústavu struktury a mechaniky hornin AVČR v Praze. U vzorků byly na tomto pracovišti stanoveny či měřeny následující parametry:

- macerálové složení a procentuální zastoupení jednotlivých macerálů podle Diessela (1992)
- měření odraznosti ulminitu B a inertinitu podle ISO 7404-5, (2009), ICCP, (2001) a Misz-Kennana et al. (2020)
- měření obsahu popela, síry a forem síry ve vzorcích a jejich přepočty na bezvodý stav

Macerálové složení jednotlivých vzorků a jejich procentuální zastoupení bylo vyhodnoceno autorem. Měření odraznosti ulminitu B, inertinitu a měření obsahu popela, síry a forem síry a jejich přepočty na bezvodý stav byl vyhodnocen Ing. I. Sýkorovou DrSc. z Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i.

Z procentuálního zastoupení jednotlivých macerálů v jednotlivých vzorcích byly spočítány hodnoty následujících indexů představujících proxy parametry vystihující charakter vegetace a relativní úroveň hladiny vody v rašeliništi:

- gelifikační index **GI**, podle Diessela (1992)
- index zachování buněčných pletiv **TPI**, podle Diessela (1992)
- index hladiny povrchové vody **GWI**, podle Caldera et al., (1991)
- vegetační index **VI**, podle Caldera et al., (1991)

Metody výpočtů jednotlivých indexů:

$$\mathbf{GI} = \frac{\text{ulminit} + \text{korpohuminit} + \text{denzinit} + \text{gelinit} + \text{makrinit}}{\text{textinit} + \text{atrinit} + \text{fuzinit} + \text{inertodetrinit}}$$

$$\mathbf{TPI} = \frac{\text{textinit} + \text{ulminit} + \text{korpohuminit} + \text{fuzinit} + \text{semifuzinit}}{\text{atrinit} + \text{denzinit} + \text{inertodetrinit} + \text{makrinit}}$$

$$\mathbf{GWI} = \frac{\text{korpohuminit} + \text{gelinit} + \text{denzinit} + \text{atrinit} + \text{mineralizace}}{\text{textinit} + \text{ulminit}}$$

**VI**

$$= \frac{\text{textinit} + \text{ulminit} + \text{resinit} + \text{suberinit} + \text{fuzinit} + \text{semifuzinit}}{\text{gelinit} + \text{atrinit} + \text{denzinit} + \text{inertodetrinit} + \text{kutinit} + \text{sporinit} + \text{alginit} + \text{liptodetrinit} + \text{fluorinit}}$$

## 7 Výsledky

### 7.1 Uhelné litotypy a fuzitové horizonty v profilech střední uhelné lávky

Jednotlivé makropetrografické profily jsou tvořeny zejména xyliticko – detritickým, místy až semidetritickým uhlím. Proplástky v lávce mají šedou až hnědavou barvu, kromě třetinového propláستku mají mocnost do 10 cm. Fuzitové polohy jsou většinou čočkovitého charakteru, složené z drobných úlomků (klastů) fosilního dřevěného uhlí. Jednotlivé fuzitové horizonty jsou mocné do 3 cm, s velmi dobře zachovalou vláknitou strukturou. Úlomky fuzitů jsou průměrně 2 cm velké. Hranice mezi fuzitem a uhlím je většinou ostrá, místy však fuzit přechází přes „semifuzit“ až do xylitu. Místy přecházejí do jílovitých poloh či se štěpí a vyklíňují. Mocnost petrografických poloh se pohybuje od 0,5 cm do 3 cm. Graficky zpracované profily s vyznačením poloh fuzitu ukazuje obrázek 10. Báze střední lávky je v profilech neúplná, jelikož se její hranice nachází mezi prvním a druhým uhelným řezem využívaným jako pojezdová plocha pro lomovou mechanizaci.

Tabulka 3. Počet makropetrografických poloh u profilů K 68, K 83, K102/1 a K102/2

Název profilu	Počet makropetrografických poloh	Počet inertinitových poloh	Počet propláستků
<b>K68</b>	71	15	4
<b>K83</b>	67	7	17
<b>K102/1</b>	79	11	16
<b>K102/2</b>	58	9	11

#### Profil K68

Profil se nachází v nejnižnější části lomu Bílina v místech, kde se sloj ztenčuje postupným vyklíněním spodní uhelné lávky na vulkanické podložní elevaci Albert tvořené silně alterovaným trachyandezitem (Rapprich, 2021). Svrchní část profilu tvoří tzv. třetinový propláستek dosahující mocnosti kolem 1 metru. Uhlí je zejména xyliticko – detritické, místy až semidetritické. V jílovitých propláستcích je ve velkém množství přítomen jemně rozptýlený organický materiál či přímo uhelnaté jílovce s xylity – pravděpodobně kořeny vegetace. Několik propláستků má charakter intraformační brekcie s úlomky šedého jílovce v matrix jílovce kávově hnědého. V profilu bylo identifikováno 15 fuzitových poloh o mocnosti do 3 cm. Akumulace dřevěného uhlí mají vesměs čočkovité rozšíření, s kolísavou mocností, avšak s dobře zachovalou anatomickou “vláknitou stavbou”. Horizonty jsou koncentrovány do horní a spodní třetiny profilu.

### Profil K83

V tomto profilu situovaném na konci jižní poloviny prvního uhelného řezu lomu Bílina převládá uhlí xyliticko – detritické. V proplástečích se objevuje zejména jílovec uhelnatý s xylity. Třetinový proplástek má oproti předchozímu profilu menší mocnost. V profilu bylo identifikováno celkem 7 inertinitových poloh koncentrovaných zejména v podloží třetinového proplástku. V jeho nadloží, tj. ve svrchní třetině profilu inertinitové horizonty zcela chybí. Charakter inertinitu je obdobný profilu K 68 – fuzitové horizonty mají velmi variabilní mocnost, avšak si opět zachovávají vláknitou stavbu.

### Profil K102/1

V tomto profilu nacházejícím se přibližně uprostřed prvního uhelného řezu lomu Bílina se nachází celkem 11 inertinitových horizontů s obdobnými vlastnosti uvedenými v předchozích profilech. Místy je vidět přechod fuzinitu přes semifuzinit až na xylit – zřejmě ohořelý kmen či větve vyšší rostliny. V profilu také dochází k další redukci mocnosti třetinového proplástku – směrem k severu ubývá jeho mocnosti, protože se přibližujeme k okraji jeho maximálního dosahu (Novotný et Mach, 2016). Uhlí je xyliticko – detritické, ve spodní části profilu se setkáváme také s uhlím semidetritickým.

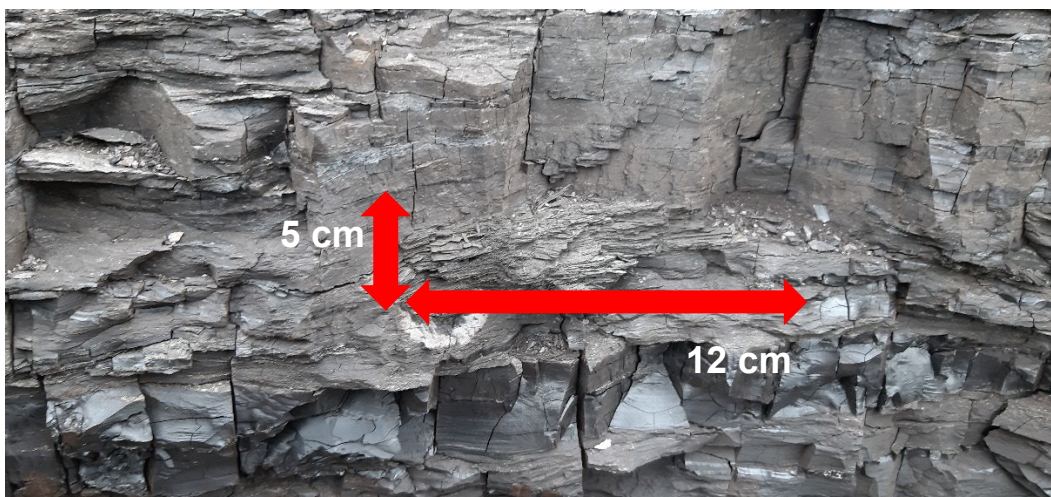
### Profil K102/2

V tomto nejsevernějším profilu je v nejsvrchnější části zachycen tzv. cvičák, což je proplástek oddělující svrchní lávku od střední (Obr. 12). Třetinový proplástek má velmi malou mocnost a nachází se až v polovině profilu. V profilu je vyvinuto celkem 9 inertinitových horizontů silně variabilní mocnosti, opět kusového až čočkového, silně vláknitého charakteru.

#### 7.1.1. Laterální stálost fuzitových horizontů

Laterální stálost inertinitových horizontů je silně variabilní, především kvůli jejich čočkovitému vývoji (Obr. 9, 11). Polohy horizontů tvořených akumulacemi úlomků vláknité složky (fuzitu) lze obvykle sledovat jen na vzdálenost několika metrů až prvních desítek metrů od místa profilu. Tyto polohy se poté štěpí do dvou či více poloh, nebo úplně vyklíní či laterálně přecházejí do sedimentárního proplástku (Obr. 10).

Korelace fuzitových horizontů mezi jednotlivými makropetrografickými profily je proto velmi obtížná, nejen kvůli jejich čočkovitému vývoji, ale také kvůli jejich velmi malé mocnosti. Obvykle se tedy nedají propojovat konkrétní horizonty mezi jednotlivými profily vzdálenými od sebe cca 500 m. Můžeme však v rámci profilů propojit intervaly s jejich vyšší koncentrací (Obr. 10).



Obrázek 9. Fuzitová čočka v profilu K 102/1 (Foto K. Mach, 2021).

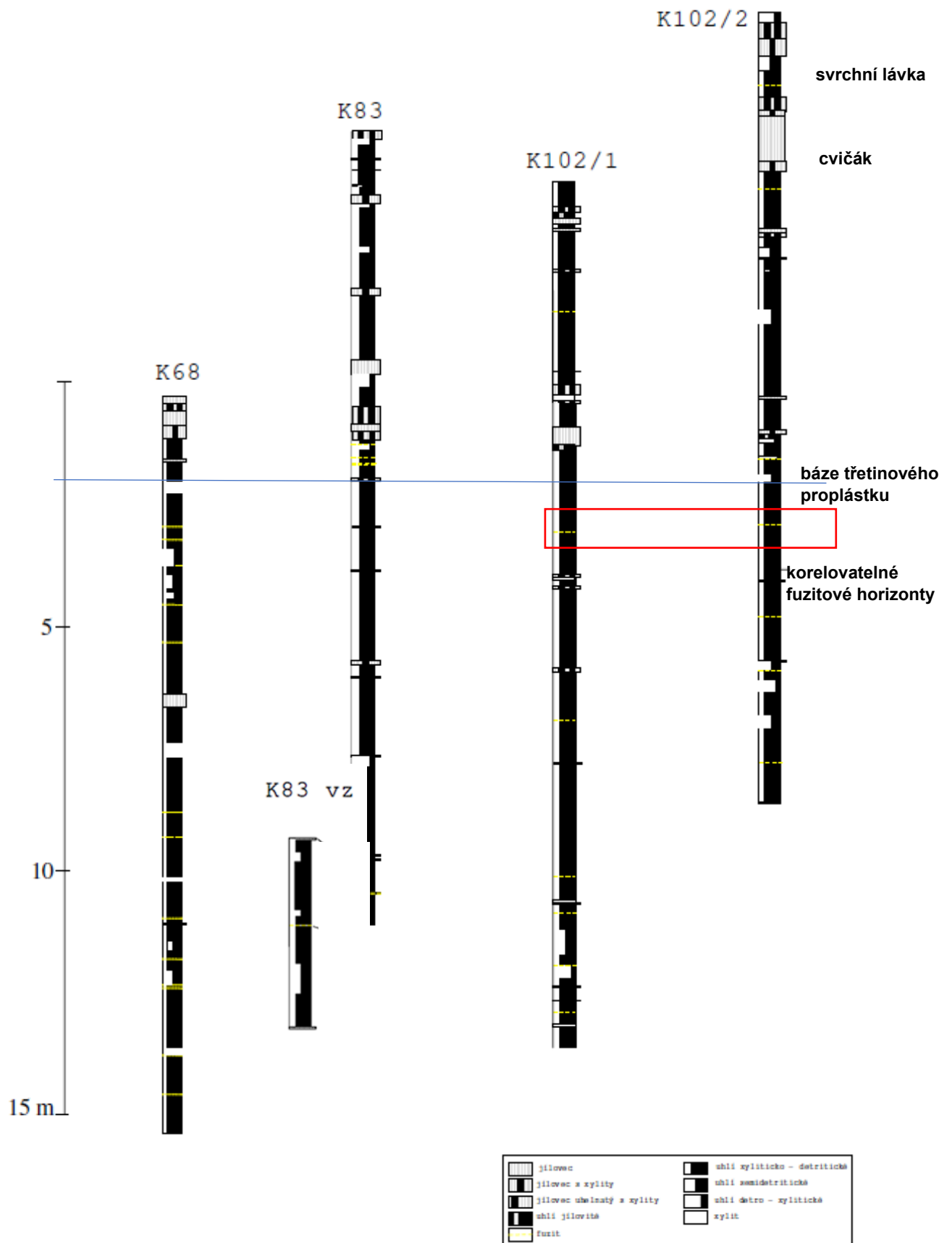


Obrázek 10. Fuzitový horizont přecházející do sedimentárního propláستku kávově hnědého (Foto K. Mach, 2021).



Obrázek 11. Čočka vláknitého fuzitu (Foto K. Mach, 2021).

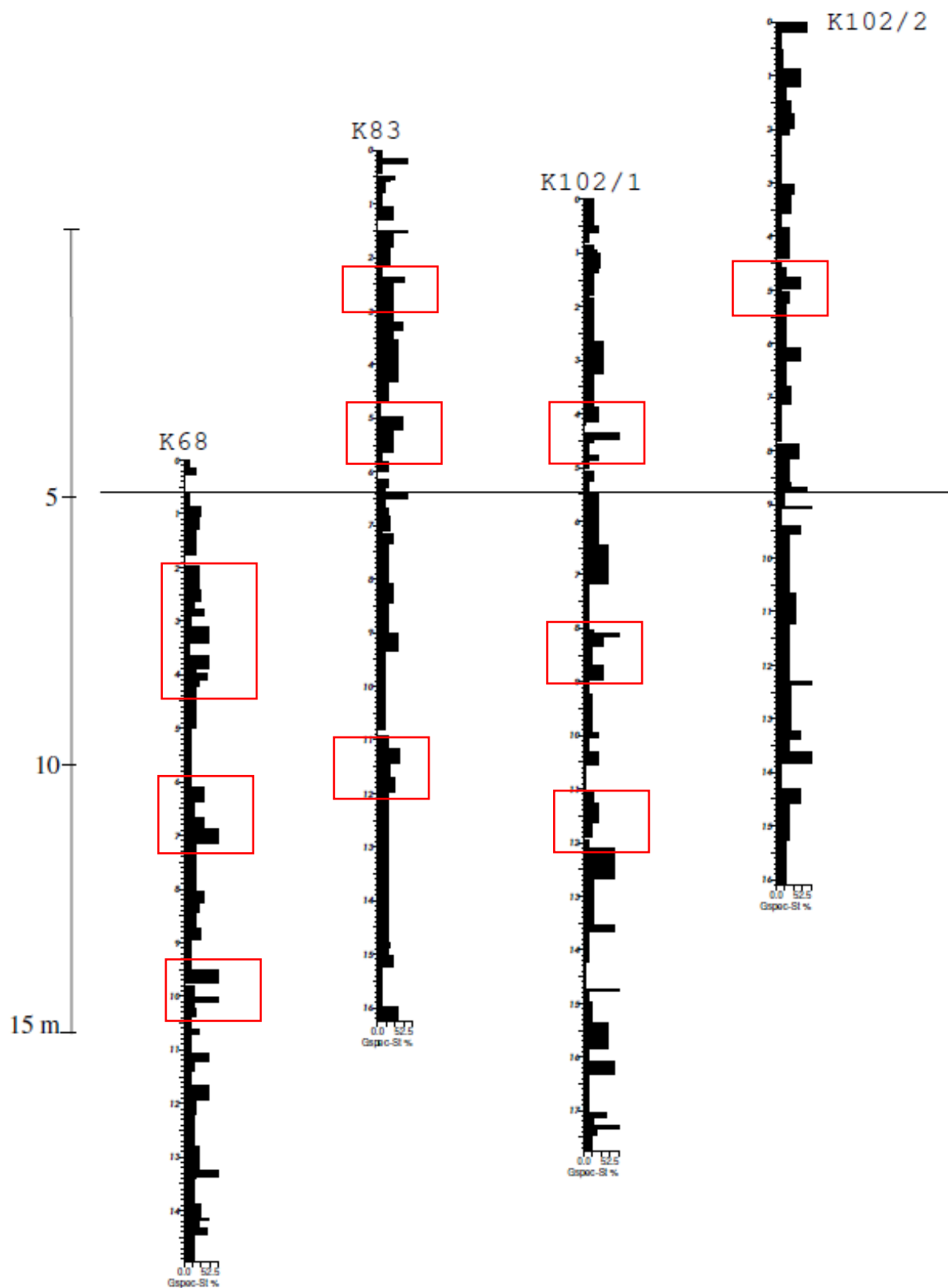




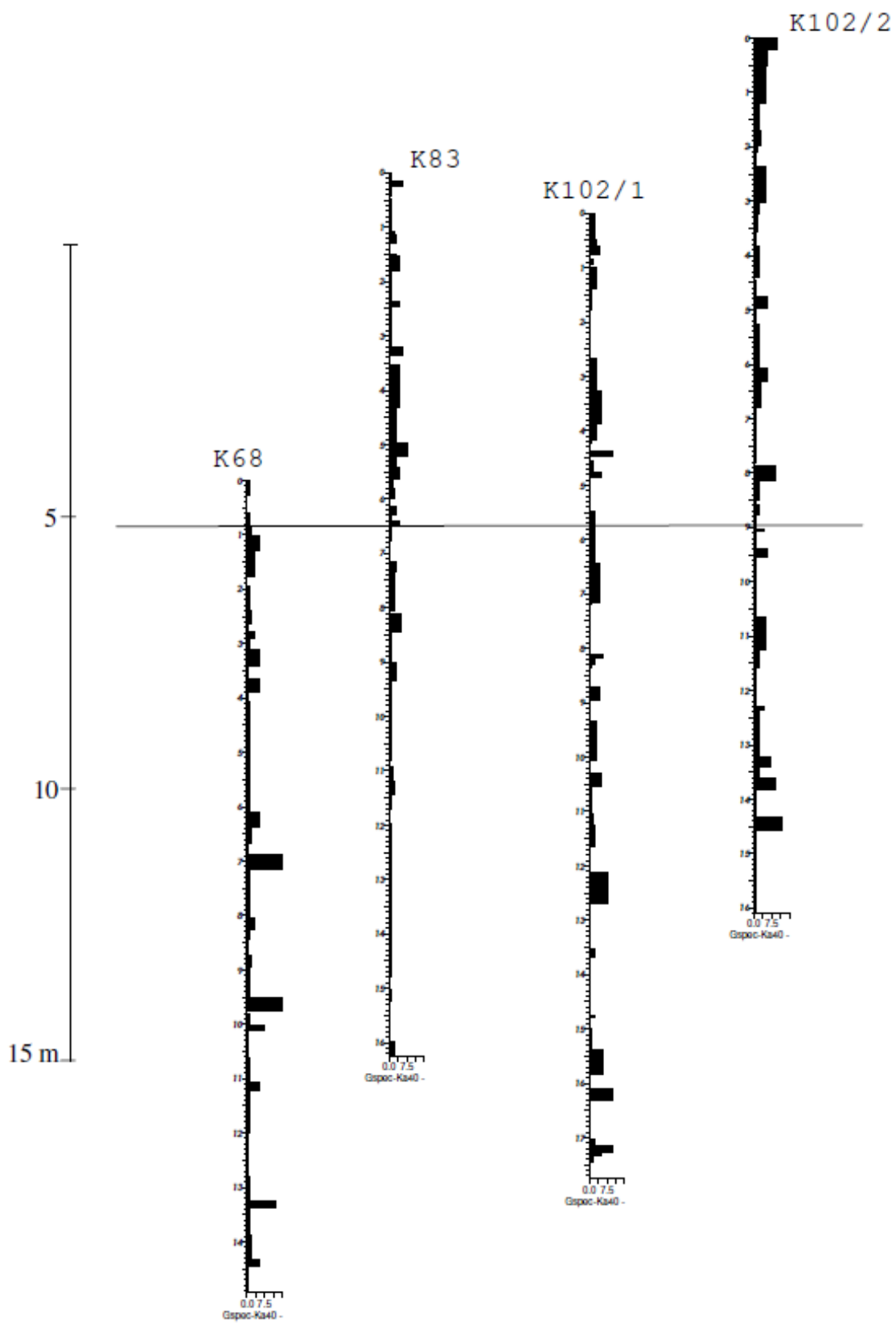
Obrázek 12. Makropetrografické profily K67, K83, K102-1 a K102-2. Profil K 83 VZ je mikropetrograficky studovaný úsek uhelné sloje.

### 7.1.2 Zastoupení xylitu v profilu střední lávky

Výskyt xylitu byl popisován z důvodu jeho využití jako „proxy parametru“ ke stanovení charakteru vegetace. Mocnější čočky xylitu představují pozůstatek lesní vegetace a jejich zvýšený výskyt v asociaci s fuzitovými horizonty může mít spojitost se souvislejším lesním pokryvem, který umožňuje snadnější vznik a šíření požáru. Xylit je v jednotlivých profilech zastoupen spíše nahodile. Ve všech profilech můžeme pozorovat postupné, avšak nerovnoměrné přibývání obsahu xylitu od spodní části do nadloží (Obr. 13). Podíl xylitu je obecně vyšší kolem fuzitových horizontů (některé fuzitové horizonty mají svojí bázi právě na xylitu) a na bázi sedimentárních proplátek. Ve svrchní části střední lávky pak podíl xylitu klesá. Xylit je rovněž přítomen i v některých sedimentárních proplátcích, kde reprezentuje nejčastěji zuhelnatělé kořeny bažinné vegetace. Mocnost čoček xylitu se pohybuje v prvních centimetrech a spíše výjimečně může přesáhnout 10 cm. V proplátcích se jeho mocnost pohybuje do 3 cm; větších mocností nabývá v samotné uhelné sloji. V profilu K 102/2 byl dokonce zaznamenán xylit o mocnosti 15 cm (Obr. 14). Laterálně lze čočky xylitu sledovat až do vzdálenosti několika metrů.



Obrázek 13. Relativní zastoupení podílu xylitu v jednotlivých profilech, červeným rámečkem jsou vyznačeny oblasti postupného nárůstu a následného poklesu obsahu xylitu v uhelné sloji.



Obrázek 14. Maximální mocnost xylitu v jednotlivých polohách profilů.

## 7.2 Fotomozaika okolí profilu K 83



Na fotomozaice je vidět v její svrchní části třetinový proplástek tvořený jílovou intraformační brekcií, na bázi jílovcem tmavě šedým s xylity. Proplástek zde dosahuje mocnosti kolem 1 m. Těsně pod ním se nachází 5 fuzitových horizontů mocných do 2 cm a od sebe oddělených nejvýše několika centimetry detritického uhlí (přerušovaná žlutá čára v horní části obrázku). Tato fuzitová poloha je velmi variabilní, jednotlivé horizonty nelze od sebe spolehlivě rozdělit, horizonty se spojují dohromady a po několika metrech zase štěpí do svých původních poloh. V prostřední části profilu se nachází několik sedimentárních proplástků tvořených tmavě šedým jílovcem. Poslední fuzitový horizont se nachází pod bází zdvojeného proplátku. Horizont je do 3 cm mocný, bez známek čočkovitosti. Podobný fuzitový horizont ve stejné stratigrafické pozici v profilu K 83 VZ byl vzorkován pro účely macerálové analýzy.

Čočkovitý vývoj jednotlivých fuzitových horizontů, přecházení jeden v druhý a jejich vykliňování znemožňuje spolehlivě sledovat jejich průběh na větší vzdálenost. Laterální stálost celého svazku všech pěti fuzitových horizontů je však poměrně značná a lze je sledovat na vzdálenost desítek metrů. Podobnou laterální stálost vykazují fuzitové horizonty při bázi mozaiky vyazuje značnou stálost i monotónnost složení. Pouze místy vyazuje čočkovitý vývoj, jinak ale nevykliňuje a ani se neštěpí.

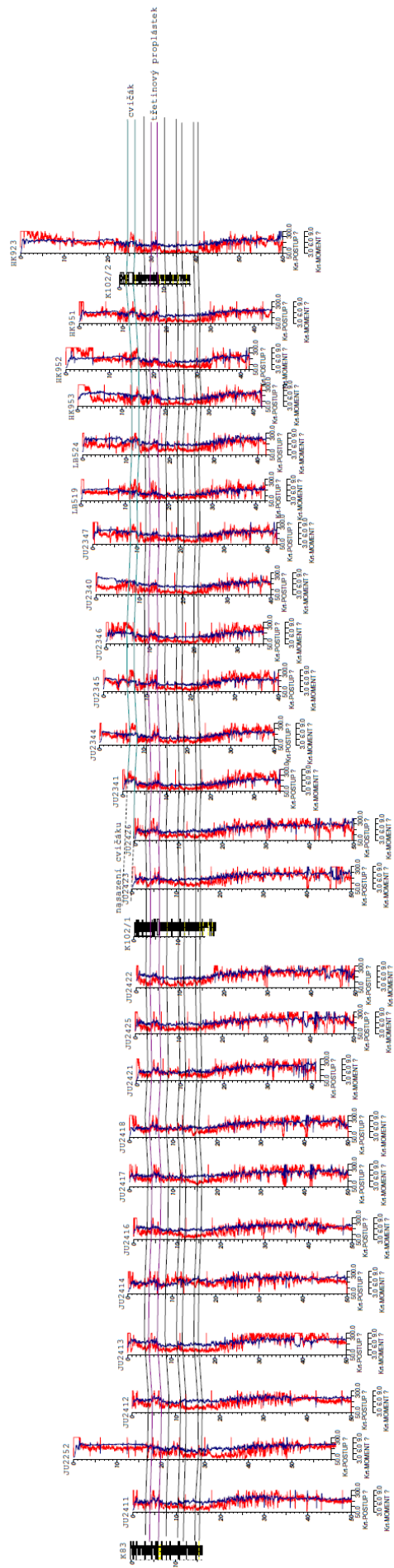
Obrázek 15. Okolí profilu K 83, bíle jsou zvýrazněné proplásky, žlutě pak fuzitové horizonty

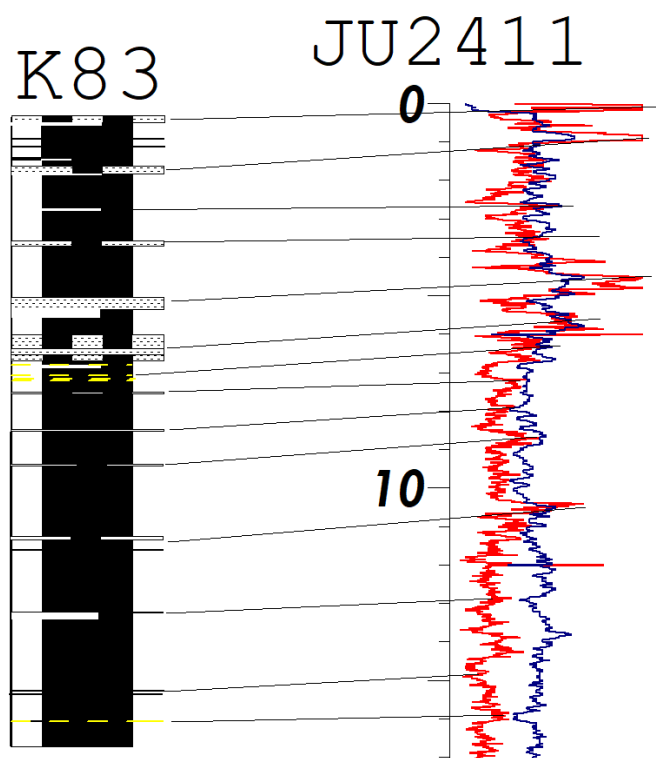
### 7.3 Bezjádrové vrtání

K ověření, jak se chová karotážní záznam v místě výskytu fuzitového horizontu byl porovnáván profil K102/1 se záznamem nejbližšího bezjádrového vrtu JU2210. Podobně k profilu K102/2 byl vybrán nejbližší bezjádrový vrt HK 923. Tyto vrty byly vzdáleny od profilů do 10 m. Obě dvojice – vrt a blízký profil byly měřítkově a výškově srovnány pomocí proplástek. V místě výskytu inertinitového horizontu byly sledovány výkyvy relativního postupu vrtného jádra. V těchto místech skutečně docházelo k náhlému nárůstu rychlosti postupu, avšak tyto výchyly nebyly ve všech profilech stejně velké. Jedním z důvodů těchto rozdílných výchylek může být různá mocnost fuzitových horizontů ve sloji. Ta souvisí s čočkovitým vývojem fuzitových horizontů. Nárůst rychlosti postupu bude tedy rozdílný při průchodu čoček různé mocnosti. Charakter těchto výchylek byl oproti jiným petrografickým polohám odlišný v intenzitě a délce signálu. Průchod fuzitovým horizontem indikuje náhlý nárůst hodnot rychlosti postupu vrtné korunky a jeho stejně rychlý pokles na původní hodnotu související s malými mocnostmi fuzitových horizontů. Tyto náhlé výchyly jsou natolik charakteristické, že je nepravděpodobné, že by tyto výchyly reprezentovaly jiný fenomén. Polohy xylitu, jílové proplásky či mineralizované pukliny jsou mnohem tvrdší a záznam postupu vrtu přes tyto polohy má signál přesně opačný – zpomalení rychlosti postupu vrtné hlavice. Celkově je tato metoda pro identifikaci fuzitových horizontů vhodná. Nicméně je důležité, aby byl k dispozici alespoň jeden blízký profil, aby bylo možné ověřit, jaký signál má konkrétní poloha ve vrtném záznamu. Celé korelační schéma reprezentuje obrázek 16.

Obrázek 16. korelační schéma bezjádrových vrtů s profily K 83, K 102/1 a K 102/2. (na další straně):

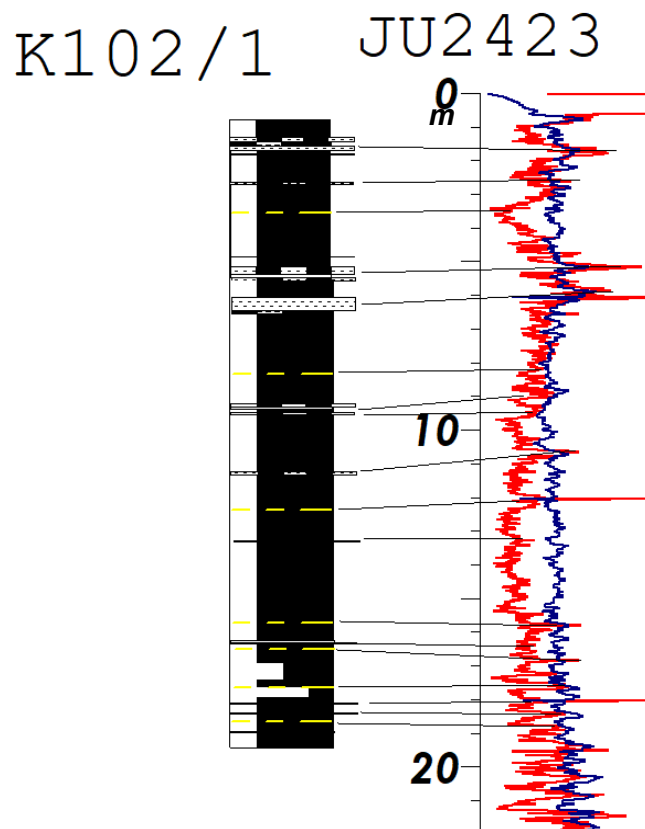
Růst hodnot výchylek je směrem doprava. Červená křivka – rychlost postupu vrtné hlavice, modrá křivka – kroutivý moment vrtné hlavice, žlutá čára – fuzitové horizonty, šedě – proplásky, černobíle – uhlí. Hodnoty hloubky jsou uvedené v metrech. Černé korelační křivky značí pravděpodobný průběh fuzitových horizontů. Barevné korelační křivky ukazují na průběh proplástek, a to cvičáku a třetinového proplásku.



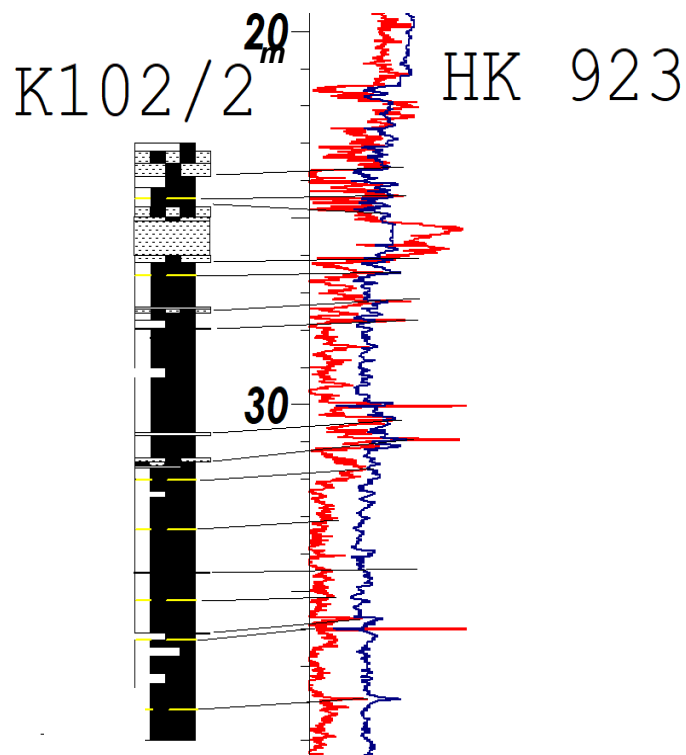


Obrázek 17. Interpretace profilu K 83 a JU 2411.. Na tomto vrtném záznamu jsou vidět jednotlivé výchylky v rychlosti postupu vrtné hlavice, kdy proplástky nám indikují skokový nárůst postupu, kroutivý moment se také zvyšuje. V případě fuzitového horizontu se zde rychlost postupu i kroutivý moment rovněž zvyšují, nicméně nedosahují takových hodnot jako při postupu jílovým proplátkem. I obsah xylitu hraje svoji roli, ve spodní části u partie semidetritického uhlí je možno vidět nárůst obou sledovaných veličin.





Obrázek 18. Interpretace profilu K 83 a JU 2423. U tohoto vrtu lze opět na vrtném záznamu rozeznat základní litologii – ať už proplástky nebo fuzitové horizonty. Také je velmi zajímavé, že výchylka postupu v případě zachycení fuzitového horizontu nemusí nutně znamenat náhlé zvýšení rychlosti postupu. U prvního horizontu se rychlost postupu dramaticky snižuje a ne naopak – důvodem může být zpevnění fuzitové vrstvy diagenetickým sideritem. Horizont se tak stává pevnější než okolní uhlí.



Obrázek 19. Interpretace profilu K 102/2 a HK 923. Na tomto příkladu vrtného záznamu si můžeme povšimnout vysoké citlivosti vrtného záznamu na změnu litologie. Ze záznamu vystupují náhlé změny postupu jak ve svrchní části profilu (cvičák a svrchní lávka) tak i jiné jílové proplásky (hlavní a třetinový). Ve spodní části profilu u posledního fuzitového horizontu vidíme i jeho reprezentativní odezvu ve vrtném záznamu – náhlá změna rychlosti postupu a zvýšení kroutivého momentu.

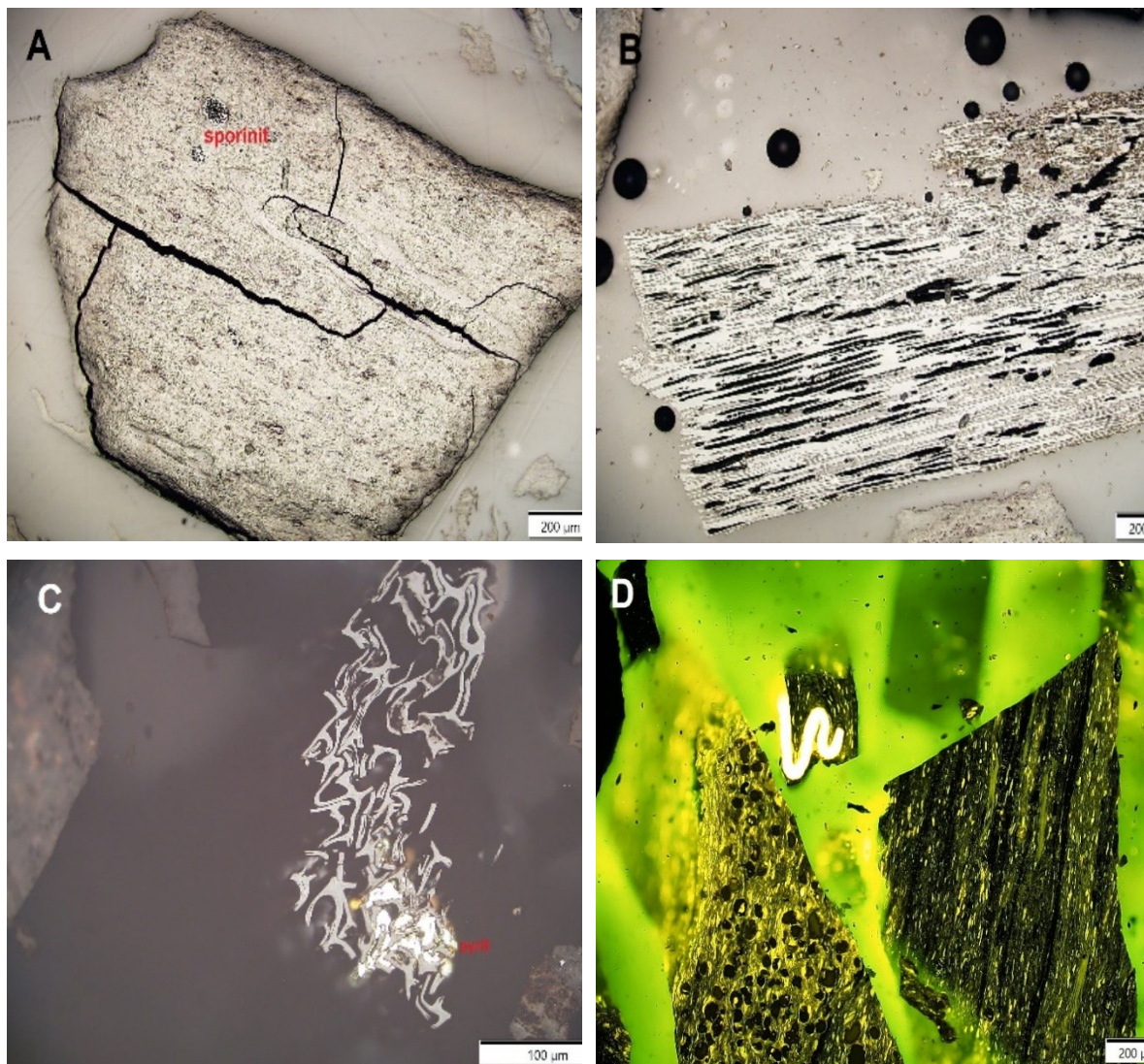
#### 7.4 Macerálové složení střední lávky

Ve studovaném profilu části střední lávky mezi dvěma záplavovými horizonty se obsah huminitu ve vzorcích pohybuje mezi 14 až 78 % a jedná se tak o dominantní macerálovou skupinu (Tab. 4). U vzorků ve spodní části profilu (K83/1, K83/2) a ve svrchní části profilu (K83/19, K83/20) klesá obsah huminitu ve prospěch liptinitu. Z macerálů skupiny huminitu má nejvyšší zastoupení ulminit a denzinit oproti textinitu a gelinitu. Vyšší obsah ulminitu oproti textinitu je dán vyšším stupněm gelifikace. Světelná odraznost ulminitu B se v celém profilu mění v úzkém intervalu od 0,30 % do 0,34 % (Tab. 4), hodnoty typické pro uhlí nízkého stupně prouhelnění, resp. hnědé uhlí prouhelněné do stadia hnědouhelné ortofáze (Pešek et al., 2010).

Podíl liptinitu se pohybuje mezi 0 až 50 % (Tab. 4). Obsah liptinitu narůstá směrem ke středu profilu a odkud dál k záplavovému horizontu ve stropu intervalu postupně klesá. Hodnoty obsahu liptinitu tak nepřímo úměrně korelují s obsahy huminitu. Úseky s vysokým obsahem huminitu mají nízký obsah liptinitu a naopak. Z macerálů této skupiny jsou nejvíce zastoupeny rezinit, liptodetrinit a sporinit.

Obsah inertinitu ve zkoumaném profilu kolísá v rozmezí od 0,3 do 12,1 % (Tab. 4), v průměru se však pohybuje kolem 4 %. Nejvyšší hodnoty dosahuje ve vzorku K83/11, který se makropetrograficky vyznačoval větším podílem fuzitu. Ostatní macerály jsou přítomny ve formě inertodetrinitu, méně makrinitu.

Výsledky macerálové analýzy s obsahem popela a síry, průběh jednotlivých indexů a hodnoty odrazu ulminitu B a inertinitu shrnuje obrázek 20.



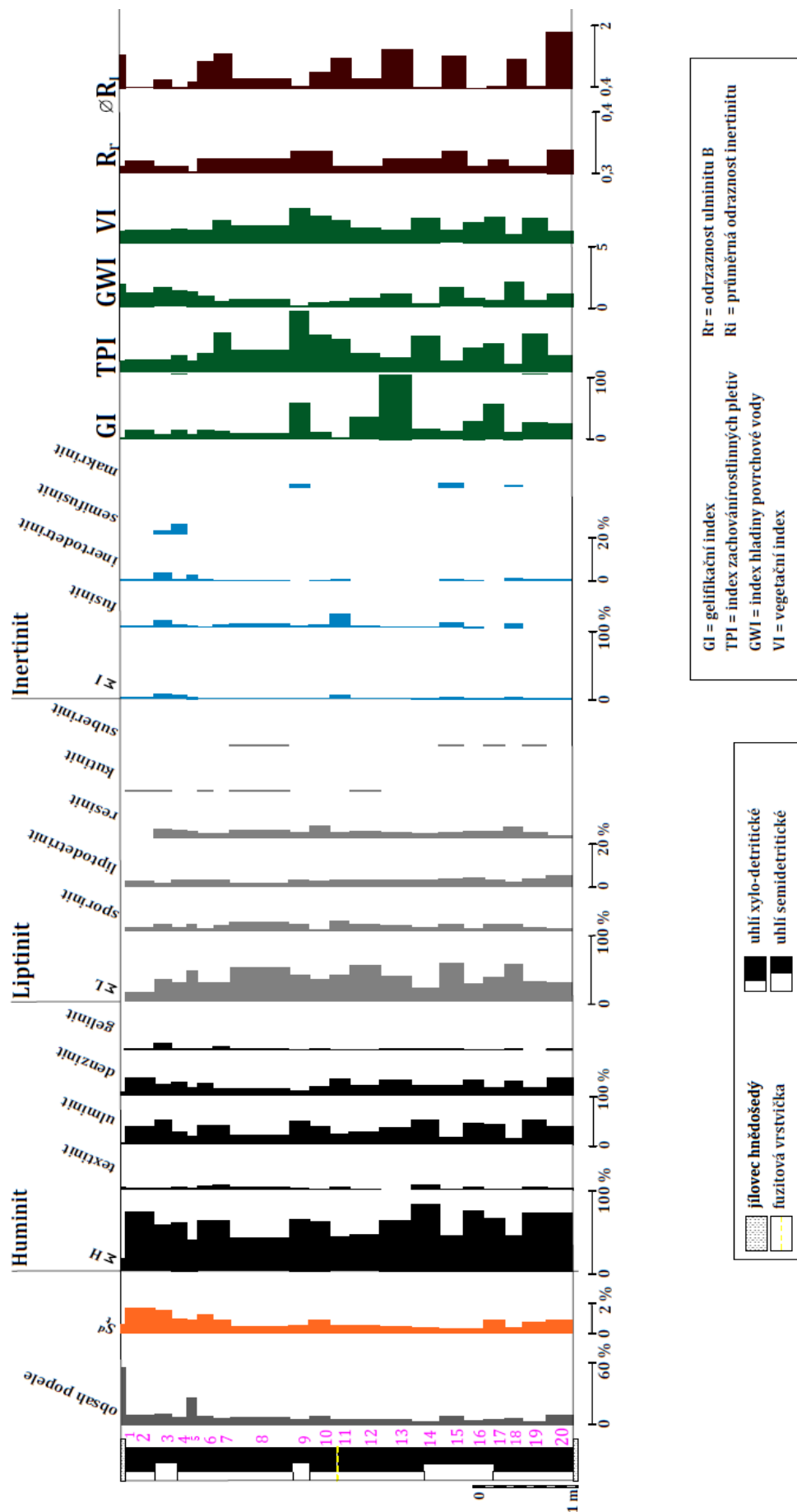
Tabule 1- Mikrofotografie macerálů. (Autor)

A – ulminit se sporinitem (K83/3)

B – fuzinit s dobře zachovanou stavbou pletiv (K83/5)

C – fuzinit přecházející v inertodetrinit, částečně mineralizovaný pyritem (K83/11)

D – macerály skupiny liptinitu (resinit, mikrospora) ve fluorescenci (K83/14)



Obrázek 20. Macerálová distribuce v rámci jednoho sedimentačního cyklu střední lávky (fialově jsou vyznačeny polohy jednotlivých vzorků v profilu).

vzorek č.	Hloubka (m)	Huminit				Liptinit				Inertinit						
		Σ	textinit	uhlinit	denzinit	gelnit	Σ	sporinit	iptodetrini	resinit	kutinit	suberinit	Σ	fusinit	inertodetrinit	semifusinit
K83/1	0,05	14,7	1,9	3,9	8,9	0	0	0	0	0	0	1,2	0,8	0,4	0	0
K83/2	0,20	73,5	1,9	34,4	35,0	2,2	19,0	1,3	2,5	1,9	0,3	3,1	0,6	2,5	0	0
K83/3	0,50	56,1	1,6	23,2	25,7	5,5	33,0	3,0	1,4	4,4	0,3	8,5	3,0	3,6	1,9	0
K83/4	0,65	59,5	2,0	25,9	25,3	6,3	29,0	1,1	2,9	4,3	0	6,6	0,9	1,4	4,3	0
K83/5	0,70	37,9	1,9	16,1	17,5	2,4	41,0	3,3	2,8	3,6	0	3,6	0,9	2,6	0	0
K83/6	0,90	61,4	2,0	31,2	24,4	3,7	27,0	1,4	3,7	2,6	0	1,7	0,3	1,4	0	0
K83/7	1,10	60,1	2,4	37,7	14,7	5,3	26,0	2,1	2,7	2,4	0,6	1,5	1,2	0,3	0	0
K83/8	1,40	40,3	2,0	21,5	15,0	1,8	47,0	4,0	2,0	4,2	0	1,8	1,6	0,2	0	0
K83/9	1,80	60,2	0,5	48,9	9,9	0,8	38,0	3,4	3,4	2,4	0,8	0,8	0,5	0	0	0,3
K83/10	1,93	59,3	4,2	36,0	15,8	3,3	31,0	0,8	2,8	5,0	0	1,1	0,8	0,3	0	0
K83/11	2,13	41,8	2,4	23,8	14,5	1,2	42,0	4,5	3,1	2,4	0	12,1	11,4	0,7	0	0
K83/12	2,43	46,7	0,6	25,1	20,0	1,0	50,0	3,3	3,3	3,7	0	0,6	0,6	0	0	0
K83/13	2,73	61,8	0,0	31,4	29,3	1,1	35,0	2,6	2,6	3,2	0,8	0,3	0,3	0	0	0
K83/14	3,00	78,1	4,1	50,9	21,5	1,6	21,0	1,6	2,8	2,2	0	0,3	0,3	0	0	0
K83/15	3,30	41,7	0,4	17,6	22,2	1,5	55,0	3,5	3,0	3,1	0	3,1	2,0	0,7	0	0,4
K83/16	3,50	73,1	2,1	42,4	27,8	0,9	26,0	0,9	3,9	3,0	0	0,6	0,3	0,3	0	0
K83/17	3,70	60,5	0,8	40,2	18,8	0,8	39,0	3,3	2,5	3,5	0	0,3	0,0	0,3	0	0
K83/18	3,90	43,9	0,4	15,7	26,9	1,0	52,0	3,3	1,9	4,8	0	2,9	1,7	1,0	0	0,2
K83/19	4,00	70,0	2,1	48,5	19,5	0	27,0	1,8	3,5	2,4	0	0,6	0,6	0	0	0
K83/20	4,30	70,4	1,7	34,3	31,2	3,2	27,0	1,7	4,6	1,4	0	0,9	0,9	0	0	0

Tabulka 4. Procentuální zastoupení jednotlivých macerálů ve vzorcích.

#### 7.4.1 Odraznost inertinitu

Z výsledků v Tab. 5 vyplývá, že nejnižší hodnoty průměrné odraznosti inertinitu menší než 0,50 %  $R_I$  byly naměřeny ve vzorcích s nižším obsahem inertinitu zejména funginitu. U ostatních vzorků s vyšší průměrnou odrazností inertinitu souvisí vyšší hodnoty s výskytem vysoce odrazného fuzinitu a makrinitu bez ohledu na celkový obsah inertinitu. Fuzinit zahrnuje zbytky nedokonale spálených dřevních pletiv. Jeho odraznost se pohybuje v širokém intervalu od 0,64 % do 3,16 %  $R_{Fz}$ . V případě některých částic fuzinitu s odrazností nižší než 1 % a v souladu s morfoloickými změnami buněčných pletiv nelze vyloučit biochemickou degradaci procesem tlení a trouchnivění (Diessel, 1992; O'Keefe et al., 2013). Semifuzinit se vyskytoval nepravidelně v omezeném množství a jeho odraznosti kolísají od 0,41 % do 0,64 %  $R_{Smf}$ . Mnohem četnější v kolekci vzorků je funginit zastoupený fragmenty a orgány hub zejména sklerocii, sporama a zbytky hyf, jejichž odraznost se pohybuje od 0,36 % do 0,96 %. Značné rozptyly odrazností byly zjištěny ve společné skupině makrinitu a sekretinitu, které se pohybují od 0,40 % do 3,02 %  $R_{Ma}$ , které byly způsobené jak degradačními procesy, tak nedokonalým spalováním rostlinného materiálu. Vzhledem k malým rozměrům částic inertodetrinitu menších než 10 $\mu$ m, byla odraznost měřena na omezeném množství částic pouze u čtyř vzorků. V případě vzorků K83/1, 3, 6, 8, 20 byly vzácně pozorované změny v morfologii a v odraznosti huminitu a také světlé oxidační lemy popsané Taylorem et al., (1998) a Misz-Kennan et al., (2020).

Číslo vzorku	Hloubka (m)	Odraznost ulminitu B ( $R_r$ , %)	Průměrná odraznost inertinitu ( $\bar{R}_I$ )
K83/1	0,05	0,31	1,17
K83/2	0,20	0,32	0,46
K83/3	0,50	0,31	0,61
K83/4	0,65	0,31	0,38
K83/5	0,70	0,30	0,56
K83/6	0,90	0,32	0,84
K83/7	1,10	0,32	1,06
K83/8	1,40	0,32	0,66
K83/9	1,80	0,33	0,51
K83/10	1,93	0,33	0,70
K83/11	2,13	0,31	0,91
K83/12	2,43	0,31	0,65
K83/13	2,73	0,32	1,27
K83/14	3,00	0,32	0,32
K83/15	3,30	0,33	0,98
K83/16	3,50	0,31	0,34
K83/17	3,70	0,32	0,45
K83/18	3,90	0,31	0,87
K83/19	4,00	0,31	0,40
K83/20	4,30	0,34	1,79

Tabulka 5. hodnoty odraznosti ulminitu B a inertinitu.

#### 7.4.2 Hodnoty indexů GI, TPI, GWI a VI

Gelifikační index (**GI**) se pohybuje mezi hodnotami 2,7 až 234. Vyšší hodnoty svědčí o relativně velmi vlhkém rašeliništi. Poněkud překvapivě se nejvyšší hodnoty objevují uprostřed profilu mimo záplavové horizonty.

Index zachování rostlinných pletiv (**TPI** = Tissue Preservation Index) se pohybuje mezi hodnotami 0,7 až 4,9. Tyto relativně nízké hodnoty svědčí o nízkém charakteru vegetace nebo intenzivním rozkladu rostlinných pletiv. Nejvyšších hodnot TPI v tomto případě dosahuje při požáru rašeliniště (K 83/11), protože dochází vlivem vzniku fosilního dřevěného uhlí k zachování rostlinných pletiv.

Další z indexů, tzv. **GWI** (Ground Water Index) odráží podobně jako gelifikační index relativní vlhkost rašeliniště, tj. úroveň vodní hladiny v rašeliništi a její případné kolísání (Markic et Sachsenhofer, 1997). Nejvyšších hodnot dosahuje ve spodní a svrchní části profilu se zvýšeným podílem jílové příměsi.

Vegetační index (**VI** = Vegetation Index), podobně jako TPI, odráží charakter vegetace. Kolísá mezi hodnotami od 0 do 5. Od báze směrem do nadloží hodnota roste, uprostřed profilu dosahuje maximální hodnoty a při nadloží opět klesá.

#### 7.4.3 Obsah popele v bezvodém vzorku

Obsah popele ve studovaném profilu dosahuje vcelku nízkých hodnot nepřesahující 7 % (Tab. 6). Výjimkou je pouze samotný záplavový horizont (vzorek č. 1) ve svrchní části profilu, s hodnotou přes 50 % odpovídající uhelnatému jílu. Zvýšené obsahy popela jsou způsobeny především vysokému obsahu jílových minerálů, diageneticky vzniklé minerály (pyrit/markazit, siderit) mají na tomto obsahu minoritní podíl.

#### 7.4.4 Obsah síry

Obsah síry v bezvodém vzorku ve zkoumaném profilu je velmi nízký a pohybuje se v rozmezí od 0,35 % do 1,6 % (Tab. 6). Tyto hodnoty jsou v souladu s hodnotám uváděnými pro střední lávku dalšími autory, kteří uvádějí hodnoty až do 5 % (Pešek et Sivek, 2012). Při spodní a horní hranici studovaného profilu, tj. v blízkosti záplavových horizontů, je obsah síry vyšší, uprostřed profilu je obsah síry nižší.

Číslo vzorku	Hloubka (m)	A <sup>d</sup>	S <sub>t</sub> <sup>d</sup>
K83/1	0,05	59,31	0,44
K83/2	0,20	10,56	1,81
K83/3	0,50	11,76	1,6
K83/4	0,65	7,16	0,97
K83/5	0,70	18,82	0,87
K83/6	0,90	4,99	1,33
K83/7	1,10	3,54	0,73
K83/8	1,40	5,13	0,46
K83/9	1,80	3,39	0,61
K83/10	1,93	6,35	0,92
K83/11	2,13	3,25	0,59
K83/12	2,43	3,03	0,59
K83/13	2,73	3,10	0,54
K83/14	3,00	2,09	0,43
K83/15	3,30	5,11	0,35
K83/16	3,50	2,01	0,35
K83/17	3,70	2,36	0,84
K83/18	3,90	4,73	0,42
K83/19	4,00	2,87	0,70
K83/20	4,30	7,44	0,91

Tabulka 6. Hodnoty obsahu popele (A<sup>d</sup>) a síry (S<sub>t</sub><sup>d</sup>) ve vzorku v bezvodém stavu.



## 8 Interpretace a diskuze

### 8.1 Srovnání s recentním rašeliništěm Okefenokee (Georgia, USA)

V jv. části USA se již během kvartéru objevují v důsledku vhodného klimatu nejrůznější formy mokřadních biotopů. Jeden z nich, rozsáhlý mokřad Okefenokee ve státě Georgia studoval K. Mach (2016), kterého zaujala nápadná podobnost těchto recentních subtropických močálů s uhlotvorným miocenním močalem mostecké pánve. Poznatky a fotografická dokumentace nashromážděná K. Machem byly proto využity při interpretaci prostředí střední lávky hnědouhelné sloje lomu Bílina.

Rašeliniště Okefenokee je považováno za recentní analog terciérních rašelinišť střední Evropy, která připomíná jak prostředím, tak charakterem flóry a částečně i fauny a podobnými hodnotami ve složení atmosféry (Teichmüller, 1989). Rašeliništi Okefenokee je spleť izolovaných ostrůvků husté vegetace oddělených úseky s otevřenou vodní hladinou a vodními rostlinami. Ostrůvky porostlé vegetací jsou současně místa hlavní produkce rostlinné biomasy, jež se následně mění na rašelinu a v případě dlouhodobého pohřbení v uhlí. Tyto ostrůvky jsou porostlé jak stromovitou, tak nižší keřovitou či bylinnou vegetací, která se svým charakterem a často i botanickým složením (stejně či příbuzné čeledi a rody) nápadně podobá rostlinným společenstvům popsaným ve fosilním záznamu hlavní uhelné sloje mostecké pánve (např. Mach et al., 2013; Havelcová et al., 2013). Složení stromovité vegetace, zejména konifer, je mezi recentním močalem Okefenokee a rašeliništěm mostecké pánve prakticky totožné – např. výskyt tisovců. Taxodiový uhlotvorný les je v mostecké pánvi zachován například v podobě pařezového horizontu svrchní lávky uhelné sloje (Mach et al., 2013; Havelcová et al., 2013).

Přesto, že rašeliniště Okefenokee je prostředím s částečně otevřenou vodní hladinou, požáry v něm jsou celkem běžným zjevem. Nejvíce náchylné pro vznik požáru jsou ostrůvkovité úseky s hustou lesní a keřovou vegetací, kde se požár iniciovaný nejčastěji bleskem, může snadno rozšířit. K požárům navíc dochází nejčastěji během nejsušší sezóny, kdy vodní hladina klesá místy pod úroveň povrchu rašeliny, která tak může být snadno zapálena hořící vegetací nebo bleskem. Rašelina pak obvykle vyhoří až k úrovni hladiny podzemní vody. Pokud je hladina vody nad úrovní vrstvy rašeliny, k prohořívání lesního opadu i povrchové vrstvy rašeliny nedojde. Požár se pak šíří pouze korunami stromů a bylinným patrem zanechávající za sebou částečně či zcela ohořelou vegetaci (Scott, 2010). Vzniklá hmota dřevěného uhlí je pak dvojího charakteru – větší úlomky dřevěného uhlí destičkového tvaru, které zachovávají původní anatomickou stavbu (Obr. 26, 29, 32) které vznikly hořením dřevitého materiálu. Naproti tomu velmi malé, až prachovité úlomky vznikly často hořením olistění nebo samotné rašeliny (Cohen, 1973). Je velmi pravděpodobné, že k oběma výše zmíněným scénářům docházelo i během tvorby rašeliniště střední lávky uhelné sloje v lomu Bílina. Makroskopický charakter fuzitu (viz obr. 9, 10 a 11) i jeho velmi nerovnoměrná laterální stálost ukazují na přítomnost hoření jak lesního

opadu na povrchu rašeliniště, tak i přímo vegetace, protože se fuzitové úlomky v profilech vyskytují ve dvou variantách, a to kusovitým fuzitu se zachovalou stavbou (ekvivalent ohořelé větve či kmenu) a fuzitu jemného, drobného odpovídajícího ohořelého drobného rostlinného opadu či rašeliny.

Drobné úlomky fuzitu v jílových proplástečích značí jeho depozici ve vodním prostředí a lze tedy spekulovat o jeho alochtonním původu. Podle Scotta (2010), dřevěné uhlí plave ve vodním sloupci a může být snadno transportováno na různou vzdálenost. V tomto případě však velmi malou (první desítky metrů) a to z toho důvodu, že si musíme uvědomit, že se nacházíme uprostřed rašeliniště, kde je velké množství ostrůvků vegetace, a tudíž velmi obtížné pro drobné úlomky fuzitu proplout rašeliništěm a usadit se přímo v něm.

Následná obnova rašeliniště po požáru bývá relativně velmi rychlá. Ohořelé kmeny a větve jsou rychle degradovány, po nich nastupuje rychle rostoucí pionýrská vegetace, především byliny. Později se v rašeliništní sukcesi uchytí i stromy (Obr. 21–34). Dokladem existence suchých období v miocénním rašeliništi uhelné sloje mostecké pánve je přítomnost proplástek intraformační brekcie s ččkami xylitu. Brekciovitě proplásky jsou patrně výsledkem obnažení a vysychání rašeliniště po předchozí záplavě, při které byla uložena několikacentimetrová vrstvička jílu. Následný pokles vodní hladiny v rašeliništi vedl k vyschnutí vrstvičky jílu a jejímu popraskání. Během následující záplavy mohl vodní příval rozpraskanou vrstvičku jílu snadno rozrušit a přetvořit do podoby intraformační brekcie.

Následující fotografie byly pořízeny r. 2016 K. Machem během jeho exkurze na rašeliniště Okefenokee, Georgie, USA.



Obrázek 21

Rašeliniště je tvořeno ostrůvky lesní vegetace s lemem vodních rostlin, mezi těmito ostrůvky je volná hladina vody.



Obrázek 22

Obnova rašeliniště po požáru probíhá záhy po jeho odeznění. Místy se požár omezí jen na povrchové spálení kůry stromů, které v některých případech požár přežijí a pokračují v růstu.



Obrázek 23

Pohled na obnovující se rašeliniště. Vzrostlá stromovitá vegetace je vyhořelá. Bylinná vegetace je již zcela obnovena a obnovuje se i vegetace lesní tvořená novou generací stromů v pozadí.



Obrázek 24

Požár rašeliniště nutně nemusí znamenat jeho totální zkázu. Zde jsou viditelně ohořelé spodní části kmenů stromů, které se stávají zdrojem jemného dřevěného uhlí.



Obrázek 25

Celkový pohled na rašeliniště složené z ostrůvků vegetace oddělené plochami s volnou vodní hladinou s vodními rostlinami.



Obrázek 26

Téměř shořelý kmen stromu. Ve fosilním záznamu se může jevit jako čoučka vláknitého uhlí po okrajích se zachovalým, případně částečně ztrouchnivělým středem. Současně je ohořelý kmen zdrojem úlomků dřevěného uhlí (vláknité složky).



Obrázek 27

Požárem nedotčené izolované stromy v popředí uprostřed a vlevo ohořelý hustší lesní porost v pozadí je dokladem nerovnoměrného šíření požáru v mokřadu způsobeném rozdílnou hustotou porostu. V mokřadech se požár šíří obvykle jen korunami stromů a nikoli po vlhkém povrchu.



Obrázek 28

Požárem postižené stromy se často nacházejí v blízkosti stromů požárem nedotčených jako doklad nepravidelného šíření požáru mokřadem.



Obrázek 29

Ohořelý pařez stromu ve volné vodní hladině s organickým materiálem bohatým jílovitým dnem. V sedimentárním záznamu by takováto situace mohla mít podobu tmavého jílovce s částečně fuzitizovaným xylitem.



Obrázek 30

Obnova vegetace po požáru je velmi rychlá. Snímek ukazuje regeneraci rašeliniště ve fázi kolonizace křovinnou a mladou lesní vegetací.



Obrázek 32

Tento obrázek ohořelého kmene stromu s destičkovitou odlučností požárem postižené části kmene stromu vysvětluje nálezy úlomků fosilního dřevěného uhlí podobného tvaru s velmi dobře zachovalou vláknitou strukturou.



Obrázek 33

Ohořelé kmeny a větve na povrchu rašeliniště Okefenokee. Ve fosilním záznamu může tato situace vést ke vzniku několik sblížených čoček inertinitu obklopených detritickým uhlím.



Obrázek 34

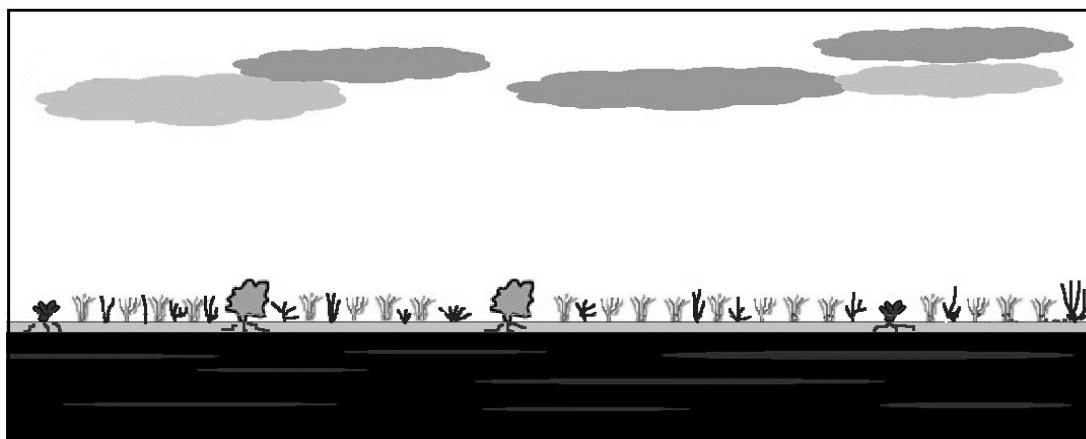
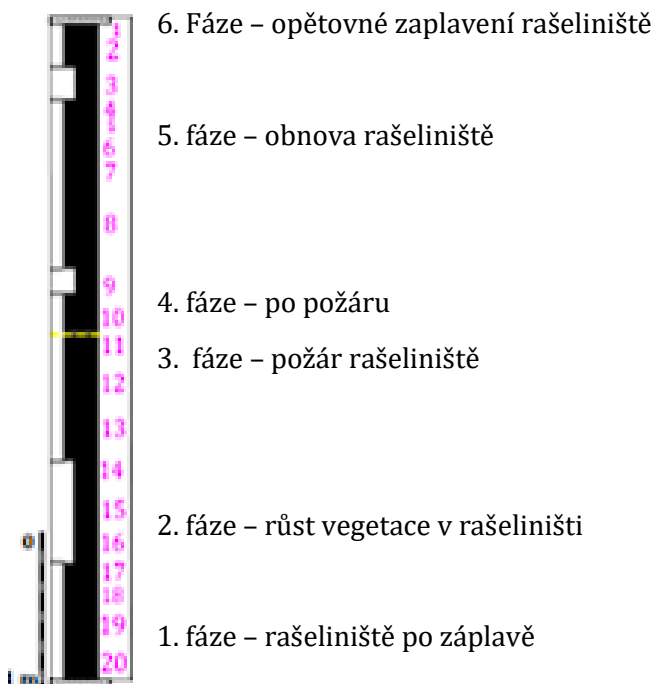
Obnova vegetace v rašeliništi probíhá podle sukcesního schématu byliny – keře – nízké stromy – stromy daného rychlostí růstu a délkou životního cyklu rostlin.

## 8.2 Hydrologické poměry rašeliniště střední lávky uhelné sloje

Ve čtyřech studovaných profilech bylo popsáno nápadné střídání jednotlivých litotypů uhlí včetně sedimentárních proplástek, což souhlasí s podobným pozorováním Novotného (2013). Tyto proplásky indikují, že v průběhu sedimentace střední lávky docházelo k opakovanému relativnímu zdvihu vodní hladiny. Podle Jeretta et al. (2011), můžeme hranici sedimentárního proplásku a uhlí interpretovat jako tzv. Non – Marine Flooding Surface (NFS), tedy jako záplavová plocha nezpůsobená zdvihem hladiny moře. K opakovanému zaplavování rašeliniště docházelo s mnohem větší intenzitou i ve svrchní lávce (Mach et al., 2013). To je v souladu s pozorováními ve všech čtyřech profilech, v nichž proplásky směrem do nadloží nabývají na mocnosti, a v uhlí narůstá obsah jílu. Některé proplásky obsahující fuzitovou příměs dokládají jeho transport v rámci rašeliniště. Mezi těmito jednotlivými záplavovými událostmi se v uhlí vyskytují fuzitové horizonty. Byly objeveny i takové horizonty, které přecházejí v sedimentární proplástek. Takový způsob výskytu lze nejspíše interpretovat jako vyhořelý ostrůvek vegetace obklopený vodní plochou. Tento fakt dokládá lokální přítomnost vody v rašeliništi, a to i při sušší klimatické periodě. Zvýšený podíl jílu v uhlí souvisí se zvýšeným přínosem klastického materiálu do rašeliniště. Toto dokládá nejspíše planární typ rašeliniště. Rašeliniště bylo tedy napájeno vedle říčního toku zejména srážkovou vodou, která na rozdíl od vody přinášenou řekou neobsahuje žádnou sedimentární příměs. Jelikož se tyto fenomény vyskytují v profilech opakovaně, může se hovořit o jejich cyklickém charakteru. Ten byl řízen nejspíše klimatem (Barber et al., 2003), jelikož se ve studovaném úseku střední lávky nachází malé množství jílové hmoty v uhlí, což podporuje názor vrchovištního charakteru rašeliniště mezi záplavovými horizonty. Také kvalita uhlí má tendenci stoupat zhruba doprostřed, kde kulminuje a poté má spíše ústupový charakter. Proto se můžeme domnívat, že k hoření docházelo v období sníženého přínosu srážek, kdy rašeliniště přecházelo z vrchovištního typu do planárního. Požáry však neměly natolik devastující účinek jako v případě jiného terciárního uhlotvorného močálu v zejsko – burejské pánvi v Ruské federaci, které obsahuje až 55 % inertinitu (Crosdale et al., 2002). Humitové uhlí v nadloží fuzitových horizontů je dokladem, že po požáru se obnovuje růst vegetace v rašeliništi a pokračuje tvorba rašeliny. Sedimentární proplásky svědčí o pravidelném krátkodobém zaplavení rašeliniště.

### 8.3 Model vývoje střední lávky

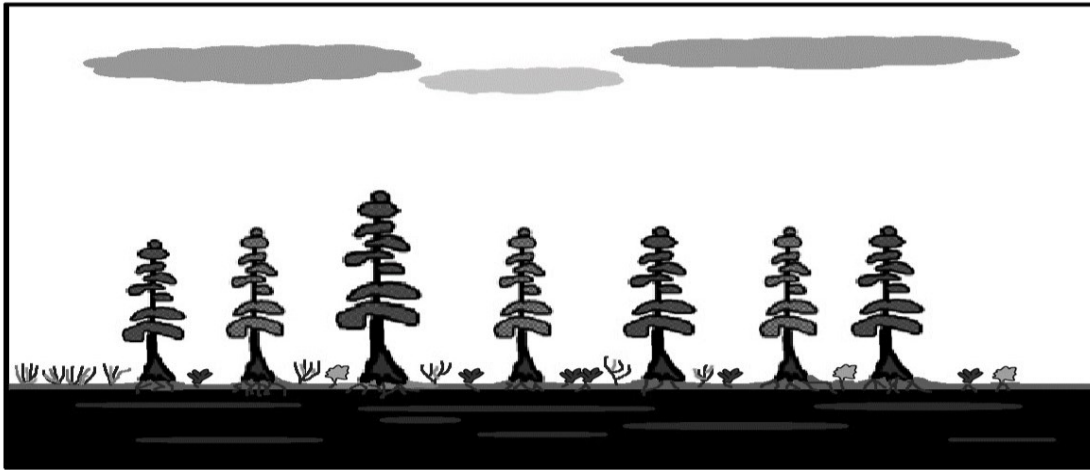
Celý vývoj jednoho popsaného cyklu mezi dvěma záplavovými horizonty lze rozdělit do 6 etap od konce záplavy, přes obnovu vegetace, její následný požár, opětnou obnovu a následné zaplavení. Jednotlivé etapy jsou umístěny do profilu K 83 VZ a mají časovou posloupnost od báze směrem k nadloží. Pro lepší představu jsou ke každé fázi připojeny i fotografie z rašeliniště Okefenokee. Ve vertikálním řezu pak jednotlivé fáze mají následující posloupnost:



#### 1. fáze – rašeliniště po záplavě

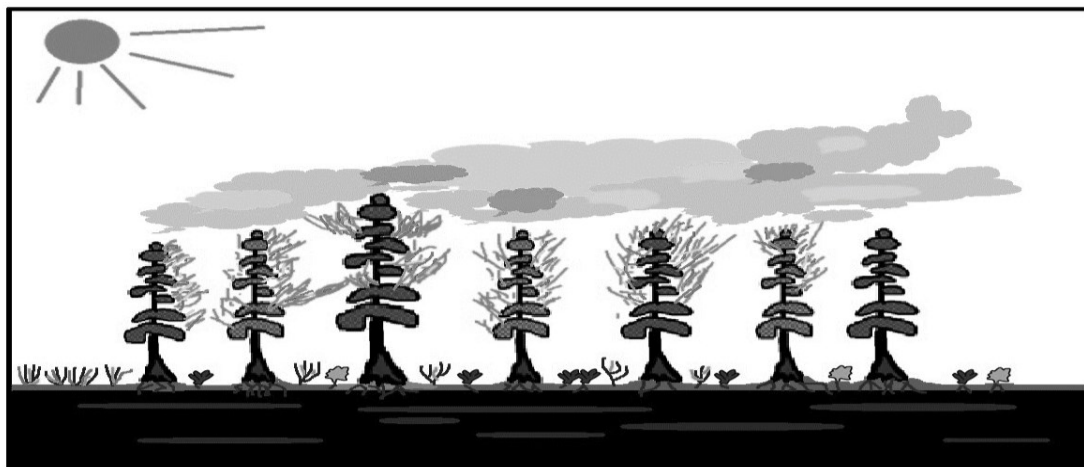
Po uložení jílového propláستku během zaplavení rašeliniště došlo ke snížení vodní hladiny a kolonizaci jílového substrátu vegetací. Přítomnost ohlazových plošek (slickensides) ukazuje na střídavé vysychání jílového substrátu (propláстku) a jeho opětné zamokření vedoucí k objemovým změnám. Přítomnost xylitu v tomto propláстku svědčí o růstu vegetace. (Obr. 21)





### 2. fáze – růst vegetace v rašeliništi

Na jílovito – prachovitém proplástku uloženém v předchozí fázi dochází k postupné obnově rašeliniště a rozvoji lesní vegetace, což nám indikuje větší podíl a mocnost čoček xylitu v těchto polohách. Podle obsahu popelu ve vzorcích z této části vývoje ukazuje na permanentní či občasné zaplavované rašeliniště. Hodnoty TPI a VI dosahují vyšších hodnot, lokálně však závisí na místě odběru vzorku, neboť stromový pokryv rašeliniště byl nesouvislý. (Obr. 30)

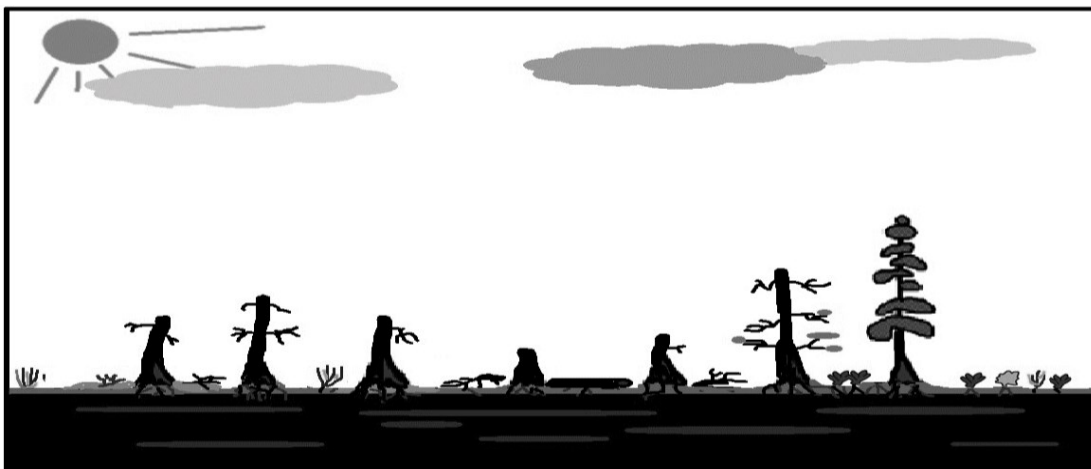


### 3. Fáze – požár rašeliniště

Vlivem sníženého přínosu srážek do rašeliniště a následným požárem vznikají macerály skupiny inertinitu. Rašeliniště je náchylné k požárům iniciovaných blesky během bouřek. Z hořící lesní vegetace vzniká fuzit, jehož studium ukazuje na botanickou příslušnost dřev k rodům *Taxodioxylon* a *Glyptostrobus* (Fischlová, 2012).

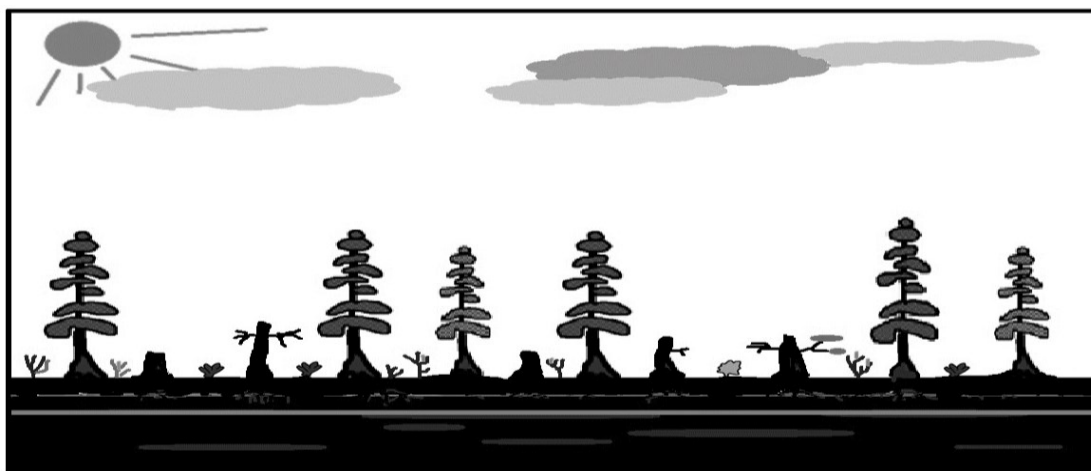
Větší akumulace fuzitu se zachovalou anatomickou stavbou dřeva nevykazují dlouhý transport vodou – nejspíše vznikly *in situ*, tedy přímo v místě zahoření daného stromu. Také obsah inertodetrinitu a makrinitu, jehož vznik může být interpretován jako macerál vzniklý transportem inertinitové hmoty (ICCP, 1994), je velmi malý. Nicméně na základě analogie

s rašeliništěm Okefenokee vyhoří rostlinná masa od hladiny podzemní vody až ke korunovému patru stromů. (31, 32)



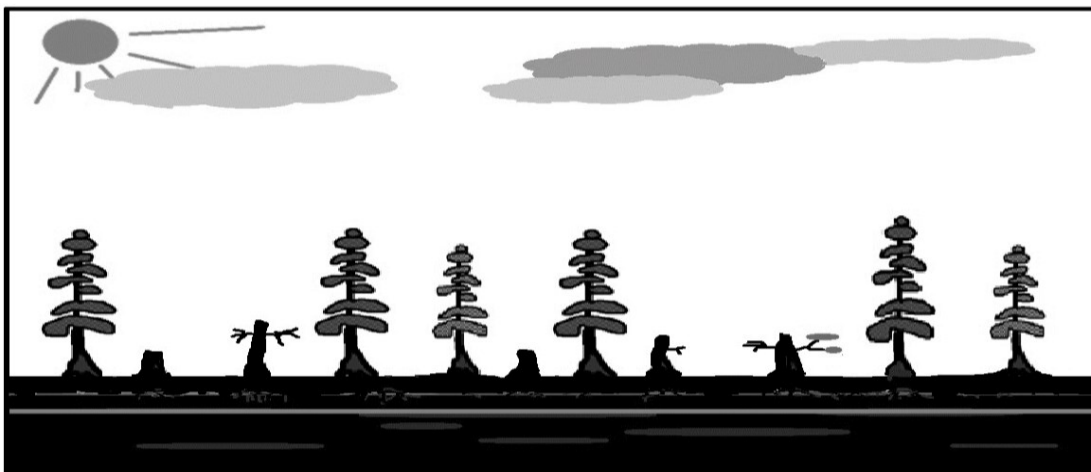
#### 4. Fáze – po požáru

Po požáru zůstává v místě rašeliniště velké množství různě ohořelých kmenů stromů, větví, olistění a rašeliny. Jejich mocnost je značně kolísavá, a proto nedochází ke vzniku souvislé fuzitem bohaté vrstvy, ale spíše k tvorbě čočkovitého, místy zdvojeného, jinde zas chybějícího fuzitového horizontu. K čočkovitému vývoji mohlo přispět i přeplavení fosilního dřevěného uhlí na krátkou vzdálenost. Indexové hodnoty značí spíše vlhké rašeliniště a bylinný/křovinový ráz vegetace. Nicméně vegetaci charakterizující indexy mají vzestupný trend směrem do nadloží, což značí postupné zarůstání rašeliniště lesní vegetací. (Obr. 24, 26, 28, 29)



#### 5. Fáze – obnova rašeliniště

Následná obnova rašeliniště zahrnuje i lesní patro. Dokladem jsou narůstající hodnoty indexů TPI a VI. V rašeliništi opět dochází k tvorbě a zejména akumulaci xylitických poloh opět značících stromovitou vegetací. V některých místech patrně dochází k mírnému vyklenutí povrchu rašeliniště, neboť analyzované vzorky z této části vývoje mají velmi nízký obsah popela. Nelze však vyloučit ani planární model rašeliniště s hustou vegetací, která výrazně potlačovala přínos jílů do rašeliniště. (Obr. 22, 23, 27, 33)



#### 6. Fáze – opětovné zaplavení rašeliniště

Společným působením změny klimatu k humidnějšímu charakteru, subsidencí pánve a kompakcí již uložené rašeliny se rašeliniště opět zaplavuje vodou a dochází k ukládání jílovitých částic ze suspenze. Takto dochází k uzavření jednoho z dílčích cyklů střední lávky mezi dvěma záplavovými horizonty. (Obr. 25)

## 9 Závěr

Cílem práce bylo studium distribuce a prostředí vzniku fuzitových horizontů ve střední lávce hlavní uhelné sloje těžené v lomu Bílina kombinací metod terénního profilování uhelné lávky, porovnání terénních profilů se záznamem rychlosti postupu bezjádrových vrtů a macerálové analýzy vybraného úseku střední lávky uhelné sloje. Fuzitové horizonty jsou interpretovány jako pozůstatky požárů především lesní vegetace uhlotvorného močálu.

Byly popsány čtyři makropetrografické profily střední lávky hlavní uhelné sloje v různých částech lomu Bílina. Během profilování byla měřena i maximální mocnost xylitu a jeho podíl v procentech. Byla testována možnost identifikace fuzitových horizontů z vrtných záznamů (rychlost postupu a kroutivý moment) bezjádrového vrtání. S jejich pomocí bylo sestaveno korelační schéma mezi profily K 83 až K 102/2 a bezjádrovými vrty, ve kterých byly korelovány jednotlivé fuzitem bohaté intervaly a sedimentární proplástky v uhelné sloji. Tato metoda se ukázala jako správná, neboť citlivost vrtné hlavice na změnu litologie je dostatečná i při mocnosti horizontu jen několik centimetrů. Je ovšem důležité porovnat data s blízkým terénním profilem, aby bylo jasné, který signál odpovídá které vrstvě. Schéma dokumentuje distribuci fuzitových horizontů v rámci střední lávky v měřítku lomu. V rámci detailního pohledu do stavby střední lávky hlavní uhelné sloje byla sestavena fotomozaika v okolí profilu K 83 a v ní vyznačeny proplástky a inertinitové polohy. Pro celkovou distribuci inertinitových horizontů byla vytvořena kompletní fotomozaika uhelného řezu se střední lávkou.

Pro zjištění hydrologických poměrů během tvorby rašeliny bylo studováno mikropetrografické složení uhelných litotypů v intervalu mezi dvěma záplavovými horizonty. V uhlí převažují macerály skupiny huminitu (14–78 %), zejména ulminit a denzinit, s menším podílem textinitu, a podřadně i gelinitu. Macerály liptinitu kolísají v širokém rozmezí od 0–52 %. Hlavní zastoupení má resinit a liptodetrinit, méně kutinit, suberinit. Hlavní zastoupení má fuzinit, semifuzinit, nejméně inertodetrinit a makrinit. Nejvyšší hodnoty zastoupení inertinitu (12,1 %) dosahuje vzorek K83/11, který odpovídá "fuzitovému" horizontu. Nejmenších hodnot zastoupení jednotlivých skupin macerálů má vzorek K83/1, jedná se totiž o proplástek hnědého jílovce.

Na základě získaných dat byl sedimentační cyklus ve střední lávce interpretován jako série 6 epizod. K názornější představě o prostředí rašelině stře střední lávky uhelné sloje bylo provedeno srovnání s recentním subtropickým rašelině stře Okefenokee v jv. části USA. V obou případech nacházíme podobná prostředí, charakter flóry i podobný mechanismus vzniku požárů. Ze sekvenčně – stratigrafického hlediska můžeme pohlížet na inertinitové horizonty jako na tzv. plochy maximální regrese (maximum regressive surface), což jsou horizonty nejnižší úrovně vodní hladiny v rašelině stře. Naopak proplástky ve sloji můžeme podle stejného zdroje označit jako plochy maximální záplavy (maximum flooding surface). Směrem do nadloží mocnost

proplátek stoupá a inertitové horizonty jsou méně časté. Z toho lze usoudit, že rašeliniště koncem sedimentace střední lávky bylo častěji zaplavováno. Příčina patrně souvisí se změnou úhrnu srážen a/nebo s jejím rozložením v průběhu roku. Tuto hypotézu však bude potřeba ověřit dalším výzkumem.

Celkově lze říct, že fuzitové horizonty odpovídají ostrůvkům vyhořelé vegetace ve vodou trvale zaplaveném rašeliništi, a to nejspíše během sušší periody. Na rozdíl od periody vlhčí, která pro znamenala zaplavení vodou i ostrůvků vegetace. Tyto dva fenomény se opakují, a to v rámci sedimentace střední lávky několikrát. Pro lepší přehled Autor vytvořil model vývoje střední lávky, a to v rámci jedno „cyklu“ od jedné záplavové události ke druhé.

## 10 Seznam literatury

- Barber, K. E., Charman, D. J. (2003). Holocene palaeoclimate records from peatlands. *Global change in the Holocene*, 210-226.
- Calder, J. H., Gibling, M. R., Mukhopadhyay, P. K. (1991). Peat formation in a westphalian B piedmont setting, cumberland basin, Nova Scotia: Implications for the maceral-based interpretation of rheotrophic and raised paleomires. *Contribution series No. 91-002*.
- Crosdale, P. J., Sorokin, A. P., Woolfe, K. J., MacDonald, D. I. (2002). Inertinite-rich tertiary coals from the Zeya–Bureya basin, far eastern Russia. *International Journal of Coal Geology*, 51(4), 215-235.
- Cohen, A. D. (1973). Petrology of some Holocene peat sediments from the Okefenokee swamp-marsh complex of southern Georgia. *Geological Society of America Bulletin*, 84(12), 3867-3878.
- Coufal, P., Mejstříková, L. (1996). Unikátní barium-stronciová mineralizace na lokalitách DNT. *Zpravodaj Hnědé Uhlí* 1/96, 41–50.
- Diessel, C. F. (1992). Coal facies and depositional environment. In *Coal-bearing depositional systems* (pp. 161-264). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Diessel, C. F. (2010). The stratigraphic distribution of inertinite. *International Journal of Coal Geology*, 81(4), 251-268.
- Dopita, M., Havlena, V. Pešek, J. (1985). *Ložiska fosilních paliv*. SNTL Praha. 264 str.
- Elznic, A., Čadková, Z., Dušek, P. (1998). Paleogeografie terciérních sedimentů severočeské pánve. *Sborník geologických věd, Geologie*, 48, 19-46.
- Fischlová, K. (2012). Floristické asociace miocenních rašelinišť na základě studia fuzitových klastů. *Diplomová práce. Přf UK v Praze*.
- Grygar, T. M., Mach, K. (2013). Regional chemostratigraphic key horizons in the macrofossil-barren siliciclastic lower Miocene lacustrine sediments (Most Basin, Eger Graben, Czech Republic). *Bulletin of Geosciences*, 88(3), 557-571.
- Grygar, T. M., Mach, K., Schnabl, P., Pruner, P., Laurin, J., Martinez, M. (2014). A lacustrine record of the early stage of the Miocene climatic optimum in Central Europe from the most basin, Ohře (eger) Graben, Czech Republic. *Geological Magazine*, 151(6), 1013-1033.
- Grygar, T. M., Hošek, M., Mach, K., Schnabl, P., Martinez, M. (2017). Climatic instability before the Miocene Climatic Optimum reflected in a Central European lacustrine record from the Most Basin in the Czech Republic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 485, 930-945.
- Grygar, T. M., Mach, K., Hron, K., Fačevicová, K., Martínez, M., Zeeden, C., Schnabl, P. (2020). Lithological correction of chemical weathering proxies based on K, Rb, and Mg contents for isolation of orbital signals in clastic sedimentary archives. *Sedimentary Geology*, 406, 105717.
- Havelcová, M., Sýkorová, I., Bechtel, A., Mach, K., Trejtnarová, H., Žaloudková, M., Sakala, J. (2013). “Stump Horizon” in the Bílina Mine (Most Basin, Czech Republic) GC–MS, optical and

electron microscopy in identification of wood biological origin. *International Journal of Coal Geology*, 107, 62-77.

Havlena, V. (1964). *Geologie uhelných ložisek 2*. Nakladatelství ČSAV. Praha, 440 str. 295-326

Hokr, Z. (1975). Změny složení popela v závislosti na vývoji sloje v severočeské hnědouhelné pánvi. *Sborník 2. uhelné konference Přf UK v Praze*, 57-60,

Hurník, S. Koeficient sednutí některých sedimentů v Severočeské hnědouhelné pánvi. *Časopis pro mineralogii a geologii*. 1972, 17(4), 8 s.

Hurník, S., Havlena, V. (1984). Podkrušnoorské hnědouhelné pánve a Krušné hory jako součásti neotektonické velevrásové struktury. *Časopis pro mineralogii a geologii*, 29 (1), 55-67.

Jerrett, R. M., Davies, R. C., Hodgson, D. M., Flint, S. S., Chiverrell, R. C. (2011). The significance of hiatal surfaces in coal seams. *Journal of the Geological Society*, 168(3), 629-632.

Jurasky, K. A. (1929). *Neue Methoden und Ergebnisse der paleobotanisch. Braunkohlenforschung*. Berr. D. Freib. Geol. Ges., č 12, 48-57.

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 (northern Bohemia) with particular reference to the Bílina Mine section. *Journal of Geosciences*, 49(1-2), 1-40.

Kvaček, Z., Dvořák, Z., Mach, K., & Sakala, J. (2004). Třetihorní rostliny severočeské hnědouhelné pánve. *Severočeské Doly*. 192 s.

Kvaček, Z., a Teodoridis, V. (2007). Tertiary macrofloras of the Bohemian Massif: a review with correlations within Boreal and Central Europe. *Bulletin of Geosciences*, 82(4), 383-408.

Kvaček, Z., Teodoridis, V., Mach, K., Přikryl, T., Dvořák, Z. (2014). Tracing the Eocene-Oligocene transition: a case study from North Bohemia. *Bulletin of Geosciences*, 89(1).

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 miocenní bílinské delty a její geneze. *Doktorská práce Přf UK v Praze*.

Mach, K., Těšitel, M. (2009). Využití snímání technických parametrů vrtání při bezjádrovém průzkumném vrtání na hnědouhelném povrchovém lomu Bílina, Česká republika. *Documenta Geonica: 7. česko polská konference geologie uhelných pánví*. Ostrava. 5 stran.

Mach, K. (2010). A new concept of palaeogeographic development of the Most Basin area during Miocene. *SDGG. Heft 68 – GeoDarmstadt 2010*

Mach, K., Sýkorová, I., Konzalová, M., Opluštil, S. (2013). Effect of relative lake-level changes in mire-lake system on the petrographic and floristic compositions of a coal seam, in the Most Basin (Miocene), Czech Republic. *International Journal of Coal Geology*, 105, 120-136.

Mach, K., Rapprich, V., Faměra, M., Havelcová, M., Grygar, T. M., Novotný, T., Kochergina, Y. E. (2021). Crandallite-rich beds of the Libkovice Member, Most Basin, Czech Republic: climatic extremes or paleogeographic changes at the onset of the Miocene Climatic Optimum? *Geologica acta*, 19, 0011.

Malkovský M. a kol. (1985). Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí. – Oblastní regionální geologie ČSR, Ústřední ústav geologický, Praha.

Mikuláš, R., Mach, K., Dvořák, Z. (2003). Bioturbation of claystones of the Most Basin in the Bílina quarry (Miocene, Czech Republic). *Acta Universitatis Carolinae, Geologica* 47, 1–4, 79–85.

Misz-Kennan, M., Kus, J., Flores, D., Avila, C., Büçkün, Choudhury, N., Životić, D. (2020). Development of a petrographic classification system for organic particles affected by self-heating in coal waste. (An ICCP Classification System, Self-heating Working Group–Commission III). *International Journal of Coal Geology*, 220, 103411.

Nichols, G., Jones, T. (1992). Fusain in Carboniferous shallow marine sediments, Donegal, Ireland: the sedimentological effects of wildfire. *Sedimentology*, 39(3), 487-502.

Novotný, T. (2013). Geneze a paleogeografický význam proplátek hlavní hnědouhelné sloje mostecké pánve. Diplomová práce, PřF UK v Praze

Novotný, T., Mach, K. (2016). Liboušský aluviální systém ovlivněný synsedimentární kompakcí rašeliny (spodní miocén, mostecká pánev). *Zpravodaj Hnědé uhlí*, 2, 3-12.

Novotný, M. T., Mach, K. (2017). Jsou v hlavní sloji mostecké pánve zachovány vulkanogenní proplátky (tzv. tonsteiny)? *Zpravodaj Hnědé uhlí, VUHU Most*, 2, 25-36.

Novotný, T., Teodoridis, V., Kvaček, Z., Váňa, J., Mach, K. (2021). Nová flóra z libkovických vrstev v lomu Libouš (sp. miocén, mostecká pánev). *Zprávy o geologických výzkumech*, 5401, 63-70.

O'Keefe, J. M., Bechtel, A., Christanis, K., Dai, S., DiMichele, W. A., Eble, C. F., Hower, J. C. (2013). On the fundamental difference between coal rank and coal type. *International Journal of Coal Geology*, 118, 58-87.

Opluštil, S., Sýkorová, I. (2018). Early Pennsylvanian ombrotrophic mire of the Prokop Coal (Upper Silesian Basin); what does it say about climate? *International Journal of Coal Geology*, 198, 116-143.

Papeš, V. (2008). Historická geografie Komořanského jezera. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Filozofická fakulta, Olomouc.

Pešek, J. (2010). Terciární pánve a ložiska hnědé uhlí České republiky. Česká geologická služba, Praha, 415 str.

Pešek, J., Sivek, M. (2012). Uhlonosné pánve a ložiska černého a hnědé uhlí České republiky. Česká geologická služba. Praha.

Rajchl, M. (1999). Structures due to synsedimentary deformations in sediments of the Bílina Delta (Miocene, Most Basin, Czech Republic). *GeoLines*, 8, 57.

Rajchl, M., a Uličný, D. (2000). Evolution of depocentre geometries in the Most Basin: Implications for the tectosedimentary history of the Neogene Ohře Rift (Eger Graben), North Bohemia. In *Proceedings of the 5th Meeting of the Czech Tectonic Studies Group, Bublava, April 12–15, 2000 (Vol. 10, pp. 62-63)*.

Rajchl, M., Uličný, D. (2005). Depositional record of an avulsive fluvial system controlled by peat compaction (Neogene, Most Basin, Czech Republic). *Sedimentology*, 52(3), 601-625.



- Rajchl, M. (2006). Tectonosedimentary evolution and fluvio-deltaic systems of the Most Basin (Tertiary, Eger Graben, Czech Republic). Doktorská práce, Knihovna Přf UK v Praze.
- Rajchl, M., Uličný, D., Mach, K. (2008). Interplay between tectonics and compaction in a riftmargin, lacustrine delta system: Miocene of the Eger Graben, Czech Republic. *Sedimentology* 55, 1419–1447.
- 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, 269–294.
- Scott, A. C., Glasspool, I. J. (2005). Charcoal reflectance as a proxy for the emplacement temperature of pyroclastic flow deposits. *Geology*, 33(7), 589-592.
- 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(1-3), 53-66.
- Scott, A. C. (2010). Charcoal recognition, taphonomy and uses in palaeoenvironmental analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291(1-2), 11-39.
- Svoboda, J. V., Beneš, K., Němejc, F., Konta, J. (1955). Petrografie uhlí. ČSAV.
- Taylor, G. H., Teichmüller, M., Davis, A. C. F. K., Diessel, C. F. K., Littke, R., Robert, P. (1998). *Organic petrology*.
- Teichmüller, M. (1989). The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology. *International Journal of Coal Geology*, 12(1-4), 1-87.
- The new inertinite classification (ICCP System 1994) for Coal, I. C. (1994). *Fuel*, 80(4), 459-471.
- Zíma J. et al. (1986). Závěrečná zpráva úkolu Libouš. *Geoindustria*, n. p. Praha.