

Karel Mach, Severočeské doly, a.s., Doly Bílina

Geologické aspekty výskytu pevných poloh na povrchovém lomu Bílina

Geological aspects of occurrence of hard places at open-pit quarry Bílina

Overburden mining at brown-coal open-pit quarry Bílina contends with (among others) hard rocks occurrence. Mining and survey of mentioned occurrences result in additional costs and using of special technologies. Hard rocks occur in four basic types at open-pit quarry Bílina – layers of argillaceous carbonates, concretions of argillaceous carbonates, dolomitic sandstones and limonitic sandstones. Mining of sideritic claystones deals with problems as well. Isotopic analysis of carbon and oxygen in cemented carbonate proved that most mentioned rock types have formed within various stages of overlying soils evolution – clays and sands. Various types of hard rocks are bound to different geological structures and types of parent soils.

Geologische Aspekte der Festgesteinslagen-vorkommen auf dem Tagebau Bílina

Die Abraumgewinnung auf dem Braunkohlentagebau Bílina wird außer anderem durch das Vorkommen von Festgesteinen mit einem felsigen Charakter begleitet. Die Gewinnung und Untersuchung dieser Vorkommen erfordern erhöhte Kosten und Ausnutzung von Spezialgewinnungsverfahren. Die felsigen Gesteine sind auf dem Tagebau Bílina als vier Grundtypen vertreten – als Pellkarbonatschichten, Pellkarbonat-

konkretionen, Dolomitsandsteine, Ortsteine (Limonitsandsteine). Problematisch ist auch die Gewinnung von Sideritschieferton. Wie die Isotopanaysen von C und O im zementierenden Karbonat nachweisen, entstand die Mehrzahl der erwähnten Gesteinstypen während verschiedener Etappen der Abraumerdstoff-Diagenese – der Tone und Sande. Verschiedene Typen von Festgesteinen sind auf unterschiedliche geologische Strukturen und Mutterbodentypen gebunden.

Geologické aspekty výskytu pevných poloh na povrchovém lomu Bílina

Těžba skrývky na hnědouhelném povrchovém lomu Bílina se potýká, mimo jiné, s výskytem hornin skalního charakteru. Těžba i průzkum těchto výskytů vyžaduje zvýšené náklady a využití speciálních technologií. Skalní horniny se na povrchovém lomu Bílina vyskytují ve čtyřech základních typech – pelokarbonátové vrstvičky, pelokarbonátové konkrece, dolomitické pískovce, železnáky (limonitické pískovce). Problematická je rovněž těžba sideritických jílovců. Jak dokazují izotopové analýzy C a O v cementujícím karbonátu většina jmenovaných typů hornin vznikla během různých etap diagenese nadložních zemin – jílu a písků. Různé typy pevných hornin jsou vázány na odlišné geologické struktury a typy matečných zemin.

Během těžby nadloží a uhelné sloje na povrchovém lomu Bílina se v celé více než 30leté historii dobývací technika potýká s výskyty pevných hornin, jejichž těžba kontinuální technologií je buď velmi obtížná nebo zcela nemožná. Tyto horniny, jejichž pevnost v prostém tlaku vysoko přesahuje běžných 1- 12,5 MPa (často dosahuje 50 – 110 MPa) při větším nakupení v postupu kolesového rypadla způsobují nadměrné opotřebení složek dobývací části velkstroje od jednotlivých zubů, přes korečky, kruhadlo, drtič až po komponenty pasových dopravníků, především gumové pásmo. Výskytu těchto hornin je proto věnována značná pozornost nejen z pohledu technologie

jejich těžby, ale rovněž z pohledu jejich vzniku během sedimentárního procesu a diagenese.

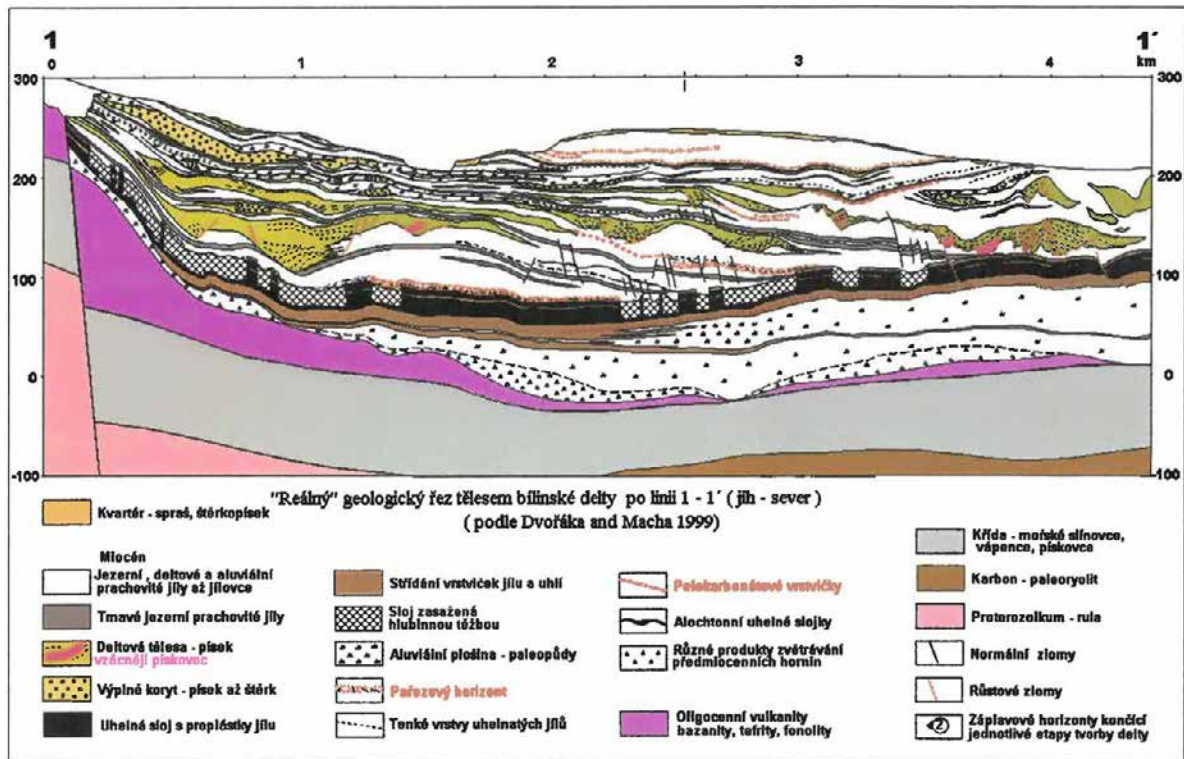
Typy pevných poloh na lomu Bílina

Během historie těžby na lomu Bílina (dříve Lomy VMG Braňany, VMG a Jirásek) byly zjištěny 4 typy výskytu těchto hornin (lokalizace obr.1):

- **Víceméně tenké (0,1- 0,4 m) souvislé vrstvičky karbonátických jílovců až pelokarbonátů** pokrývající plochy až 100 tis. m². Klastickou matrix tvoří obvykle illiticko - kaolinický prachovitý jíl a objemový podíl cementujícího karbonátu (obvykle sideritu) se pohybuje od 10 do 70 %. Karbonát je obvykle tvořen mikroskopickými zrny, srovnatelnými svou velikostí se zrny jílových minerálů. Souvislé vrstvy jsou vázány na prodeltové a jezerní jíly v předpolí jednotlivých vějířů bílinské delty. Často se vyskytují ve skupinách s proměnlivým obsahem karbonátu a zvýrazňují původní vrstevnatost jílu. V současné době tyto pevné polohy představují méně významný problém pro těžbu, protože jsou těžitelné velkostrojovou technologií. Jejich těžba způsobuje však zvýšené opotřebení rypných a drticích orgánů a řadu poruch na pásových dopravnících.
- **Nesouvislé shluky a horizonty bochníkovitých, diskovitých až ploše čočkovitých pelokarbonátových kongrecí** s rozměry od 0,2 x 0,5 m do 0,5 x 2 m. Horizonty kongrecí pokrývají plochy až 100 tis. m². Klastická matrix kongrecí je tvořena obvykle kaolinicko illitickým prachovitým jílem a jílovitým prachem a objemový podíl cementujícího karbonátu se pohybuje od 10 do 90 %. Kongrece mají většinou zonální stavbu a cementující karbonát bývá tvořen sideritem, ankeritem nebo železitým dolomitom, v řadě případů všemi třemi těmito minerály. Většinou je karbonát v podobě mikroskopických zrn, některé kongrece však obsahují i lištovité krystaly několikrát větší než krystaly jílových minerálů. Tyto lištovité krystaly někdy tvoří submilimetrové kongrece s paprscitou stavbou. Některé kongrece jsou lemovány nejmladší vrstvou tenké lištovitých krystalů karbonátu pronikajících v radiálním směru od kongrece do okolního sedimentu vytvářející struktury typu cone in cone. Horizonty kongrecí se vyskytují většinou ve vrstvách jezerních, ale rovněž tak aluviálních jemnozrnných sedimentů a v jílových proplástech v uhelné sloji a jsou konformní s průběhem hostitelské vrstvy. Vnitřní textura kongrecí odpovídá postupu jejich vzniku, někdy její vrstevnatost odpovídá hostitelské hornině, někdy je vůči okolí deformována. V současné době tyto pevné polohy představují méně významný problém pro těžbu, protože jsou těžitelné velkostrojovou technologií. Jejich těžba způsobuje však zvýšené opotřebení rypných a drticích orgánů a řadu poruch na pásových dopravnících.
- **Nepravidelná deskovitá až čočkovitá tělesa středně až hrubě zrnitého pískovce s dolomitovým tmelem** s mocností od 0,5 do 10 m s plošnými rozměry od 100 do 1000 m². Objemový podíl dolomitového tmelu dosahuje až 30 % podle toho, do jaké míry vyplňuje póry. Dolomitový tmel má formu alotriomorfních krystalů vyplňujících póry mezi pískovými zrny. Velikost krystalů tmelu je srovnatelná nebo převyšuje velikost pískových zrn. Tato tělesa jsou vázána na tělesa deltových písků, většinou synsedimentárně deformovaná. Nejčastějším typem výskytu je mineralizovaný shluk vrstev na bázi deformovaného deltového tělesa nebo jednotlivé mineralizované vrstvy přibližně uprostřed deformovaných deltových

těles. V prvním případě pískovcové lavice dosahují značných úklonů (až 30°) v druhém jsou spíše subhorizontální až slabě ukloněné. Často nedošlo k mineralizaci celé písčité vrstvy, ale pouze její části. Tělesa dolomitických pískovců představují v současné době největší báňsko-technický problém pro těžbu nadloží na lomu Bílina. Jejich těžba musí probíhat separátně speciální technologií často s využitím trhacích prací.

- **Nepravidelná tělesa pískovce s limonitovým tmelem** s mocností do 2 m a plošně omezená řádově do 1000 m². Podíl limonitového tmelu obvykle nepřesahuje 20 % objemu horniny, protože se většinou vyskytuje v podobě dotykové nebo povlakové. Tyto výskyty jsou relativně nejméně významné a jsou vázány výhradně na zóny oxidace deltových písčitých těles na kontaktu se zlomy Viktoria a bílinským. V současné době se tato pískovcová tělesa na lomu Bílina nevyskytují, řešení jejich těžby je však shodné s dolomitickými pískovci.



Obr. 1 Pozice výskytů hlavních pevných poloh (červeně – pelokarbonáty, malinově – pískovce) na lomu Bílina

Metodika zkoumání geneze pevných poloh

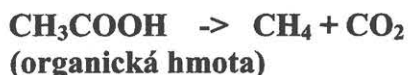
Genetický původ pevných poloh byl na lomu Bílina sledován pomocí mineralogických metod a pomocí analýz složení stabilních izotopů O a C v karbonátech. Během 80. let byl vytvořen soubor více než 100 izotopových analýz karbonát obsahujících hornin (Šmejkal in Václ 1989). Bohužel však většina vzorků byla odebrána z vrtného jádra, takže pro jejich posuzování nebyly dostatečně detailně známy okolnosti jejich výskytu. U většiny vzorků nebyla známa ani jejich mineralogie, obsah karbonátu nebo případná zonálnost ve složení. Tento soubor tedy poskytl pouze jakýsi

přehled o tom, na co vše může přesně zaměřený výzkum narazit. Pro další výzkum bylo odebráno množství vzorků karbonát obsahujících hornin z otevřených těžebních lokalit. Hlavní lokalitou byl lom Bílina, pro srovnání byly odebrány rovněž vzorky na VČSA, lomu Kopisty a DNT. Pro zjištění detailní variability složení byly bodově odebrány celé profily jednotlivými vrstvami nebo konkrétními a analýzy byly prováděny na jednotlivých vzorcích v profilech nebo dokonce na jednotlivých minerálních fázích ve vzorcích. Během odběru vzorků nebyly v nadslojových vrstvách nalezeny výskyty karbonátů, které by svědčily o jejich biogenním, nebo evaporitovém původu, jak je to známo např. ze sokolovské a chebské pánve (Šmejkal in Malkovský et al. 1985). Biogenního původu byly pouze vzorky ulit různých spodnomiocenních gastropodů ze spodní části sloje na DNT, použité jako srovnávací standard karbonátu vzniklého v rovnováze s povrchovou vodou. U drtivé většiny vzorkovaných karbonátů byl předpokládán diagenetický původ. Petrografické výbrusy hornin, RTG a chemické analýzy a rovněž izotopové analýzy byly provedeny v ČGS v Praze (Mach et al 2001).

Procesy ovlivňující geochemické vlastnosti karbonátů během diagenese

Diagenetické procesy, probíhající v sedimentu, mají kromě své fyzikální (kompakce a přeměna struktury) a fyzikálně chemické stránky (krystalizace, rozpouštění, membránová filtrace, termální štěpení organické hmoty atd.) rovněž stránku biochemickou.

1. Proces acetátové fermentace (bakteriální metanogeneze) probíhá činností metanogenních bakterií v anaerobních podmínkách v sedimentu při vyčerpání nebo velmi nízkém přísunu sulfátového iontu podle rovnice (Morad 1998):



Výchozí surovinou jsou kyslíkaté organické látky (organický detrit). Produkty této reakce jsou plyny, které mohou v případě možnosti uniknout ze systému. V případě CO_2 však snadno dochází k disociaci vody za vzniku iontu HCO_3^- a při dostatku kationtů (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+}) v systému k jeho reakci s těmito kationty za vzniku příslušných karbonátů. Protože během tohoto biochemického procesu dochází k výraznému přerozdělování izotopů uhlíku (kinetická frakcionace) mají produkty výrazně jiné izotopové složení než vstupní organická hmota (rostlinná hmota kolem - 26 ‰ $\delta^{13}\text{C}$ (PDB)). Zatímco izotopové složení metanu je posunuto o 45–50 ‰ směrem do záporných hodnot, u $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) CO_2 je tomu naopak – uhlík zaznamenává výrazné ztěžknutí $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) a ž o 40 - 45 ‰. Proces končí při teplotách překračujících 75 °C úhynem bakterií.

2. Proces termálního štěpení probíhá při teplotách od 75 do 160°C (Morad 1998). Během tohoto procesu dochází k rozkladu organické hmoty pod vlivem vysoké teploty. Přednostně dochází k destrukci acetátových skupin a produktem rozkladu je především CO_2 . Tento CO_2 následně může vstupovat do vazeb s kationty a vytvářet tak karbonáty. Během tohoto procesu nedochází k výrazné frakcionaci, jako je tomu v případě

bakteriální metanogeneze, takže $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) ve vznikajících karbonátech se pohybuje od -10 do -15 ‰.

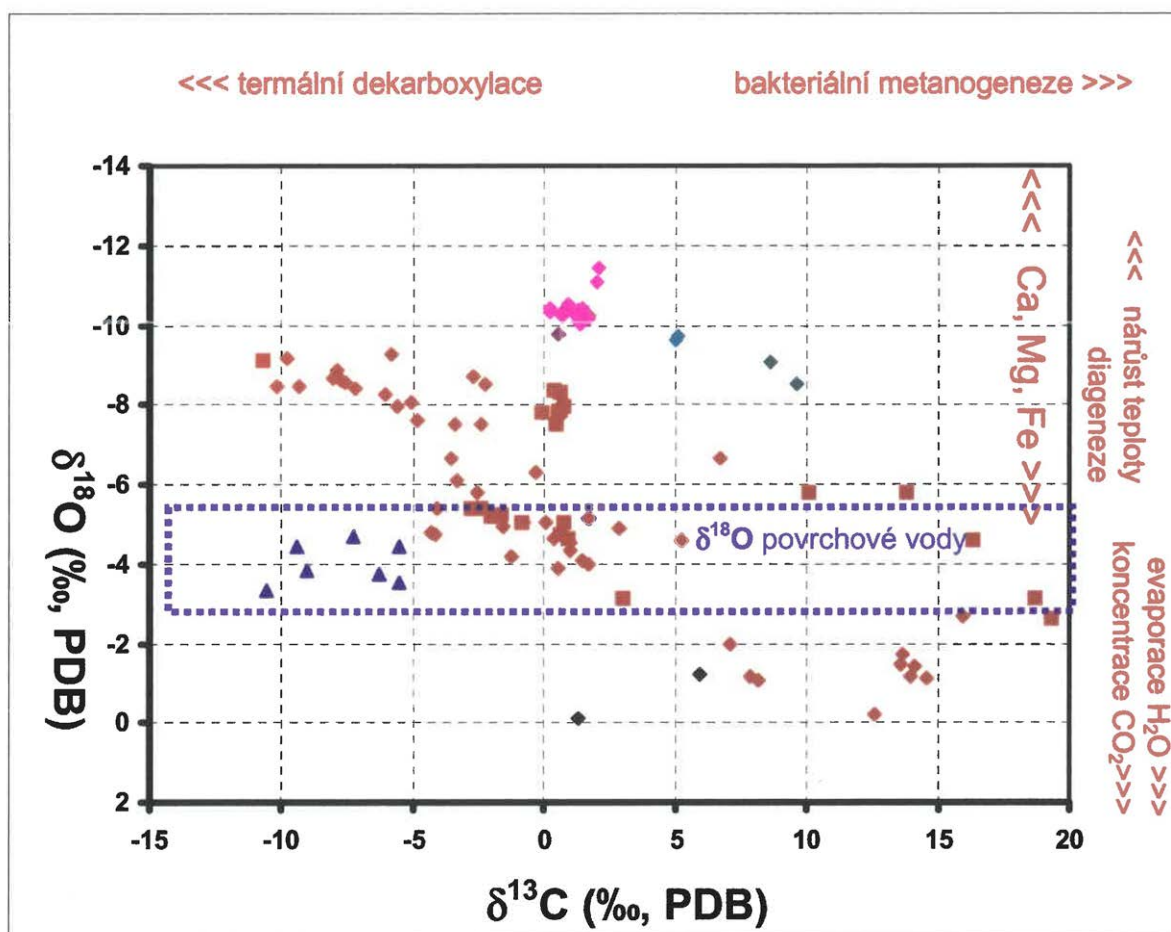
3. Izotopové rovnovážné výměnné reakce v systému atmosféra – rozpuštěný bikarbonát (HCO_3^-) – pevný karbonát - voda vedou rovněž k přerozdělování stabilních izotopů C a O v závislosti na fyzikálních podmínkách a koncentracích rozhodujících reakčních komponent. Obecně s narůstající teplotou do CO_2 vstupuje intenzivněji lehčí izotop ^{16}O takže $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) s narůstající teplotou klesá. Naopak při významné evaporaci $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) roste. Zvýšená koncentrace plynu CO_2 v roztoku ovlivňuje složení karbonátu podobně jako výpar. V běžných sedimentárních podmínkách se $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) pohybuje mezi 0 a -15 ‰.

4. Chemické vlastnosti kationtů ovlivňují jejich chování v procesu diagenese. V počátečních stádiích diagenese vstupuje do karbonátů Mn. Během dalšího postupu diagenese, jak se postupně mění vlastnosti pórového roztoku dochází nejprve ke vzniku Fe karbonátu – sideritu, posléze se uplatňuje i Mg a vzniká ankerit a vstupem Ca do reakce železitý dolomit (Curtis et al. 1986). Nejmladším vzniklým karbonátem je kalcit - karbonát Ca.

5 Protože diagenese je doprovázena postupným snižováním porozity sedimentu, zauímají obvykle mladší karbonáty větší podíl v hornině než pozdější. Výjimkou jsou ty nejmladší karbonáty vznikající za situace přetlaku pórového roztoku na rozhraní pevné a plastické fáze a karbonáty vznikající v septáriových dutinách.

Výsledky provedených analýz

Souborný graf poměru $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) / $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) ukazuje výsledky provedených analýz jednotlivých vzorků (obr.2).



Obr. 2 Graf závislosti $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) a $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) analyzovaných vzorků (Mach et al. 2001)

Fialové kosočtverce dolomitový tmel pískovců, modré trojúhelníky – srovnávací vzorky – ulity gastropod z lomu Merkur, červené kosočtverce souvislé vrstvy karbonátických jílovců nebo pelokarbonátů, červené čtverce – konkrce, světlemodré kosočtverce – konkrce kalcitové, modrozelené kosočtverce – karbonáty septáriových dutin, černé kosočtverce – porézní pelokarbonát.

Celkově rozsah hodnot potvrzuje předpoklad o diagenetickém původu pelokarbonátů. Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) se pohybují v mezích od +20 ‰ do -15 ‰ a hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) jsou uzavřeny v intervalu od -12 do 0 ‰. Většina vzorků je uspořádána v diagonálním pásu, který ukazuje obecný trend spojení nárůstu hodnot $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) s nárůstem $\delta^{18}\text{O}$ (PDB). Většina vzorků tedy vznikla během postupu diagenézy, který se na jejich výsledném složení projevil tak, že nejranější produkty mají vlivem bakteriální metanogeneze velmi vysoké hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) a hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) blízké předpokládanému složení vody v jezeře. Předpokládané složení vody v jezeře charakterizuje skupinka vzorků biogenního karbonátu (gastropody z DNT) s $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) od -10 do -5 ‰. Naopak nejpozdější karbonáty jsou charakteristické nejnižšími hodnotami $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) a $\delta^{13}\text{C}$ (PDB), což odpovídá jejich vzniku za vyšších teplot v procesu termálního štěpení organické hmoty. Ruku v ruce s izotopovým složením jde i složení mineralogické. Ve spodní části grafu převažuje siderit v horní se objevuje ankerit a se nejnižšími hodnotami $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) jsou spojeny vzorky dolomitového tmelu.

z pískovců a dolomit s kalcitem whevellitem ze septáriových dutin. Nejvyšší koncentrace Mn lze nalézt v nejranějších - centrálních částech raně diagenetických kongrecí a vrstev karbonátických jílov. Řada vzorků složeného Fe - Mg - Ca složení vykazuje značný posun v izotopovém složení ranné – železitější fáze (obvykle ankerit) a pozdní dolomitové fáze. Pozdní karbonát je charakterizován výrazně nižšími hodnotami $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) svědčícími o vzniku za vyšších teplot.

Závěr

Izotopové, mineralogické a chemické analýzy vzorků karbonátů kongrecí a pelokarbonátových vrstviček nebo vrstev karbonátických jílovců potvrdily předpoklad o diagenetickém původu karbonátů. Rozhodujícím zdrojem CO_2 byla rozkládající se organická hmota rostlinného původu obsažená v sedimentu. Detailní rozbor ukázaly, že různé vzorky reprezentují karbonáty vzniklé v různých etapách diagenese. Vzhledem k předpokladu přetlaku pórových fluid v řadě případů nelze poměr diagenetického karbonátu ke klastické složce použít pro výpočet hloubky pohřbení sedimentu v době vzniku karbonátu (Mach et al. 2001).

1. Horizonty kongrecí v nadloží sloje a některé vrstvy pelokarbonátů vznikaly ve vysoce porézním prostředí (jezerní jílový sediment) a během pozdějších etap diagenese jejich vývoj probíhal za podmínek pórového přetlaku, vzniklého sedimentací dalších vrstev jílu se silnými izolačními vlastnostmi, bránícími dostatečně rychlému odvodňování. V raných stádiích byl proces vzniku těchto karbonátů silně ovlivňován produkcí CO_2 bakteriální metanogenezí v pozdějších stádiích hrálo značnou roli termální štěpení organické hmoty. Etapovitost vývoje se odráží v zonálnosti nejen izotopového, ale i mineralogického a chemického složení kongrecí a vrstev. Obvykle se jedná o systém začínající krystalizací sideritu nebo ankeritu. V další etapě diagenese se začíná objevovat železitý dolomit a ve finále se vytvářejí na rozhraní pevné a okolní plastické hmoty dolomitové periferní lemy se stavbou cone in cone (Selleés –Martínez 1996) a dolomitové nebo dokonce kalcitové či whevellitové výplně septáriových dutin. Později krystalizované fáze vznikaly podle „lehčího“ izotopového složení kyslíku za vyšších teplot než fáze ranější.
2. Septáriové kongrece ve spodní části a podloží sloje a některé horizonty karbonátických jílovců a jílov v nadloží sloje vykazují příznaky vzniku ve velmi ranných stádiích diagenese při mělkém ponoření sedimentu v procesu bakteriální metanogeneze. Potvrzuje to jak izotopové složení uhlíku, odpovídající těm nejvyšším hodnotám, naměřeným na Zemi, tak vysoký obsah Mn v jádrech kongrecí, tak izotopové složení kyslíku, odpovídající složení kyslíku v ulitách gastropodů z lomu Merkur, u kterých lze předpokládat vznik v rovnováze s povrchovými vodami v miocenních nádržích.
3. Vzorky tzv. porézních pelokarbonátů (sideritu) s obsahem křemenných zrn, popisované dříve Fediukem a Plzákem (1965) a nově nalézané na lomu Bílina, vznikly v podmínkách vysoké koncentrace a tlaku CO_2 v roztoku v tenkých pravděpodobně písčitých vrstvách uzavřených shora jílovými izolátory.
4. Dolomitový tmel pískovců vznikl patrně v nejpozdějších stádiích diagenese ze zbytkových pórových roztoků, migrujících z jílov a heterolitických prodelťových

sedimentů do písčitých deltových těles deformovaných zapadáním do starších sedimentů podle růstových zlomů (Mach 2002). Pozdnímu vzniku odpovídá jak izotopové složení, tak mineralogické složení karbonátu (Ca, Mg) a nízký obsah Mn. Možnost migrace roztoků se starších sedimentů s pórovým přetlakem do těles písků přes plochu růstového zlomu podporuje i výběrová a neúplná dolomitová mineralizace písčitých vrstev v deformovaných deltových tělesech.

5. Některé raně diagenetické karbonáty z těsného nadloží sloje na lomu Libouš vykazují posun $\delta^{18}\text{O}$ (PDB) blízko k 0 ‰. To by mohlo svědčit o zvýšeném výparu v nádrži, ve které vznikl matečný jílový sediment. Pro tuto hypotézu fakt svědčí i vzácné horizonty s obsahem skořepatců a vysoký obsah bituminózní organické hmoty v těchto jílech.

Zjištěná fakta mají význam pro geologické práce na lomu Bílina. Zřejmá vazba určitých typů pevných poloh na určité vrstevní sledy, horizonty a struktury umožňuje jejich lepší predikci. Náročnost geologické práce v prostředí komplexu bílinské delty to ovšem nezmenšuje. Vyhledávání deformačních struktur v deltových tělesech potenciálně obsahujících pískovcová tělesa je úkol vyžadující nasazení několika metod. Pro vyhledávání větších nakupení pískovce a určování základních struktur se používá běžné průzkumné jádrové vrtání v síti 70 – 100 m. Toto vrtání samozřejmě poskytuje i údaje o uložení a vlastnostech nejen nadložních vrstev a uhelné sloje a blízkého podloží sloje. Výsledky tohoto vrtání slouží ke konstrukci digitálního geologického modelu nadloží i sloje. Odhalená pískovcová tělesa nebo struktury, kde je možno výskyt pískovce předpokládat, jsou ověřovány bezjádrovým vrtáním v síti až 20 x 20 m. Stěny skrývkových řezů lomu Bílina jsou systematicky dokumentovány kresebnou a fotografickou metodou. Výsledky dokumentace dále zpřesňují představy o geologické stavbě a jsou neustále konfrontovány s výsledky vrtného průzkumu a s jejich pomocí je doplňován geologický model. Tímto způsobem se dosahuje toho, že i výskyty pevných poloh neodhalené vrtnou sítí jsou zachyceny. V uplynulých metod byla na lomu Bílina při vyhledávání a vymezení pískovcových těles vyzkoušena rovněž řada geofyzikálních metod. Pro výslednou vysokou cenu, technologické problémy, způsobené nedostatečnou geofyzikální kontrastností, porušením masivu a obsahem vody v písčitých tělesech, a hlavně nízkou účinností bylo od dalšího experimentování upuštěno a rozhodnuto používat nadále výše popsany „klasický systém“.

Na lomu Bílina v průběhu konce devadesátých let minulého století a začátkem tohoto století pod tlakem nárůstu výskytu pískovcových těles vznikl účinný systém jejich likvidace a využití. Pro likvidaci pískovce v postupech skrývkových rypadel vznikla výrobní jednotka, vybavená těžkou technikou pro rozrušování, skrývání, nakládku a drcení pískovce. Tato jednotka využívá rovněž dodavatelsky organizované vrtné a trhací práce a externí dopravní techniku. Ročně se tato výrobní jednotka s pomocí externích dodavatelů musí vypořádat až s 600 tis. m³ písčito-jílovitých zemin s obsahem pískovce a produkuje až 85 tis. m³ drceného kameniva. Vyprodukované drcené kamenivo pokrývá velkou část potřeby kvalitního podsypového materiálu pro konstrukci cest a montážních míst a je využíváno rovněž jako výplň odvodňovacích drenů a pro některé stavební práce. Nedrcené bloky pískovce jsou využívány v přirozené formě pro výstavbu zpevňovacích lavic jak při vlastní těžbě, tak při rekultivačních pracích. Část nedrceného pískovce je deponována na dočasných deponiích pro budoucí využití. Bohužel podíl pískovce vyvezeného z ekonomických, časových a báňských

důvodů přímo na vnitřní výsypku lomu bez možnosti dalšího využití je stále velmi vysoký (lze ho odhadnout minimálně na 50 %). Tento velice kvalitní materiál bude v budoucnu Dolům Bílina chybět.

Literatura

1. Dvořák Z., Mach K. (1999): Deltaic deposits in the North Bohemian Brown Coal Basin and their documentation in the Bílina opencast mine. – *Acta Universitatis Carolinae*, 4/1999, 633-641, Praha.
2. Fediuk F., Plzák V. (1965): Pórovitý siderit z terciéru chomutovsko-ústecké pánve. – *Čas. Pro min. a geol.* r. 10, č. 4, 425-428. Praha
3. Mach K. (2002): Genesis of large scale syndepositional deformations of main coal seam – Miocene Bílina delta, Most basin, Czech Republic. - Programme and abstracts of 5th European Coal Conference, 90. Mons-Frameries, Belgium.
4. Mach K. (2002): Anomální stavba hlavní hnědouhelné sloje v prostoru miocenní bílinské delty a její geneze – doktorská práce.- MS Přír. fak UK, Praha
5. Mach K., Žák K., Jačková I. (2001): Stable isotope study of diagenetic carbonates in Miocene sediments of the North Bohemian Brown Coal Basin („Most Basin“), Czech republic.- Abstracts of 9th Coal geology conference Prague 2001, 23. Praha
6. Malkovský M. et al. (1985): Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí.- ÚUG, Academia. Praha.
7. Morad S. (1998): Carbonate cementation in sandstones : Distribution patterns and geochemical evolution (in Morad et al – Carbonate Cementation in Sandstones). – Spec. Publs. Int. Ass. Sediment 26, 1-26.
8. Sellés –Martínez J. (1996): Concretion Morphology, classification and genesis. – *Earth-Science Reviews* 41,177-210. Elsevier
9. Václ J. et al. (1989): Závěrečná zpráva úkolu velkolom Maxim Gorkij.- Geoindustria, st.p. Praha. Praha.
10. Curtis C.D., Coleman M.L., Love L.G. (1986): Pore water evolution during sediment burial from isotopic and mineral chemistry of calcite, dolomite and siderite concretions. – *Geochim. Et Cosmochim. Acta*, vol.50, 2321-2334.