

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geologie

Diplomová práce

Aleš Novák

**Litofaciální analýza báze hradecko-  
kyjovického souvrství Nízkého Jeseníku  
(spodní karbon, moravskoslezská jednotka  
Českého masivu)**

**Enviromentální geologie (N1211)**

**vedoucí diplomové práce: Mgr. Tomáš Lehotský Ph.D.**

**květen 2013**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně za použití citované literatury.

V Olomouci 10. května 2013

.....

Poděkování.

Děkuji Mgr. Tomáši Lehotskému Ph.D. za odborné vedení diplomové práce a za poskytnutí potřebných informací k danému tématu. Dále děkuji své rodině a přátelům za poskytnutí veškeré podpory.

1. Úvod.....	8
2. Cíl práce .....	9
3. Metodika .....	10
4. Přehled dosavadních geologických výzkumů hradecko-kyjovického souvrství .....	11
5. Geografické vymezení a geomorfologie Nízkého Jeseníku.....	11
6. Geologická charakteristika Nízkého Jeseníku .....	12
6.1 Proterozoické podloží .....	13
6.2 Předflyšová souvrství .....	13
6.3 Spodní karbon v kulmském vývoji.....	14
6.3.1 Andělskohorské souvrství .....	16
6.3.2 Hornobenešovské souvrství.....	17
6.3.3 Moravické souvrství.....	17
6.3.4 Hradecko-kyjovické souvrství.....	18
7. Hlubokomořské sedimenty gravitačních proudů .....	21
7.1 Charakteristika gravitačních proudů:.....	21
7.2 Turbidity .....	22
7.3 Úlomkotoky .....	23
7.4 Konturity.....	23
7.5 Boumova sekvence .....	24
7.6 Turbiditní vějíř.....	25
7.7 Faciální klasifikace hlubokomořských sedimentů.....	27
8. Litofaciální analýza profilů.....	33
8.1 Heřmánky – Sever .....	33
8.2 Heřmánky – Jih.....	38
8.3 Mokré Lazce .....	41
8.4 Žimrovice 1.....	45
8.5 Žimrovice 2.....	53
8.6 Hradec nad Moravicí – Zámek .....	55
8.7 Lesní lom pod Včelím hradem .....	57
8.8 Pod Kaluží 1 .....	59
8.9 Pod Kaluží 2 .....	61
8.10 Kajlovec – U hájovny .....	64
8.11 Annino údolí.....	65

8.12	Vlkovice – Sever .....	69
8.13	Vlkovice – Jih.....	72
8.14	Fulnek – Jerlochovice .....	73
8.15	Maleník: Na Gabrielce.....	76
9.	Interpretace litofaciální analýzy.....	80
9.1	Litofacie:.....	80
9.2	Litofaciální asociace: .....	84
9.3	Ichnofacie: .....	84
10.	Diskuze.....	85
11.	Závěr.....	90
12.	Literatura .....	92

**Bibliografická identifikace:****Jméno autora:** Aleš Novák**Název práce:** Litofaciální analýza báze hradecko-kyjovického souvrství Nízkého Jeseníku (spodní karbon, moravskoslezská jednotka Českého masivu)**Typ práce:** diplomová**Pracoviště:** Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geologie**Vedoucí práce:** Mgr. Tomáš Lehotský, Ph.D.**Rok obhajoby:** 2013

**Abstrakt:** Detailní terénní litofaciální a ichnologickou analýzou ve východní části Nízkého Jeseníku bylo potvrzeno, že bazální část hradecko-kyjovického souvrství, která je stratigraficky zařazena do svrchního tvoří hrubozrnný siliciklastický turbiditní systém. Studium bylo zaměřeno na detailní analýzu patnácti výchozů. Souvrství bylo uloženo v předpolní pánvi. V hradeckých drobách hradecko-kyjovického souvrství bylo vyčleněno pět litofacií: facie slepencová, facie písčitých slepenců, facie hrubozrnných drob, facie střednozrnných drob a facie laminovaných prachovců. Facie slepencová, facie písčitých slepenců a facie hrubozrnných drob reprezentuje proximální sedimenty vysokohustotních turbiditních proudů uložené v kanálech. Facie střednozrnných drob reprezentuje sedimenty překryvů a prostorů mezi kanály vysokohustotními turbiditními proudy. Facie laminovaných prachovců byla v prostředí mezi kanály uložena nízkohustotními turbiditními proudy. Na jedné lokalitě byly zjištěny fosilní stopy nereitové ichnofacie. Sedimentární záznam v horninách báze hradecko-kyjovického souvrství dokládá změnu ve vývoji kulmské pánve ve svrchním visé a začátek nového sedimentačního cyklu řízeného pravděpodobně kompresním tektonickým pulsem.

**Klíčová slova:** moravo-silezikum, hradecko-kyjovického souvrství, vysokohustotní turbiditní proudy, nízkohustotní turbiditní proudy, předpolní pánev, litofaciální analýza

**Počet stran:** 96**Jazyk:** český

**Bibliographical identification:****Autor's first name and surname:** Aleš Novák**Title:** Lithofacial analysis of the Hradec-Kyjovice Formation (Moravo-Silesian unit of the Bohemian Massif)**Type of thesis:** master**Institution:** Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology**Supervisor:** Mgr. Tomáš Lehotský, Ph.D.**The year of presentation:** 2013

**Abstract:** A detailed field facies and ichnofacies analysis undertaken in the eastern part of the Nížký Jesník Mts. revealed that the basal part of Hradec-Kyjovice Formation of Upper Viséan age are composed of coarse-grained siliciclastic turbidite system. Research was focused on detailed measurement of fifteen outcrops in the area. The formation was deposited in the foreland basin. There are identified five facies in Hradec Member of Hradec-Kyjovice Formation: the conglomerate facies, pebble to coarse grained sandstone facies, coarse grained sandstone facies, sandstone-siltstone facies and the muddy siltstone facies. The conglomerate facies, pebble to coarse grained sandstone facies and coarse grained sandstone facies represent proximal, coarse grained channel deposits of high-density turbidite currents. The sandstone-siltstone facies consists variety of turbidites deposits in lobes and interchannel environments. The muddy siltstone facies were deposited in interchannel environments by low-density turbidite currents. Some depositional lobes contain trace fossils of *Nereites* ichnofacies. Sedimentary record in the rocks of the basal part of Hradec-Kyjovice Formation indicate a change in the development of Culm basin in Upper Viséan and beginning of new cycle of sedimentation governed presumably by a compressional tectonic pulse.

**Key words:** Moravo-Silesicum, Hradec-Kyjovice Formation, high-density turbidite currents, low-density turbidite currents, foreland basin, lithofacies analysis

**Number of pages:** 96**Language:** Czech

## 1. Úvod

Diplomová práce je zaměřena na litofaciální studium spodnokarbonských sedimentů kulmské facie báze hradecko-kyjovického souvrství. Předkládaná práce se snaží podat charakteristiku sedimentačního prostředí a transportních a depozičních procesů, které se podílely na ukládání bazálních poloh hradecko-kyjovického souvrství. Tyto polohy tvoří horniny, které jsou interpretovány jako hlubokomořské sedimenty gravitačních proudů. Transport a ukládání sedimentů byly ovlivňovány řadou faktorů, které lze interpretovat ze sedimentárního záznamu.

Ukládání sedimentů gravitačními proudy významně ovlivňovalo parametry ekosystému v prostoru depozice. Fosilní záznamy projevů života v sedimentech mohou pomoci interpretovat ekologické podmínky v někdejší předpolní pánvi spodnokarbonského moře.



## **2. Cíl práce**

Cílem práce je na vybraných výchozech a odkryvech v zájmové oblasti provedení litofaciálního studia vybraných profilů, určení litofaciálních tříd, skupin a litofacií, posouzení a popsání texturních a strukturních prvků. Podle dat získaných v terénu jsou zhotoveny grafické diagramy studovaných profilů a je interpretováno sedimentační prostředí báze hradecko-kyjovického souvrství. Součástí práce je literární rešerše, která se v úvodní části věnuje stručnému přehledu dosavadních výzkumů, metodice, regionálně-geomorfologickému členění zájmové oblasti, stručnému popisu regionální geologie, hlubokomořským sedimentům, jejich litofaciálním klasifikacím a litofaciálním asociacím.

Další část představuje vlastní výzkumná etapa, kterou tvoří terénní práce na vybraných profilech, grafické zpracování zaznamenaných údajů a interpretace výsledků a fotodokumentace.

### 3. Metodika

V první etapě diplomové práce jsem se zaměřil na studium publikovaných vědeckých prací zabývajících se výzkumem zájmové oblasti, dále jsem studoval odbornou literaturu zaměřenou na sedimentologii, litofaciální analýzu hlubokomořských sedimentů, ichnologii a stratigrafii, sedimentologickou literaturu zaměřenou na hlubokomořské sedimenty a mechanismus jejich transportu a ukládání.

Druhou etapou byla vlastní terénní práce. Na lokalitách v zájmové oblasti jsem studoval vybrané profily výchozů a odkryvů. Dokumentace profilů spočívala v zaznamenání textur, počtu vrstev a jejich mocností, TU a FU trendů, intervalů Boumovy sekvence, vrstevnatosti, rytmičnosti, nerovnosti vrstevních ploch jako jsou stopy po proudění, vlečné rýhy, vtisky, stopy po úniku vody, erozní stopy, bioturbace, velikost a tvar intraklastů. Ze struktur jsem popsal vzájemný vztah klastů, jejich velikost a tvar.

Podle těchto údajů byly určeny jednotlivé litofaciální třídy, skupiny a litofacie, nakresleny grafické kolonky studovaných profilů, které jsou součástí obrazové dokumentace lokalit. Dále byl podle určených litofacií interpretován charakter gravitačních proudů, kterými sedimenty byly transportovány a uloženy ve smyslu práce Pickeringa et al. (1986) a vyčleněny litofaciální asociace specifické pro kulmské sedimenty Nízkého Jeseníku.

Dále byla sledována přítomnost flóry, fauny a ichnofauny. U nalezených jedinců bylo provedeno rodové, nebo druhové zařazení. Získané paleontologické údaje, zejména určení ichnofacií byly spolu s výsledky litofaciální analýzy použity k interpretaci sedimentačního prostředí a paleoekologických podmínek, panujících v někdejší kulmské pánvi.

Na lokalitách byla provedena fotodokumentace studovaných sedimentárních záznamů, která je použita v textu diplomové práce. Získaná data budou publikována v odborné literatuře.

#### **4. Přehled dosavadních geologických výzkumů hradecko-kyjovického souvrství**

Hradecko-kyjovické souvrství je stratigraficky nejvyšší geologickou jednotkou spodního karbonu Nízkého Jeseníku. Báze hradecko-kyjovického souvrství je odkryta v sérii odkryvů a výchozů ve východní části Nízkého Jeseníku v prostoru vymezeném pomyslnou spojnici mezi městy Hradec nad Moravicí, Kravaře, Fulnek a Odry a v okolí.

Hradecko-kyjovické souvrství definovali Zapletal, Dvořák a Kumpera (1989) v práci s názvem „Stratigrafická klasifikace kulmu Nízkého Jeseníku“. Kumpera tyto dvě jednotky vnímal jako samostatné a dále používal názvy hradecké souvrství a kyjovické souvrství ve svých publikacích (např. Kumpera-Martinec 1995). V předcházejících pracích byly tyto jednotky taktéž brány jako samostatné: název hradecké droby, respektive „Die Grätzer Grauwacken“ zavedl Patteisky (1929) a kyjovické vrstvy definoval Šusta v roce 1928 (Zapletal et al. 1989).

Výzkumem zmiňovaného souvrství se ve svých pracích zabývala řada autorů: Roemer (1870) publikoval první stratigrafické členění kulmu, Kettner (1921) řešil litologii a tektoniku severní části souvrství. Paleogeografickým výzkumem předpolní pánve, litologií, procesy transportu a ukládání sedimentu se zabýval zejména Kumpera (1966, 1976). Faunu a flóru za účelem stratigrafie studovali především Kumpera (1971) a Purkyňová (1963, 1988). Král (1983) dokumentoval výskyt trilobitové fauny a popsal nálezy rodů *Archeogonus* a *Paladin* v kyjovických vrstvách. Lehotský (2008) provedl revizi taxonomie stratigraficky významné goniatitové fauny. Ichnofaunou se zabývali Zapletal a Pek (1971, 1997, 1999), kteří zařadili bazální polohy hradecko-kyjovického souvrství do nereitové ichnofacie. Provenienci sedimentů vztaženou k těžké minerální frakci řešili Hartley a Otava (2001). Siliciklastické sedimenty v rámci mapování nejjihnější části areálu analyzovali Gilíková, Maštera a Otava (2003). Celkový vývoj flyšové pánve pak charakterizovali Kumpera (1983, 1996, 1997) a Kumpera a Martinec (1995). Nejnověji se vztahy mezi gama zářením, faciemi a minerálně chemickým složením siliciklastik zabývali Šimíček, Bábek a Leichmann (2012).

#### **5. Geografické vymezení a geomorfologie Nízkého Jeseníku**

Nízký Jeseník tvoří východní okraj České vysočiny. Nachází se v prostoru mezi městy Olomouc, Hranice na Moravě, Opava a Krnov. Nejuvýchodnější výběžek zasahuje až

k západnímu okraji Ostravy. Celková rozloha je 2894 km<sup>2</sup>. Má parovinný povrch s hluboce zaříznutými údolními, která byla vymodelována vodními toky.

Na severozápadě navazuje Nízký Jeseník na příkrý jihovýchodní svah Hrubého Jeseníku mezi střední Moravicí a horní Oskavou. Na severu se Nízký Jeseník pozvolně svažuje do Slezské nížiny a na východě přechází do Ostravské pánve. Na západě a jihozápadě leží okraje pohoří nad Hornomoravským úvalem, na jihu a jihovýchodě hraničí s Moravskou bránou. Okraje pohoří určily křižovatky zlomů sudetského a karpatského směru (Kunský 1974).

Průměrná střední výška Nízkého Jeseníku se pohybuje mezi 400 – 600 m, nejvyšším bodem je Slunečná (800 m), dalšími významnými elevacemi jsou Velký Roudný (780 m), Malý Roudný (775 m), Červený Vrch (697 m), Fidlův kopec (680 m) a Venušina sopka (655 m). Regionálně geomorfologické členění Nízkého Jeseníku je uvedeno v tab. č. 1.

Systém	Hercynský
Subsystém (provincie)	I Česká vysočina
Soustava (subprovincie)	I - IV Krkonoško-jesenická soustava
Podsoustava	IV-8 Nízký Jeseník
Celek	IV-8 A Brantická vrchovina IV-8 B Štěbořická vrchovina IV-8 C Bruntálská vrchovina IV-8 D Slunečná vrchovina IV-8 E Domašovská vrchovina IV-8 F Vítkovská vrchovina IV-8 G Oderské vrchy IV-8 H Tršická pahorkatina

Tab. 1. Geomorfologické členění Nízkého Jeseníku (Demek et. al. 2006)

V Nízkém Jeseníku pramení řada vodních toků, významné jsou Odra, Moravice, Hvozdnice, Čermná a Bystřice. Krajina má mozaikovitý ráz, projevuje se rychlým střídáním polí, luk a lesů. Klimaticky je Nízký Jeseník charakterizován jako teplá oblast s chladným ostrůvkem kolem Slunečné (Demek et al. 2006).

## 6. Geologická charakteristika Nízkého Jeseníku

Nízký Jeseník tvoří nejvýchodnější okraj Českého masivu, je tvořen mocnými sledy hornin paleozoického stáří, které jsou diskordantně uloženy na proterozoickém krystaliniku.

Jesenické paleozoikum je součástí moravskoslezské oblasti Českého masivu, jeho předplatformní etapy. Náleží k té části Evropy, jejíž vývoj byl velmi významně ovlivněn kadomskou orogenezí a variskou kolizí (Chlupáč 2002).

## 6.1 Proterozoické podloží

Horniny proterozoického podloží v oblasti Nízkého Jeseníku nevystupují na povrch. Znamé jsou pouze jejich drobné výskyty v okolí Olomouce. Proterozoický fundament jesenického bloku je tvořen horninami brunovistulika. Podloží je rozděleno na silně mobilizovanou západní část a málo mobilizovanou část východní. Tato odlišnost je důsledkem kolizní tektoniky mezi variským blokem a brunovistulikem ve spodním karbonu (Zapletal 1991).

## 6.2 Předflyšová souvrství

Předflyšové formace v Nížkém Jeseníku jsou tvořeny devonskými horninami. Pro ně jsou charakteristické facie drahanského vývoje a to v oblasti šternbersko-hornobenešovského pruhu. Devon je charakterizován transgresivním rázem a je diskordantně uložen na podloží brunovistulika.

Pro drahanský vývoj je typická značná mocnost mořských sedimentů doprovázená podmořským vulkanizmem. Spodní část je tvořena stínavsko-chabičovským souvrstvím, svrchní ponikevským souvrstvím (Chlupáč 2002).

**Stínavsko-chabičovské souvrství** tvoří bazální klastické sedimenty – pískovce, slepence a písčité vápence, které výše přecházejí do anchimetamorfovaných břidlic s polohami bazických vulkanitů, tufů a nečistých vápenců. Fauna má ve starších vrstvách smíšený rýnsko-český ráz, v mladších vrstvách obsahuje faunu charakteristickou pro český vývoj. Vápnité břidlice u Chabičova obsahují společenstvo trilobitů (*Iliaenula illaenoides*, *Moravocoryphe kettneri*, *Struveaspis micromma*, *Plagiolaria* sp.), tentakulitů a psilofytních rostlin splavených do moře (Chlupáč 1965).

Jesenecké vápence jsou patrně vázány na svahy vulkanických elevací, kde sedimentovaly z vodního sloupce a hemipelagickou sedimentací ze svahů. Místy zasahují ze středního devonu do spodního karbonu. Jedná se o tmavě šedé deskovité karbonáty s

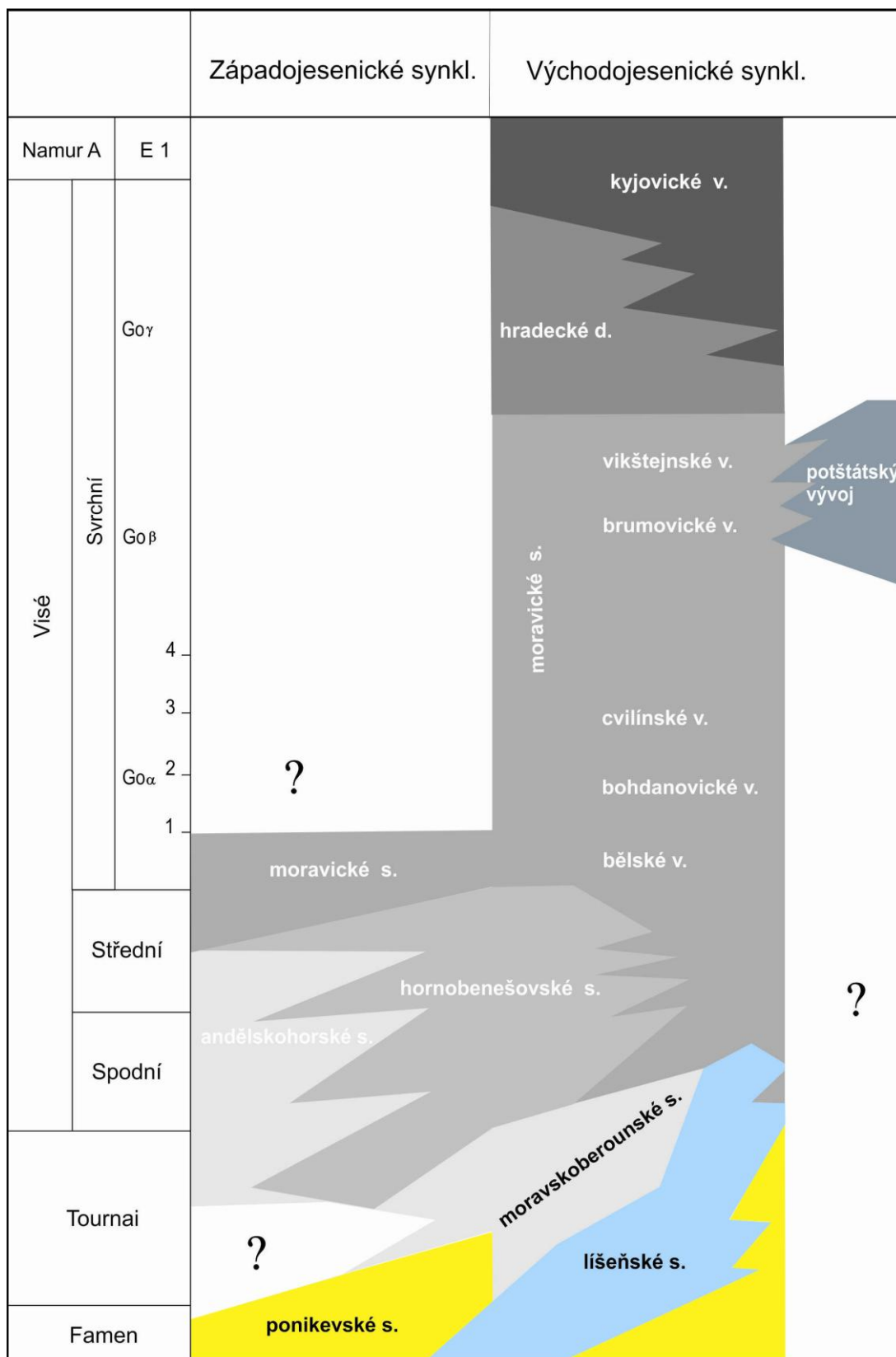
výrazným podílem organického uhlíku a slabou příměsí pelitického materiálu (Bábek et al. 1994).

**Ponikevské souvrství** představuje nejvyšší stratigrafickou jednotkou drahanského vývoje (tab. 2). Mocnost ponikevského souvrství není přesně známa, předpokládá se 60 – 100 metrů (Kumpera 1983). Ponikevské břidlice reprezentují jemné pelity s hojnými vložkami a laminami většinou šedých silicitů. Břidlice jsou v nezvětralém stavu šedé a nazelenalé, po zvětrání žlutavé a narůžovělé až bělavé. Usazovaly se pod CCD hladinou, ve společenstvu fosilií chybí bentos, zastoupeny jsou radiolarie, jehlice hub a stratigraficky významní konodonti *Falcodus variabilis* a *Hindeodella defecta*. Konodontová fauna dokládá, že ponikevské souvrství zahrnuje svrchní frasn až spodní visé (Zikmundová 1967). Oblast byla ve svrchním devonu depresí, klidná sedimentace v hlubokovodním prostředí pokračuje až do spodního karbonu (Zikmundová-Chlupáč 1962).

### 6.3 Spodní karbon v kulmském vývoji

Spodnokarbonské sedimenty kulmské pánve v Nížkém Jeseníku jsou ve své nižší části většinou vyvinuty ve vápencových a břidličných faciích, jejichž sedimentace plynule pokračuje ze svrchního devonu. Reprezentují jihovýchodní část systému evropských variských předpolních pánví. Tyto pánve byly vyplněny 7,5 km mocnými polohami hlubokomořských sedimentů, ukládanými axiálním turbiditním systémem. Snosová oblast se nacházela jižně až jihozápadně od pánve (Hartley-Otava 2001). V důsledku kolize Severoatlantského kontinentu a Gondwany docházelo ke kosé kolizi centrální části Českého masivu s brunovistulíkem (Chlupáč et al. 2002). Jeho složitost je zřejmá jak z obrazu sedimentace, tak z geologické stavby moravskoslezské oblasti Českého masivu. Kolize dvou jednotek rozdílného horninového složení umožnila rychlé nadzvednutí centrální části Českého masivu a vznik sedimentačních pánví. V konečném důsledku těchto procesů došlo ke vzniku mohutného akrekčního klínu komplexního složení a struktury (Kumpera-Martinec 1995).

Sedimentace byla ve spodním tournai zpočátku podobná devonské. Rozvinutí kulmské facie je možné stratigraficky potvrdit konodontem druhu *Scaliognathus anchoralis*, goniatiity *Pericyclus plicatilis* a *Pericyclus kochi* (Zikmundová 1967).



Tab. 2. Stratigrafické schéma Nížkého Jeseníku (převzato a upraveno podle Kumpera-Martinec 1995, použité zkratky: s – souvrství, v – vrstvy, d - droby)

Většina kulmských uloženin má typické litologické znaky flyše. K vnitřním litologickým znakům patří rytmičnost, vyjádřená gradačním zvrstvením, laminovaným zvrstvením a nerovnostmi vrstevních ploch (mechanoglyfy a bioglyfy). K méně hojným jevům patří různé druhy intraklastů (závalky a útržky hornin), olistolity a také extraklasty (Kumpera 1966, 1976, 1983). Zastižené siliciklastické sedimenty jsou hlubokovodními uloženinami gravitačních, převážně turbiditních proudů. K ukládání siliciklastických sedimentů gravitačními proudy docházelo od středního tournai do svrchního visé spodního karbonu.

Nejzápadněji se vyskytuje nejstarší andělskohorské souvrství, které směrem do nadloží a k východu přechází do souvrství hornobenešovského. Tato souvrství by měla odpovídat uloženinám zbytkové flyšové pánve. Nadložní a východněji položená souvrství moravické a hradecko-kyjovické byla uložena v předpolní flyšové pánvi (Kumpera-Martinec 1995). Sedimenty byly uloženy za podmínek diktovaných trvalým kontrastem mezi vyzdvižovanou oblastí snosu a zahlubovanou flyšovou pánví. Kulmská pánev, která byla depocentrem těchto uloženin měla protažený tvar a její axiální osa směřovala od jihozápadu k severovýchodu (Kumpera 1966, 1976, 1983, Hartley-Otava 2001).

Ve svrchním visé, které je paleontologicky doloženo goniatitovou faunou (tab. 3), kdy probíhal složitý vývoj variské flyšové formace, tvořené zbytkovou flyšovou pánví na západě a flyšovou pánví předpolí na východě, byly již patrné tendence ke změlčování flyšové pánve.

Mocnost jednotlivých goniatitových zón a subzón (tab. 3), která dosahuje až 600 – 800 m je místy značně zredukovaná, což svědčí o existenci dílčích elevací ve flyšové pánvi předpolí. Postupně dochází k vyplňování a změlčování flyšové pánve a mořské molasové pánve a k přechodu do paralické molasy svrchního karbonu ostravského souvrství (Kumpera 1996).

### **6.3.1 Andělskohorské souvrství**

Andělskohorské souvrství (tab. 2) je tvořeno gradačně zvrstvenými rytmi, složenými s jemnozrnných tmavošedých drob, prachovců a jílových břidlic (Zapletal et al. 1989). Pro andělskohorské souvrství je charakteristické rychlé střídání drobových poloh s rozsáhlou mocností až stovek metrů. Fauna nalezená ve Veikově lomu u Děřřichovic je považována za redeponovanou (Dvořák et al. 1959, Purkyňová 1977, Zapletal 1987). Koráli druhu *Tetraporinus* sp. a *Lithostrotion* (*Lithostrotion*) sp. vykazují stáří svrchní tournai až spodní visé (Otava et al. 1994). Z flóry byla nalezena přesličkovitá rostlina rodu *Archaeocalamites*,



pravděpodobně druh *Archaeocalamites scrobiculatus* s unikátně zachovalou uhelnou hmotou (Purkyňová 1977). Na lokalitě Karlovice u Vrbna pod Pradědem byly nalezeny ichnofosilie *Spirodesmos archimedeus*, *Spirodesmos spiralis* a *Planolites beverleyensis* (Zapletal-Pek 1987). Mocnost souvrství se odhaduje na 1000 až 2000 metrů (Zapletal et al. 1989).

### 6.3.2 Hornobenešovské souvrství

Hornobenešovské souvrství (tab. 2) v západní části svého výskytu ostře nasedá na andělskohorské souvrství. Ve šternbersko-hornobenešovské zóně vystupuje v jejich podloží souvrství moravskoberounské, ponikevské i bazické devonské vulkanity. Převažují masivní, nezřetelně vrstevnaté tmavošedé droby, místy s čočkami gravelitových konglomerátů. Podřízeně vystupují vložky prachovito-jílovitých, často gradačních rytmitů, jejichž četnost do nadloží vzrůstá, až zcela převažují. Stratigraficky významná fauna nebyla nalezena, sporadicky se vyskytuje rostlinná drť *Archaeocalamites scrobiculatus* (Zapletal et al. 1989). V břidlicích se často vyskytují ichnofosilie *Spirodesmos archimedeus*, *Spirodesmos spiralis*, *Dictyodora liebeana* a *Chondrites goepperti* (Zapletal-Pek 1987). Hornobenešovské souvrství se člení na láryšovské, brantické a dalovské vrstvy.

V okolí Moravského Berouna tvoří přímé nadloží ponikevského souvrství tzv. moravskoberounské souvrství, tvořené většinou křemitými slepenci s karbonátovým tmelem nebo vápence s písčitou příměsí a polohami vápencových brekcií (tab. 2). Ve valounovém materiálu byla nalezena tournaiská a viséská konodontová fauna, která dokazuje spodnokarbonské stáří. Jako celek jde nejspíše o místní facii souvrství hornobenešovského (Chlupáč et al. 2002).

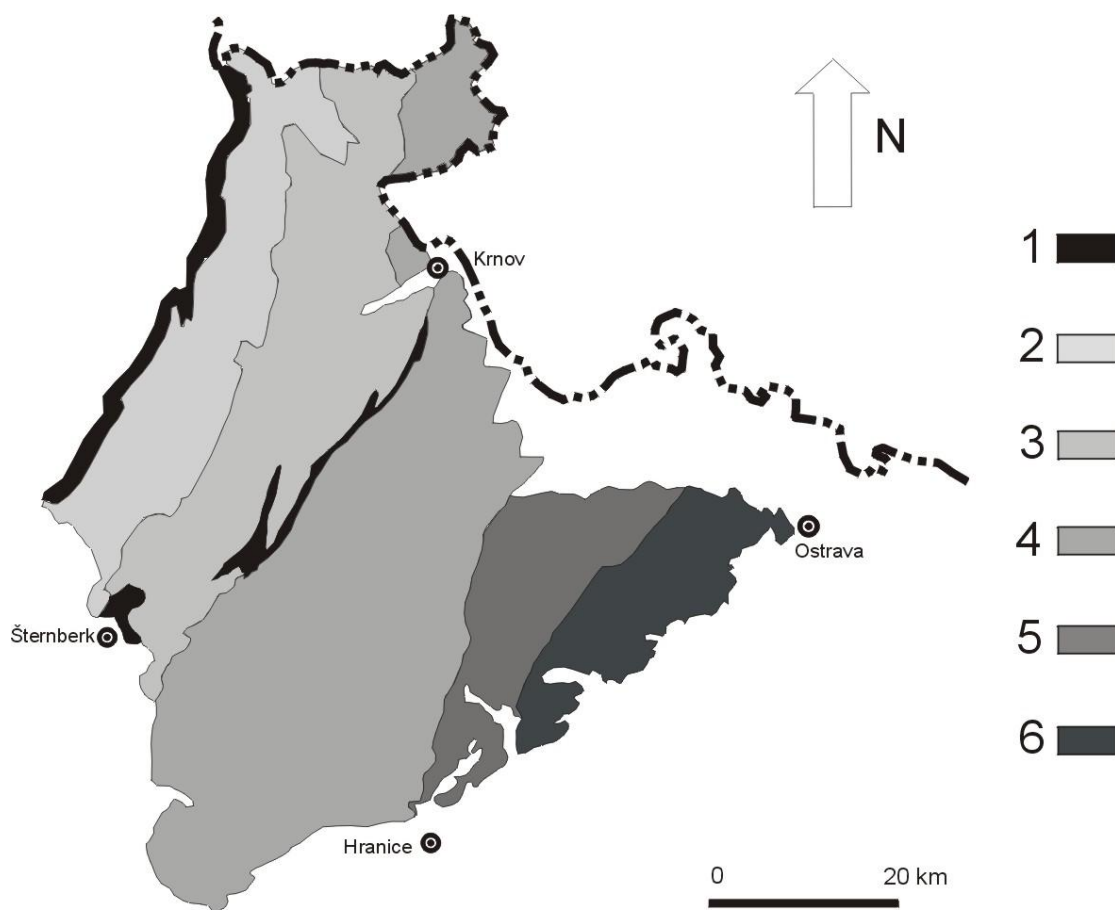
### 6.3.3 Moravické souvrství

Moravické souvrství (tab. 2) nasedá konkordantně na souvrství hornobenešovské. Je rozšířeno ve východní části Nížkého Jeseníku, kde postupně přechází do mladšího hradecko-kyjovického souvrství. Je to složitý komplex flyšových sedimentů s převahou tmavošedých prachovito-jílových laminitů a rytmitů. Významné jsou polohy vrstevnatých drob, jež kolísají v mocnostech od několika metrů po stovky metrů. Droby často obsahují vložky intraklastů, extraklastů, faunu a flóru. Celková mocnost kolísá - maximální hodnoty jsou odhadovány na 2500 metrů (Kumpera 1983). Sled hornin vykazuje cyklickou sedimentaci a je rozdělen na pět litostratigrafických jednotek: vrstvy bělské, bohdanovické, cvilínské, brumovické a vikštejnské (Zapletal et al. 1989). V tzv. osoblažském vývoji se objevují sedimenty s

vložkami a čočkami vápenců a v tzv. potštátském vývoji s převahou drob a hojným podílem slepenců (Chlupáč et al. 2002). V moravickém souvrství jsou paleontologicky doloženy goniatitové subzóny (tab. 3)  $Go\alpha_{2-4}$  až  $Go\beta_{spi}$  svrchního visé (Kumpera 1983).

#### 6.3.4 Hradecko-kyjovické souvrství

Hradecko-kyjovické souvrství představuje nový cyklus v kulmské sedimentaci (Chlupáč et al. 2002). Souvrství je tvořeno lavicovitými až deskovitými drobami s vložkami prachovito-jílových rytmitů. Drobové sekvence obsahují, zvláště ve spodní části, hojné vložky petromiktních, drobně až hrubozrnných konglomerátů. V jemnozrnném vývoji převládají prachovité až prachovito-jílové rytmity s podřízenými vložkami velmi jemnozrnných drob (Zapletal et al. 1989). Mocnost se odhaduje na 800 metrů. Při bázi je několik vložek drobnozrnných až střednozrnných drobových polymiktních slepenců.



1 - předflyšový vývoj, 2 - andělskohorské s., 3 - hornobenešovské s.,  
4 - moravické s., 5 - hradecké droby, 6 - kyjovické vrstvy

Obr. 1. Schématická mapa spodního karbonu Nízkého Jeseníku (převzato a upraveno podle Dvořák 1994)

Ve fauně převládají goniatiti, nautiloidi a mlži, méně četní jsou ramenonožci a zástupci jiných skupin (Kumpera 1983). Flóra je reprezentována zejména kapradinou *Sphenopteris adianthoides*, přesličkovitou rostlinou *Eleutherophyllum mirabile* a kořeny plavuní *Stigmaria stellata* (Purkyňová 1988). Fosilní stopy se vyskytují zejména na lokalitách v údolí řeky Odry mezi Jakubčovicemi a Heřmánkami. Zde byly nalezeny druhy *Phyllocytes jacksoni*, *Arenicolites* sp., *Cosmorhapse kettneri*, *Dictyodora liebeana*, *Nemertites silesicus* a *Cosmorhapse dvoraki* (Zapletal-Pek 1987).

**Hradecké droby:** hrubozrnné hradecké droby tvoří bázi hradecko-kyjovického souvrství např. (Gilíková et al. 2003). Je to mocný flyšový sled, často s vložkami prachovců a břidlic, které tvoří nadloží moravického souvrství (tab. 2). Jedná se o převážně lavicovité, jemně až hrubozrnné droby s vložkami a čočkami jemnozrnných až střednozrnných konglomerátů. Slepencové vložky jsou definovány jako tzv. bazální nýtecký konglomerátový obzor.

Celková mocnost hradeckých drob se odhaduje na 800 metrů. Směrem k východu a jihovýchodu se ponořují pod kyjovické vrstvy, přičemž se jejich mocnost snižuje. V polohách hradeckých drob jsou dle goniatitové fauny (tab. 3) doloženy svrchnoviséské goniatitové subzóny  $Go\beta_{spi}$  až  $Go\gamma_1$  (Kumpera 1983).

**Kyjovické vrstvy:** jsou tvořené převážně jílovo-prachovými laminity až rytmity s vložkami deskovitých až lavicovitých drob. V břidlicích se místy objevují polohy pelokarbonátů, ve svrchní části také vložky uhelných jílovců (Zapletal et al. 1989). Do nadloží přecházejí konkordantně do uhlonosného ostravského souvrství hornoslezské pánve. Ve svrchní části jsou hojnější polohy uhelných prachovců a ojedinělé tenké uhelné slojky.

Úhrnná mocnost kyjovických vrstev v Nížkém Jeseníku dosahuje asi 800 metrů. Směrem k východu a jihu jejich mocnost značně klesá. Podle goniatitové fauny (tab. 3), náleží spodní část kyjovických vrstev k zóně  $Go\gamma_1$ , ve svrchní části je doložena subzóna E1 (Kumpera 1983), stupně namur A.

litostratigrafické jednotky		dělení podle goniatických zón a vůdčí fauny			
karbon	Serpuchov	hradecko-kyjovické souvrství	kyjovické vrstvy	E1 <i>Edmooceras pseudocoronula</i> <i>Sudeticeras stolbergi</i>	
			hradecké droby	Go $\gamma_2$	<i>Lusitanoceras poststriatus</i> , <i>Sudeticeras wilczeki</i> , <i>Paradimorphoceras lunula</i>
	Go $\gamma_1$	<i>Paradimorphoceras lunula</i> , <i>Lusitanites subcircularis</i> , <i>Girtyoceras meslerianum</i>			
	svrchní visé	moravické souvrství	vikštejské vrstvy	Go $\beta_{mu}$	<i>Paraglyphioceras elegans</i> , <i>Hibernioceras mucronatum</i> <i>Sulcogirtyoceras intracostatum</i>
				Go $\beta_{el}$	<i>Amsbergites falcatus</i> , <i>Paraglyphioceras elegans</i> , <i>Sudeticeras crenistriatum</i>
			brumovické vrstvy	Go $\beta_{fa}$	<i>Amsbergites falcatus</i> , <i>Goniatites spirifer</i> , <i>Goniatites striatus</i> , <i>Girtyoceras brüningianum</i>
				Go $\beta_{str}$	<i>Goniatites intermedius</i> , <i>Goniatites striatus</i> , <i>Goniatites spirifer</i> , <i>Girtyoceras burhennei</i>
				Go $\alpha_4$	<i>Goniatites intermedius</i> , <i>Goniatites crenistria</i> , <i>Girtyoceras brüningianum</i>
			cvilínské vrstvy	Go $\alpha_{2,3}$	<i>Goniatites crenistria</i> , <i>Goniatites schmidtianus</i> , <i>Goniatites cf. maximus</i> , <i>Eoglyphioceras truncatum</i>
			bohdanovické vrstvy	Go $\alpha_{2,3}$	<i>Goniatites crenistria</i> , <i>Girtyoceras discus</i> , <i>Girtyoceras bindemanni</i>
			bělské vrstvy	Go $\alpha_{2,3}$	<i>Nomismoceras sp.</i> , <i>Nomismoceras vittiger</i> , <i>Girtyoceras sp.</i>
			hornobenešovské souvrství		bez fauny

Tab. 3. Goniatické zóny ve svrchním visé Nížkého Jeseníku (převzato a upraveno podle Kumpere 1983, Zapletal et al. 1989, Lehotský 2008)

## 7. Hlubokomořské sedimenty gravitačních proudů

### 7.1 Charakteristika gravitačních proudů:

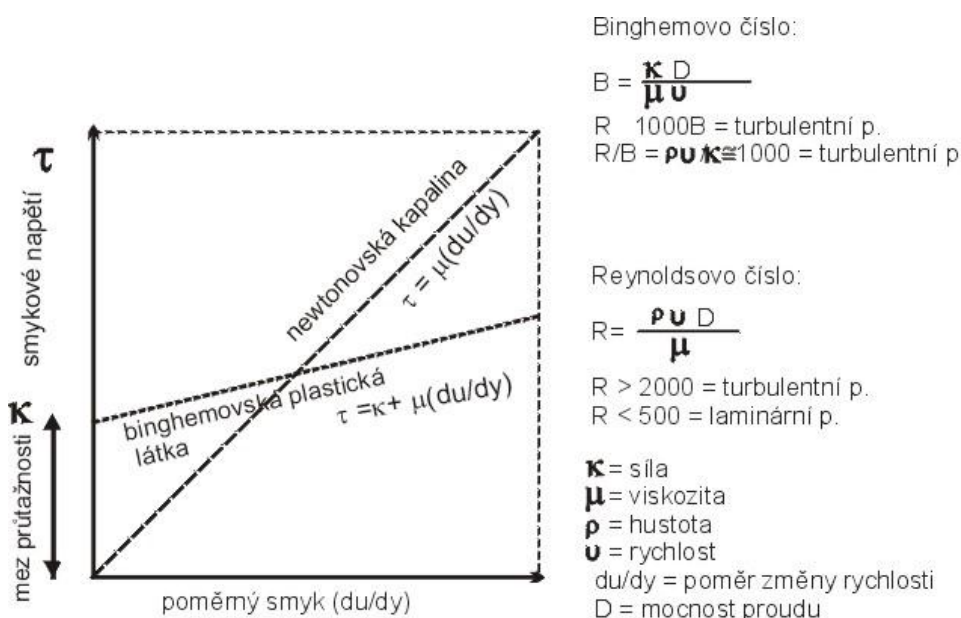
Hlubokomořské sedimenty jsou klasifikovány podle výskytu a tvaru sedimentačních těles, podle mechanismu jejich ukládání (Kukal 1986) a podle jejich reologie (Shanmugam 2000). Jsou ukládány gravitačními proudy, které jsou směsí vody s klasty a pohybují se po svazích dolů, protože hustota směsi je větší, než je hustota okolní mořské vody. Gravitační síla působící na pevné částice ve směsi generuje tok po svahu dolů a přimíchaná voda je pouze pasivní složkou tohoto procesu. Tok pokračuje v pohybu, jestliže je splněna následující podmínka, že smykové napětí generované složkou svahové gravitační síly působící na hustotu směsi překročí třecí odpor, který brání v aktivizaci některému z mechanismů generujících pohyb (obr. 3). Těmito mechanismy jsou rozvolnění, zkapalnění, vzplývavost a roztažení. Uvedené mechanismy hrají důležitou úlohu při generování pohybu tří typů gravitačních proudů schopných transportovat sediment po podmořských svazích o sklonu pouhých několika stupňů. Charakter sedimentů závisí na mechanismu a vzdálenosti, na kterou je sediment transportován a také na způsobu jeho uložení v depocentru. Sedimentační proces je funkcí koncentrace nebo hustoty proudu a rychlosti sedimentace (Pickering et al. 1989).

Podle Lowe (1982) se při ukládání sedimentů generovaných gravitačními hustými proudy podílí čtyři základní principy. Je to ukládání zrn trakční sedimentací, sedimentací ze suspenze, utuhnutí třením a utuhnutí soudržností. Sedimenty turbiditních proudů jsou uspořádané do tří dynamických populací: 1) jíl až střednozrný písek, který může být transportován v suspenzi jako individuální zrna, 2) střednozrný písek až štěrčík, který může být transportován ve velkých objemech ve vysoce hustých turbiditních suspenzích a 3) klasty velikosti štěrku až valounů mající koncentraci od 10 do 15 % objemu tělesa toku, které jsou transportovány nadnášením v suspenzi vody, jemnozrného sedimentu a vzájemnými kolizemi klastů.

Dle reologických vlastností (obr. 2) se gravitační proudy dělí na newtonovské kapaliny a binghamovské plastické látky. Pro newtonovské kapaliny je charakteristické při transportu převažující turbulentní proudění a nazývají se turbiditními proudy.

Turbiditní proud je gravitační proud transportující sediment s newtonovskou reologií a v turbulentním stavu, který ukládá sedimenty ze suspenze.

Binghamovské plastické látky jsou označovány jako úlomkotoky. Úlomkotoky jsou sedimentární gravitační toky s plastickou reologií a laminárním prouděním, které se projevuje jako plastická deformace. Pojem úlomkotok se používá pro proces transportu (Shanmugam 2000).



Obr. 2. Reologie newtonských kapalin a binghamovských plastických látek (převzato a upraveno podle Shanmugam 1997)

## 7.2 Turbidity

Turbidity jsou uloženinami epizodických transportů velkého objemu mělkovodních sedimentů zahrnujících i jejich faunu a flóru do hlubokého moře, kde jsou dále distribuovány do rozsáhlejšího prostoru. Sediment je transportován ve stavu suspenze turbiditním proudem (Einsele 1992). Pro turbidity je charakteristické gradační zvrstvení vyjádřené v ideálním turbiditu Boumovou sekvencí. Ta zaznamenává změny rychlosti turbiditního proudu a velikosti klastů do sedimentárního záznamu změnou textury z beztexturní nebo gradačně zvrstvené báze do intervalů s paralelním a šikmým zvrstvením (Bouma 1962). Dále je pro turbidity typické střídání jemnozrnných a hrubozrnných sedimentů, textury na vrstevních plochách (proudové stopy, rýhy po vlečení, vtisky a bioglyfy), zákonitost vertikálního sledu sedimentů uložených z jednoho proudu, špatná vyříděnost, gradační zvrstvení hrubších sedimentů, intraklasty a rytmičnost (Kukal 1980, 1986, Kumpera 1983). Podle zrnitosti a zvrstvení se turbidity dále dělí na distální a proximální. Proximální turbidity jsou hrubozrnné, vrstvy jsou mocnější a jejich stopy jsou často amalgamované. Distální turbidity se ukládají při úpatí svahu, jsou jemnozrnnější a mocnost vrstev se snižuje s nárůstem vzdálenosti od

prostoru iniciace turbiditního proudu (Einsele 1992). Kukul (1986) uvádí, že ne vždy platí, že s rostoucí vzdáleností klesá proximalita (soubor proximálních znaků) a roste distalita (počet distálních znaků). Menší turbiditní proudy mohou mít hned blízko zdroje znaky distálních turbiditů. Záleží tedy i na mohutnosti turbiditního proudu, jak dlouho si udrží své proximální znaky.

Turbiditní proudy se dělí na vysokohustotní a nízkohustotní. Vysokohustotní turbiditní proudy transportují hrubší klasty jako jsou oblázky, valouny i balvany v suspenzi jemnozrného materiálu, dosahují vyšších rychlostí a erodují podloží, což dokládá přítomnost intraklastů. Nízkohustotní turbiditní proudy dosahují nižších rychlostí, suspenze je tvořena jemnozrnými částicemi a jejich schopnost erodovat dno je velmi nízká, nebo žádná (Einsele 1992).

### **7.3 Úlomkotoky**

Uloženinami jsou slepence s různou texturou i strukturou olistolity, olistostromy a melanže. Sediment je transportován v plastickém stavu s převažujícím laminárním prouděním. Mechanismem pohybu jsou skluzy, sesuvy, říčení s rotací, bahnotoky a pískotoky (Pickering et al. 1989). Úlomkotoky jsou tvořeny konzistentní jemnozrnou až střednozrnou základní hmotou, která poskytuje podporu klastům různé velikosti (Einsele 1992).

Charakteristickým znakem uloženin úlomkotoků je ostrý, často nepravidelný kontakt na stropě vrstvy, nepravidelný tvar čela vrstvy, dále se na vrstevních plochách vyskytují struktury po úniku vody, vnitřní zvrstvení, neerozivní báze s texturami po úniku vody, imbrikované vrstvy. Často bývají rozčleněny do samostatných izolovaných bloků, nebo jsou amalgamizované (Shanmugam 2000). Dalším výrazným rysem je absence gradace, zvrstvení a nevytřídnost, přítomnost plovoucích klastů, což jsou znaky toho, že sedimenty byly ukládány v kohezivní hmotě (Pickering et al. 1986).

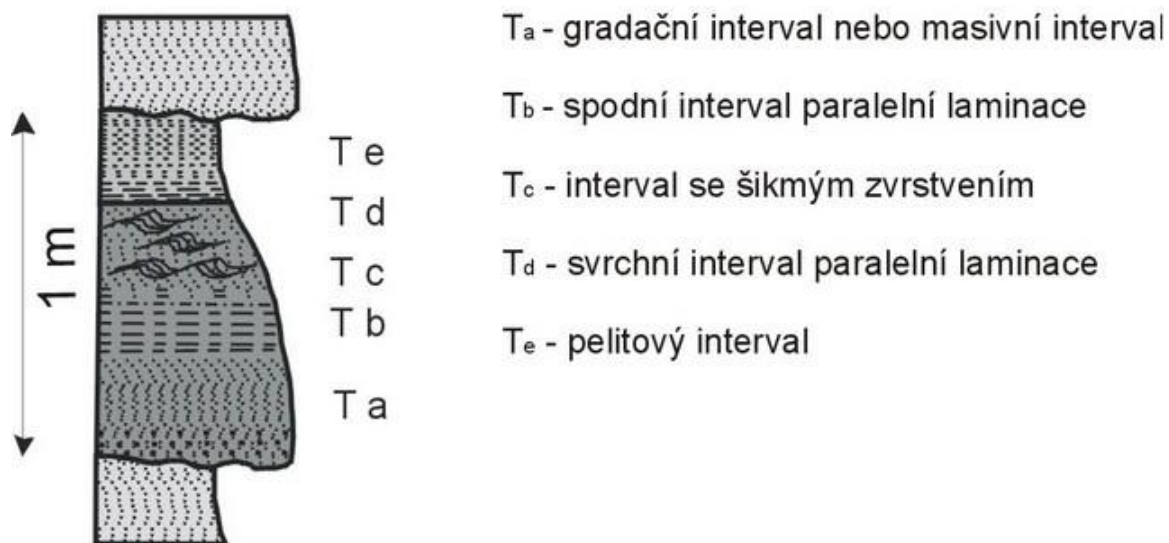
### **7.4 Konturity**

Sediment je transportován a dále distribuován dnovými (konturovými) proudy, pohybujícími se paralelně s okrajem svahu, po kterém je transportován gravitačními proudy (Shanmugam 2000). Hlavními znaky konturitů je malá mocnost vrstev, střídání hrubších (prachových až jemně pískových) sedimentů s jemnějšími, přičemž vrstvy hrubších mají ostrou spodní a svrchní hranici (Kukul 1986). Konturity jsou tvořeny dvěma koncovými členy a to: 1) jílovými konturity, které jsou masivní, bezstrukturní, často se stopami bioturbace, laminací a 2) písčítými konturity, které mohou být masivní, nebo zvrstvené s paralelní

laminací, šikmým zvrstvením a s pozitivní, či inverzní gradací a bývají rovněž bioturbované (Pickering et al. 1989).

### 7.5 Boumova sekvence

Vysokohustotní a nízkohustotní proudy jsou koncovými členy turbiditního proudu. Velká část přirozených turbiditních proudů mění svůj charakter směrem ke koncovým členům během trvání toku od počáteční iniciace, tedy od vysokohustotního při maximální rychlosti směrem k nízkohustotnímu členu během zpomalování proudu a sedimentace (Pickering et al. 1989). V diagramu nazývaném Boumova sekvence (obr. 3) je vyjádřen zákonitý sled, zachycující vztah mezi sedimentárními texturami, zrnitostí a vlastnostmi koncových členů turbiditního proudu vyplývajících se změn v hydraulickém režimu v daném čase a na konkrétním místě. Pokud některý z intervalů chybí, je to proto, že v hydraulickém režimu turbiditního proudu nenastaly vhodné podmínky pro jeho uložení, nebo a to platí pro svrchní intervaly, tyto byly oderodovány proudem následujícím (Bouma 1962).



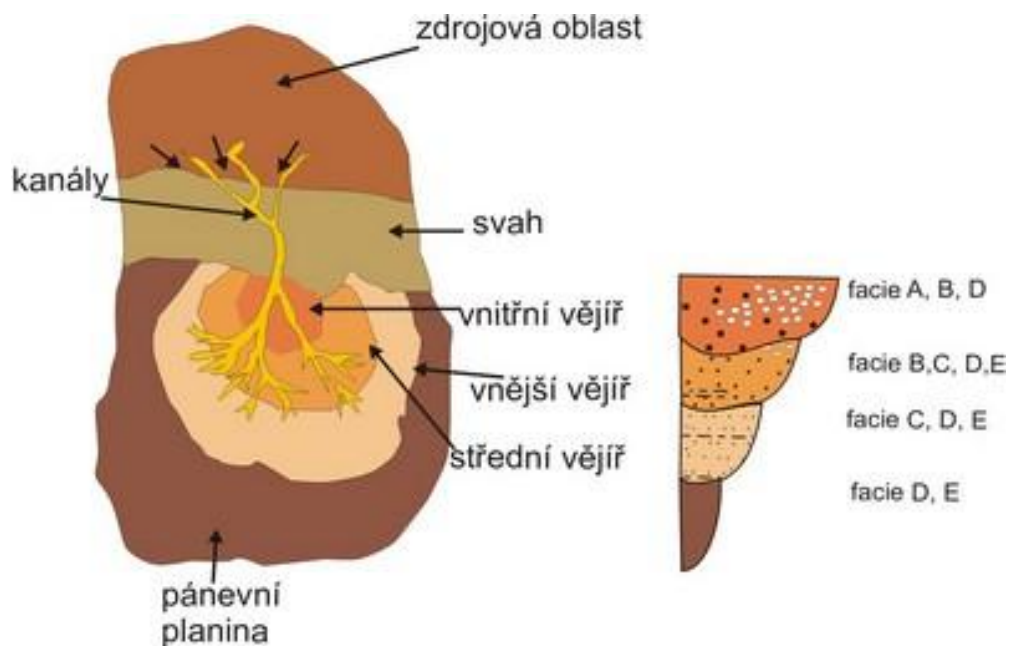
Obr. 3. Diagram Boumovy sekvence (převzato a upraveno podle Bouma 1962 a Shanmugam 1997)



## 7.6 Turbiditní vějíř

Turbiditní vějíř (obr. 4) je rozdělen do tří částí: vnitřního, středního a vnějšího vějíře a dalším důležitým prvkem jsou kanály (Mutti et al. 1992).

Vnitřní vějíř leží nejvýše na pevninském svahu, procházejí jím kanály, obklopené gradačními valy. Prostor mezi kanály je vyplněn jíly, prachovci a jemnozrnnými pískami obsahující čocky hrubozrnných písků až štěrků.



Obr. 4. Schéma výnosových vějířů turbiditního systému a litofaciálních asociací (převzato a upraveno podle Pickering et al. 1986 a Mutti et al. 1992)

Střední vějíř je umístěn ve spodní části svahu, dochází zde ke zmelčování a rozvětvení kanálů, v prostoru mezi kanály intenzita sedimentace narůstá a cyklicky se střídají hrubší a jemnější sedimenty.

Vnější vějíř již nemá kanály. Stěnami hrazené turbiditní proudy zde vyústují a mění se v proudy plošné. Typické jsou méně mocné, ale nahoru hrubnoucí sekvence, protože se sem přesunuje střední vějíř (Kukal 1986).

Turbiditní vějíř je součástí turbiditního systému, který se skládá ze dvou základních komponent a to erozní, která je umístěna na elevaci a je zdrojem sedimentu a depoziční, která reprezentuje prostor, kde je sediment transportovaný ze zdroje ukládán gravitačními proudy. Turbiditní systém je genetická a také stratigrafická jednotka, která zaznamenává sérii

geneticky spojených erozních a depozičních událostí, které se vyskytují ve stratigrafické návaznosti a jsou vyjádřeny erozními a sedimentárními prvky. Turbiditní systémy se navzájem odlišují velikostí, geometrií, typem sedimentu a také vertikálními a laterálními stratigrafickými vztahy mezi faciemi a faciálními asociacemi (Mutti et al. 1992).

Bouma (2000a, 2000b) definuje dva koncové členy turbiditních systémů: 1) hrubozrný a 2) jemnozrný.

Hrubozrný turbiditní systém je charakterizován vysokým poměrem pískovec/břidlice a to v kanálech i v prostoru mezi kanály. Sediment se skládá ze středozrného až hrubozrného písku a mocnost sedimentu prograduje směrem do pánve.

Jemnozrný turbiditní systém je protažen hlouběji do pánve, díky schopnosti částic udržet se déle v suspenzi. Komplex kanálů se rozvětňuje až na okraji svahu. Písek je obvykle ukládán v kanálech, v agradačních valech se střídají polohy písků a prachů, které směrem do do prostorů mezi kanály přecházejí do prachovitých jílů zejména ve středním vějíři. Charakter vnějšího vějíře je určen snižováním až úplným vymizením agradačních valů, dochází k laterální depozici sedimentů, převažují jemnozrné písky a slabší polohy prachovitých jílů.

Kanály jsou negativním prvkem v reliéfu výnosových vějířů turbiditního systému. Dělí se na: a) velká, agradačními valy hrazená pánevní údolí a b) menší, běžně agradačními valy nehrazené kanály. Reliéf a šířka jsou velmi variabilní, v řádu kilometrů u agradačními valy hrazených pánevních údolí a do metrů u nehrazených kanálů. Výplň kanálů v geologickém záznamu má čoučkovitý tvar. Sedimenty tvořící jejich výplň jsou a) nejhrubší frakce z báze gravitačních proudů, b) mocné polohy pískovců a písčítých slepenců, c) jemně zvrstvené turbidity, d) chaotické sedimenty. Kanály mohou být podle typu výplně rozděleny na erozní, kombinované a depoziční a jsou v nich patrné TU a FU trendy (thinning upwards and fining upwards): ztenčování vrstev a zjemňování klastů. Tyto sekvence jsou hlavně formovány v proximální a vysokoenergetické části turbiditního systému, kde gravitační proudy nemají problém s odchytkami topografie dna sedimentační pánve a překážky tvořené preexistujícím depozičním reliéfem odstraní díky své energii erozí (Mutti et al. 1992).

## 7.7 Faciální klasifikace hlubokomořských sedimentů

Hlubokomořské siliciklastické horniny jsou známy ze sedimentárních prostředí různého stáří. Jejich rozmanitost vedla k potřebě vytvořit komplexní klasifikaci v kategoriích facií, faciálních asociací a sekvencí za účelem vytvořit a definovat depoziční model pro hlubokomořskou sedimentaci. Termín facie je použit za účelem popsání sedimentárního tělesa se specifickou fyzikální, chemickou a biologickou charakteristikou. Hlavní znaky použité k definování rozdílných facií jsou uložení vrstev a jejich mocnost, sedimentární textury, složení a struktura. Z důvodu stručnosti je pro popis sedimentů použita terminologie pro recentní nezpevněné sedimenty. Termíny štěrk, písek, prach a jíl jsou analogicky použity pro zpevněné horniny slepenec, pískovec, prachovec a jílovec, respektive jílovou břidlici (Pickering et al. 1986).

Mocnost vrstev je definována podle Ingrama (1954) takto: laminy  $\leq 1$  cm; velmi jemné zvrstvení 1 – 3 cm; jemné zvrstvení 3 – 10 cm; středně mocné zvrstvení 10 – 30 cm; mocné zvrstvení 30 – 100 cm; velmi mocné zvrstvení  $\geq 100$  cm.

Použitá klasifikace (Pickering et al. 1986) je rozdělena do tří řad na faciální třídy, které se skládají z faciálních skupin, tvořenými faciemi. Sedm faciálních tříd A – G (tab. 4) je definováno dle struktury, relativní mocnosti, vnitřním uspořádáním a složením. Facie A - E jsou rozděleny na uspořádané a neuspořádané v závislosti na zvrstvení, nebo gradaci. Facie třídy F je převážně neuspořádaná a je rozdělena do dvou skupin, exotické klasy a zdeformované vrstvy. Faciální třída G je rozdělena na pelagické biogenní kaly, hemipelagity a chemogenní sedimenty.

**Třída A:** štěrky, štěrky s jílovou matrix, valounové pískovce, více než 5% štěrkové frakce

**A1: Neuspořádané, mohou mít podpůrnou strukturu klastů i matrix; většinou střední, nebo velká mocnost vrstev**

A1.1 neuspořádaný štěrk: hrubě zrnitý, špatně vytříděný s podpůrnou strukturou klastů; transport na dlouhé vzdálenosti ve vysokohustotních prouděch s finální rychlou sedimentací

A1.2 neuspořádaný štěrk s jílovou příměsí: s podpůrnou strukturou matrix, 10 – 50% jílové složky, utuhnutí kohezí, transport úlomkotokem

A1.3 neuspořádané valounové jíly: podpůrná struktura matrix, 50 – 95% jílové frakce, utuhnutí kohezí, transport skluzem

A1.4 neuspořádané valounové písky: špatně vytříděné valouny, oblázky a písky v písčité matrix, struktury na bázi vrstev, transport vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací

## **A2: Uspořádané štěrky a štěrkové písky**

A2.1 zvrstvený písek: většinou mocně zvrstvené, dobře vytříděné oblázkovo-valounové štěrky s paralelním, šikmým, nebo křížovým zvrstvením; transport vysokohustotním proudem

A2.2 inverzně zvrstvené štěrky: mocně až velmi mocně zvrstvené, s podpůrnou strukturou štěrku a inverzní gradací s bezstrukturní nebo pozitivně gradovanou nadložní vrstvou; transport vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací, nebo vysokohustotním trakčním kobercem

A2.3 normálně zvrstvené štěrky: mocné až velmi mocné zvrstvení s podpůrnou strukturou štěrku a pozitivní gradací; transport vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací ze suspenze

A2.4 gradované, zvrstvené štěrky: mocné zvrstvení s podpůrnou strukturou štěrku a pozitivní gradací, vzácněji přechod z inverzní do pozitivní gradace, písčité a štěrková matrix; transport vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací ze suspenze a trakčního koberce

A2.5 zvrstvené valounové písky: středně až mocně zvrstvené valounové písky s podpůrnou strukturou písčité matrix, zvrstvené, někdy s gradací; transport a uložení vysokohustotním proudem s trakčním kobercem na bázi

A2.6 inverzně zvrstvené valounové písky: jemně až středně zvrstvené valounové písky s ččkami, do nadloží přechází do inverzně gradovaných nebo nezřetelných paralelních vrstev ve kterých se střídají polohy s valouny i bez valounů; transport a uložení vysokohustotním proudem s trakčním kobercem

A2.7 pozitivně gradované valounové písky: mocně zvrstvené, špatně vytříděné valounové písky s dobře patrnou pozitivní gradací; transport vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací ze suspenze

A2.8 gradované a zvrstvené valounové písky: spodní jednotka pozitivně gradovaných valounových písků je překryta vrstvou s paralelním a ve vyšší části šikmým a křížovým zvrstvením písku bez valounů; transport a uložení ve vysokoenergetickém režimu

**Třída B:** písek, více než 80% písčité frakce, méně než 5% štěrku

## **B1: Neuspořádané písky**

B1.1 středně až mocně zvrstvené neuspořádané písky: paralelní vrstevní plochy, chybí gradace (pokud je patrná, tak při bázi vrstev), časté struktury po úniku vody; transport vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací ze suspenze

B1.2 jemně zvrstvené hrubozrnné pískovce: bezstrukturní, hrubozrnné, čočkovitý charakter; sedimentace trakčním procesem

## **B2 Uspořádané písky**

B2.1 paralelně zvrstvené pískovce: středně až mocně paralelně zvrstvené, středně až hrubozrnné písky, pozitivní gradace; transport a uložení vysokohustotním proudem s trakčním kobercem

B2.2 křížově zvrstvené písky: konkávně až konvexně zvrstvené středně až hrubozrnné písky, dobře vytříděné, erozní báze, ukládané v kanálech, přepracovávané proudy

**Třída C:** směs písku a jílu, 20 – 80% písčité frakce, méně než 80% jílové frakce

## **C1: Neuspořádané jílové písky**

C1.1 špatně vytříděné jílové písky: špatně vytříděný jílem bohatý písek, špatně definovatelná pozitivní gradace

C1.2 skvrnitě jílové písky: velmi tenké, nepravidelné, bioturbované a vzácně laminované vrstvy, uložení silnými dnovými proudy

## **C2: Uspořádané jílovopísčité směsi**

C2.1 mocně až velmi mocně zvrstvené jílovopísčité směsi: velmi dobře vyvinutá pozitivní gradace s Boumovým  $T_{abc}$  intervalem, transport a uložení vysokohustotním turbiditním proudem

C2.2 středně zvrstvené jílovopísčité směsi: velmi dobře vyvinutá pozitivní gradace s Boumovým  $T_{bcd}$  intervalem; transport a uložení vysokohustotním turbiditním proudem

C2.3 jemně zvrstvené jílovopísčité směsi: velmi dobře vyvinutá pozitivní gradace s Boumovým  $T_{bcde}$  intervalem; transport a uložení nízkohustotním turbiditním proudem

C2.4 mocné až velmi mocně zvrstvené jílovopísčité směsi: velmi mocné polohy s obsahem jílu až 80% s přechodem do prachovců ve stropě, střídání směru proudění vody až 180°; transport a uložení mohutným vysokohustotním turbiditním proudem

**Třída D:** prach, prachovité jíly, a prachovitojílové směsi, více než 80% jílové frakce, 0 – 20% písčité frakce

## **D1: Neuspořádaný prach**

D1.1 bezstrukturní prach: středně až mocně zvrstvený bezstrukturní prach; transport a uložení vysokohustotním turbiditním proudem nebo prachovitým úlomkotokem

D1.2 jílový prach: špatně vytříděný až nepravidelně gradovaný jílový prach; transport a rychlé uložení vysokohustotním turbiditním proudem

D1.3 skvrnitý prach a jíl: laminy a velmi tenké nepravidelné vrstvy, čočky a skvrny prachu v jílu, bioturbace; transport a uložení dnovými proudy v dlouhých periodách

## **D2: Uspořádaný prach**

D2.1 gradovaný a zvrstvený prach: variabilně zvrstvený, pozitivně gradovaný; transport a uložení nízkohustotním turbiditním proudem

D2.2 laminy jílu a nepravidelné vrstvy prachu: čočkovité a nepravidelné laminy prachu v jílu; transport a rychlé uložení nízkohustotním turbiditním proudem

D2.3 pravidelné tenké laminy prachu a jílu: tenké až středně mocné vrstvy, horizontální, prachové laminy v jílu, často v gradovaně laminované jednotce; transport a relativně pomalé uložení nízkohustotním turbiditním proudem

**Třída E:** Jíly, více než 95% jílové frakce, méně než 5% písčité frakce

## **E1: Neuspořádané jíly**

E1.1 bezstrukturní jíly: bezstrukturní jíl se špatně definovatelným zvrstvením, hemipelagické sedimenty, nebo transport dnovými proudy

E1.2 barevné jíly: barevné (červená, zelená, hnědá, šedá), bez sedimentárních struktur, mocné až velmi mocné polohy

E1.3 skvrnité jíly: špatně zvrstvené, mocné až velmi mocné polohy, bioturbované, transportované dnovými proudy

## **E2: Uspořádané jíly**

E2.1 gradacně zvrstvený prach: dobře zvrstvený, gradace (často barevně odlišitelná), často s laminami prachu na bázi a bioturbovaným stropem; transport a uložení nízkohustotním turbiditním proudem

E2.2 laminované jíly: tence laminované až velmi mocné polohy, často tmavě zbarvené, bohaté organickou hmotou, anoxické prostředí; transport a uložení nízkohustotním turbiditním proudem

**Třída F:** chaotické sedimenty

**F1: Exotické klasty**

F1.1 sut': chaoticky uspořádané, ostrohranné až poloostrohranné valouny a balvany, uložené podmořskými sesuvy, říčením a úlomkotoky

F1.2 dropstony a izolovaně uložené částice: klasty v izolaci, nebo skupinách, větších rozměrů než okolní matrix, transport ledem nebo vulkanickou aktivitou

**F2: Pokřivené a porušené vrstvy**

F2.1 spojité zvrásněné a pokřivené vrstvy: pokřivené a polopokřivené, zvrásněné, vrstvy různých rozměrů, deformace sesuvy a různým namáháním

F2.2 dislokované brekciové a granulované vrstvy: vnitřně dislokovaná chaoticky uspořádaná poloha různě mocná a nepravidelná, deformace likvifikací

**Třída G:** biogenní bahna, hemipelagity a chemogenní sedimenty, méně než 5% terigenního písku a štěrku

**G1: Biogenní bahno**

G1.1: biogenní bahno: obsah biogenní hmoty je větší než 75%, vápenatý a křemičitý materiál, různá mocnost poloh, bez sedimentárních struktur, velmi častá bioturbace, velmi pomalá akumulace vápenatého a křemičitého biogenního materiálu vypadnutím z vodního sloupce

G1.2 pelagická jílová bahna: 25 – 75% biogenního materiálu a terigenní materiál o velikosti jílu ve vrstvách variabilní mocnosti, které jsou zbavené primární sedimentární struktury s vše prostupující bioturbací, pomalá akumulace vypadáváním z vodního sloupce, rozpouštěním a srážením biogenního materiálu, jíly mohou být transportovány na vodní hladinu větrem a potom klesnou vodním sloupcem na dno

**G2: Hemipelagity**

G2.1 hemipelagické biogenní jílovce: 5 – 75% biogenního materiálu, a více než 40% terigenní komponenty jako je prach, variabilní mocnost poloh, postrádá primární sedimentární struktury, se vším prostupující bioturbací, velmi pomalá akumulace vápenatého a křemičitého biogenního materiálu vypadnutím z vodního sloupce s přítomností cizích klastů

**G3: Chemogenní sedimenty:** složené převážně z autigenních minerálů jako jsou nodule feromanganitů, fosfority aj.

Třída	Skupina	Facie							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A Štěrký, štěrký s jílovitou matrix, valounové pískovce	A1 neuspořádané								
	A2 uspořádané								
B Písky	B1 neuspořádané								
	B2 uspořádané								
C Směs písku a písečné frakce	C1 neuspořádané								
	C2 uspořádané								
D Prachovce, prachovce s jílem	D1 neuspořádané								
	D2 uspořádané								
E Jíly	E1 neuspořádané								
	E2 uspořádané								
F Chaotické sedimenty	F1 exotické klasty								
	F2 zvrásněné a zkroucené vrstvy								
G Biogenní bahno a jíly, chemogenní sedimenty	G1 biogenní bahno								
	G2 biogenní jíl								
	G3 chemogenní sedimenty								

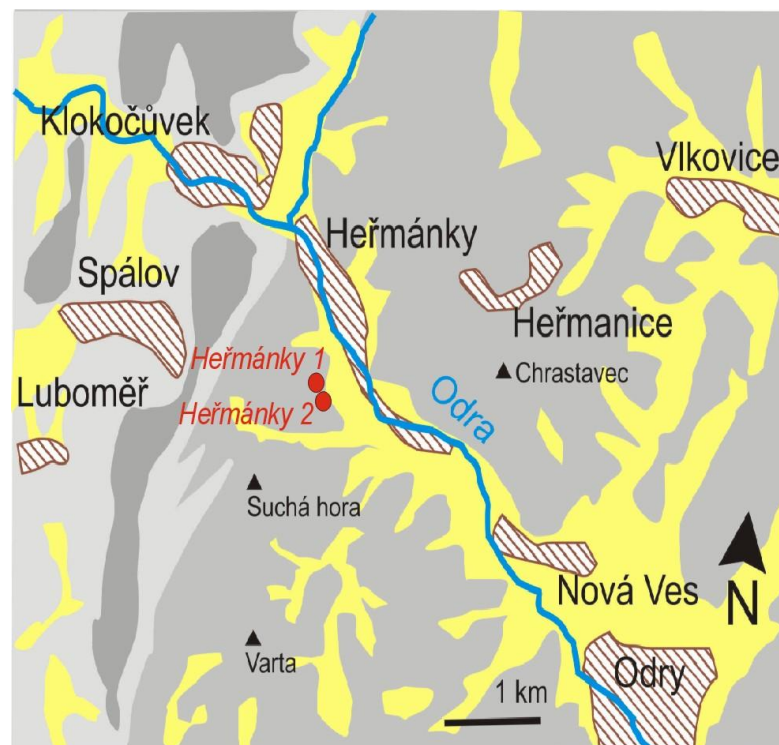
Tab. 4: Klasifikační schéma pro hlubokovodní sedimenty (převzato a upraveno podle Pickering et al. 1986)



## 8. Litofaciální analýza profilů

### 8.1 Heřmánky – Sever


Lokalita se nachází asi 200m západně od obce Heřmánky (obr. 5, 6) v severněji situovaném ze dvou opuštěných lomů, které byly otevřeny ve svahu lemujícím od západu údolí řeky Odry protékající zde od severu na jih. Na lokalitě bylo změřeno 76 vrstev o celkové mocnosti 20 m. Sedimenty zastížené na studovaném profilu (obr. 7) jsou litologicky i faciálně velmi pestré. Jsou tvořeny uspořádanými i neuspořádanými slepenci a drobovitými slepenci faciální třídy A, uspořádanými a neuspořádanými droby a uspořádanými prachovci faciální třídy D.



#### Legenda:

 kvartér


#### Moravické souvrství:

 střídání jemnozrnných  
drob a prachovců

 droby

#### Hradecko-kyjovické souvrství:

 droby

 zástavba

Obr. 6: Mapa geologické situace v okolí Heřmánky lokalitami Heřmánky 1 a Heřmánky 2, (překresleno a upraveno podle mapy 1 : 50000, 15 – 34 Vítkov)

Faciální třída A je na studovaném profilu reprezentována slepenci a drobovitými slepenci. Ty jsou na profilu zastoupeny facií A 1. 1, která je interpretována jako uloženiny finální rychlé sedimentace vysokohustotního turbiditního proudu, nebo úlomkotoku způsobené utužením třením. Jejich poloha o mocnosti 0,5 m je tvořena neuspořádanými, nevytříděnými, poloostrohrannými, polozaoblenými a zaoblenými klasty do velikosti 30 mm s podpůrnou strukturou matrix i klastů. Drobovité slepence facie A 2.8 dosahují mocnosti až 1,8 m. Jsou tvořeny pozitivně gradovanými polozaoblenými a zaoblenými klasty o velikosti do 30 mm s podpůrnou strukturou matrix, které směrem ke stropu vrstvy zjemňují a přechází do paralelního zvrstvení. Jsou to uloženiny hrubší frakce z báze vysokohustotního turbiditního proudu, které byly ukládány postupně v souvislosti se snižováním unášecí schopnosti proudu způsobené ztrátou rychlosti a snížením hustoty suspenze.

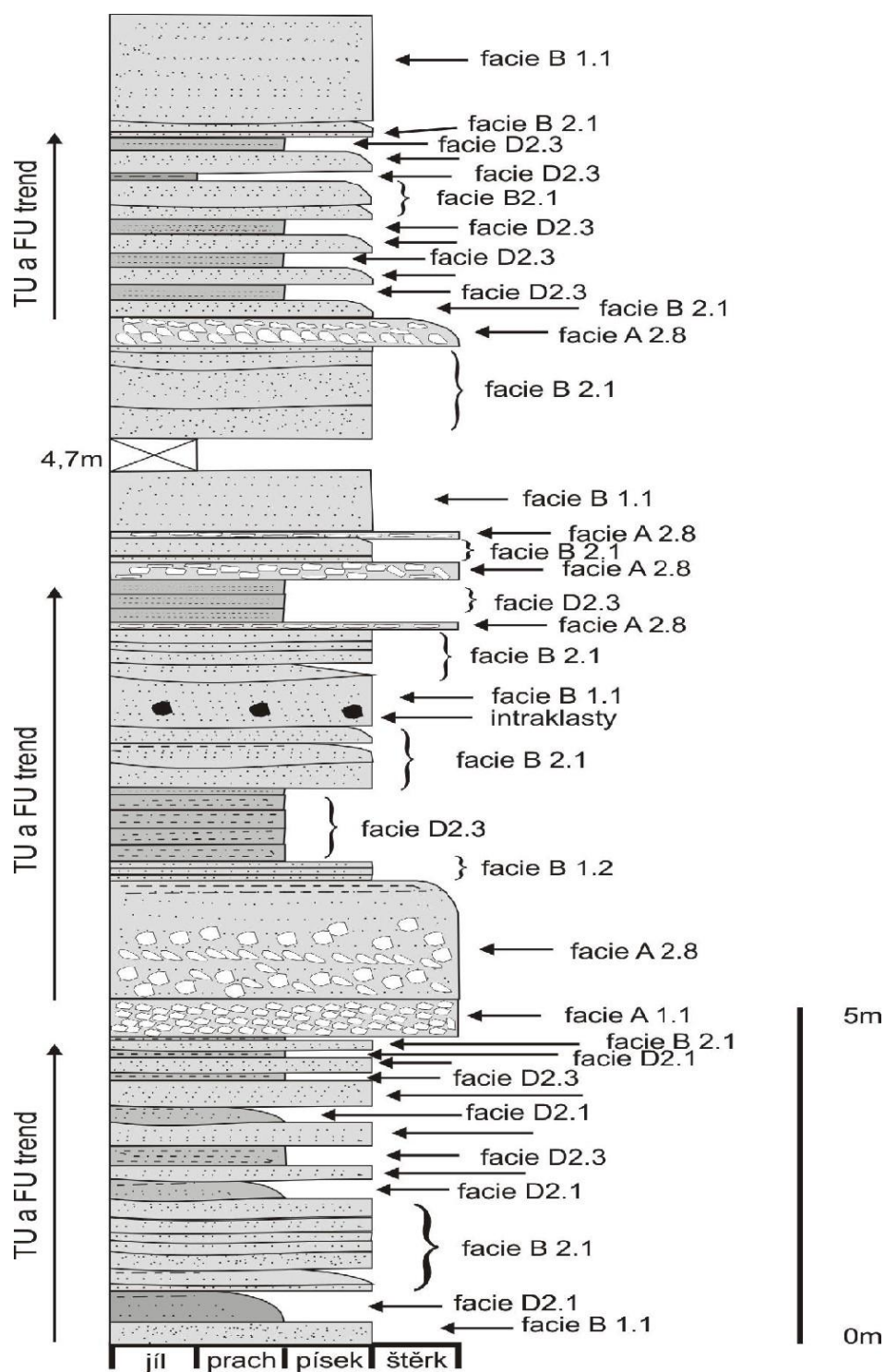
Droby jsou zde zastoupeny faciemi B 1.1 a B 2.1. U facie B 1.1 se jedná o převážně masivní jemnozrná až hrubozrná deskovitá tělesa o mocnosti až 1,65 m. Obsahují zaoblené intrapánevní klasty z jemnozrné droby velikosti až 10 cm. Polohy byly uloženy rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu. V postdepozičním stádiu došlo ke zničení sedimentárních textur.

Facie B 2.1 je tvořena masivními normálně gradovanými střednozrnými až jemnozrnými droby s laminovaným intervalem velmi jemnozrné droby až prachovce na stropě sedimentárního tělesa. Mocnost jejich vrstev se pohybuje mezi 0,1 – 1 m.

Prachovce jsou reprezentovány faciemi D 2.1 a D 2.3. Facie D 2.1 je tvořena pozitivně gradovanými polohami, místy jsou přítomny jemné vložky pelitů ukládané nízkohustotními turbiditními proudy. Facie D 2.3 je tvořena tenkými polohami laminovaných prachovců. Prachovce vytváří na studovaném profilu polohy o mocnosti do 0,2 m.



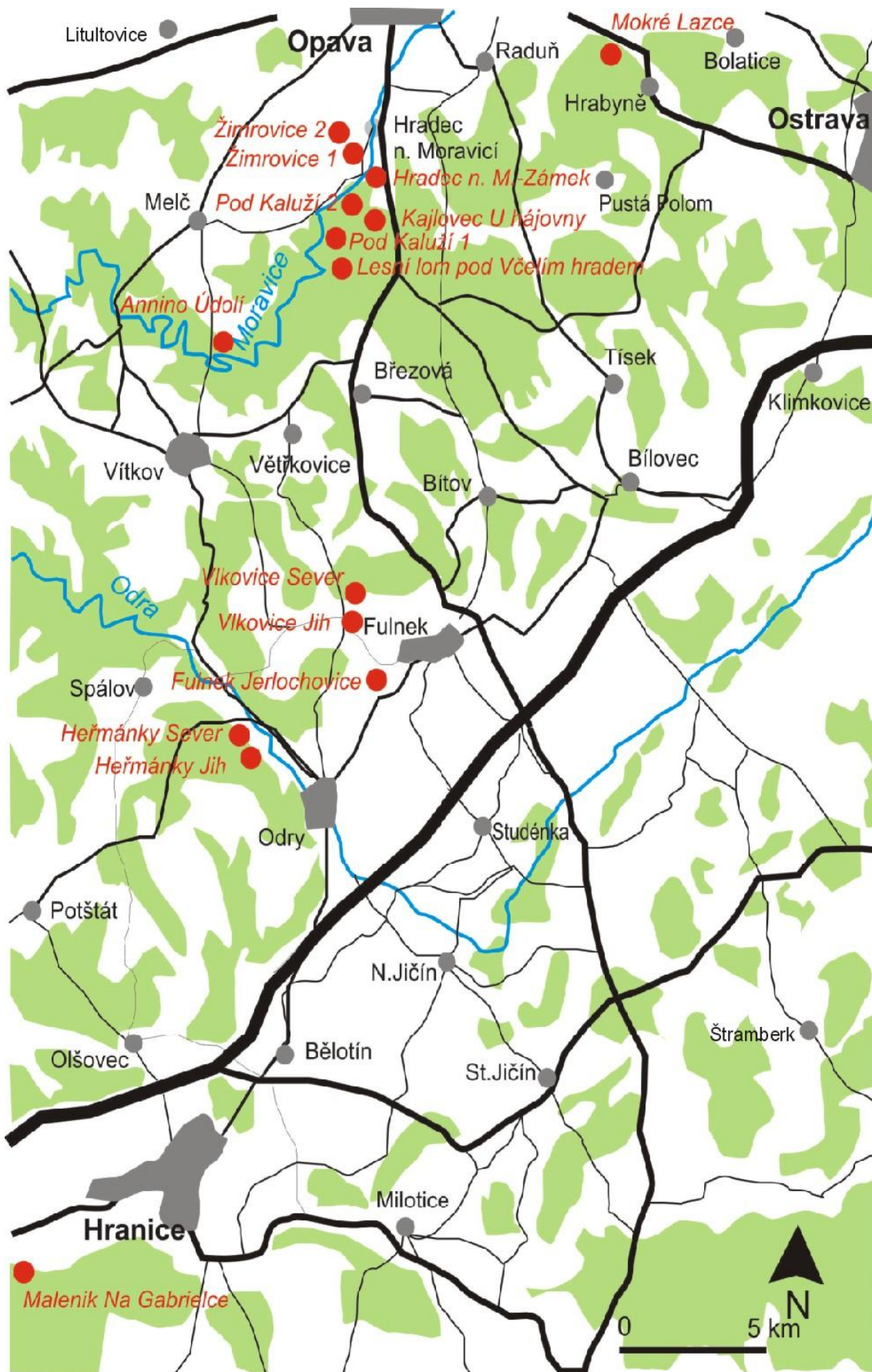
Obr. 7: Vlevo nahoře: studovaný profil na lokalitě Heřmánky Sever; vpravo nahoře: polohy normálně gradovaných drob s vložkami prachovců; dole: interval Boumovy sekvence  $T_{bcd}$ , foto: A. Novák



Obr. 8: Grafická kolonka profilu Heřmánky Sever

Z texturních prvků zastižených na lokalitě jsou nejpatrnější erozní báze sedimentárních těles faciální třídy B, proudové stopy na stropech, intervaly Boumovy sekvence  $T_a$ ,  $T_{ab}$ ,  $T_{abc}$ ,  $T_{abcd}$ ,  $T_{bcd}$  (obr. 7) a vtisky. Dále je zde patrná přítomnost intrapánevních pelitických klastů v polohách drob.

V polohách drob i prachovců je hojný výskyt přesličkovitě *Archaeocalamites scrobiculatus*. Z lokality je popsána následující goniatitová fauna a to druhy *Sudeticeras hoeferi*, *Sudeticeras* cf.



Obr. 5: Mapa zájmové oblasti vyznačenými lokalitami (upraveno podle [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

*crenistriatum* a *Hibernioceras kajlovecense*, podle kterých je tato lokalita zařazena do subzóny  $Go\beta_{spi}$  (Kumpera 1971).

Profil (obr. 8) na lokalitě je charakteristický cyklickým střídáním jemnějších a hrubších sedimentů, které lze interpretovat jako TU a FU trend. Dominantní litologickou jednotkou jsou droby. Faciální asociace zastížená na lokalitě by se dala charakterizovat jako hrubozrnný turbiditní systém (Bouma 2000a) a je součástí střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986).

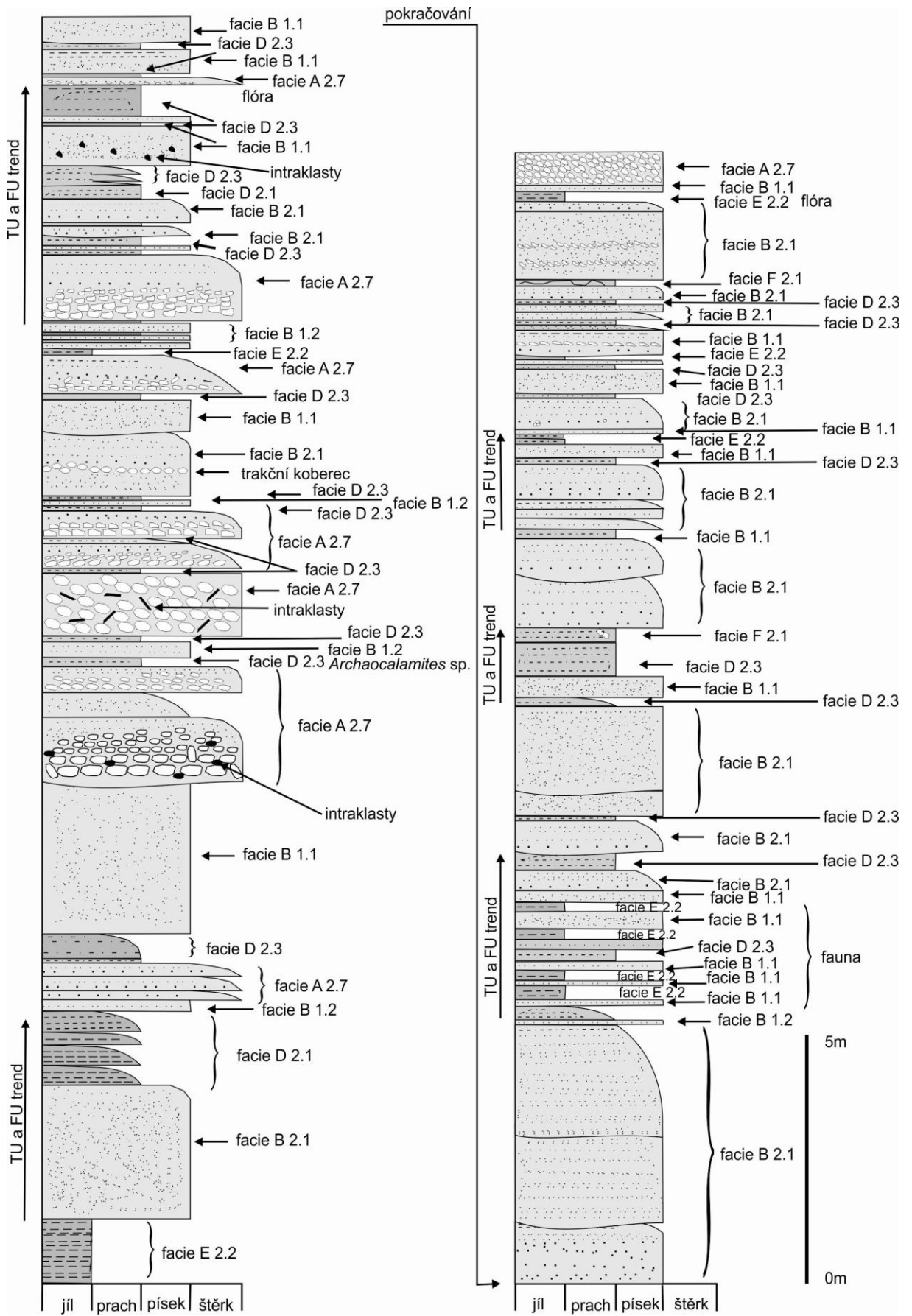
## 8.2 Heřmánky – Jih

Lokalitou je opuštěný lom situovaný asi 150 m jižně od lokality Heřmánky – Sever (obr. 5). Pro potřeby litofaciální analýzy zde byla studována podstatná část jižně orientované stěny o celkové délce 48,1 m. Na lokalitě bylo popsáno a studováno 107 vrstev. Na profilu (obr. 10) jsou zastíženy uspořádané valounové písky faciální třídy A, uspořádané a neuspořádané droby faciální třídy B, uspořádané prachovce faciální třídy D, uspořádané jíly faciální třídy E a pokřivené a zkroucené vrstvy faciální třídy F.

Faciální třídu A na studovaném profilu zastupují pozitivně gradované valounové písky facie A 2.7. Jedná se o polohy až 1,5 m mocných valounových pískovců s dobře patrnou pozitivní gradací polozaoblených a zaoblených klastů o velikosti do 30 mm s podpůrnou strukturou matrix, transportovaných vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací z báze proudu.

Droby na lokalitě reprezentují facie B 1.1 a B 2.1. Facie B 1.1 je tvořena masivními střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými tělesy o mocnosti do 1,3 m. Byly uloženy rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu. Došlo u nich v postdepozičním stádiu ke zničení sedimentárních textur. Místy jsou v polohách drobovitých těles facie B 1.1 rozvinuty trakční koberce valounů, které si i během postdepozičních procesů částečně uchovali původní texturu. Facie B 2. 1 je tvořena masivními drobami o mocnosti do 2,7 m. Od báze do stropu normálně graduje od hrubozrnné až do jemnozrnných drob s laminami velmi jemnozrnné droby až prachovce na stropě sedimentárního tělesa. Byla ukládána z bazální části vysokohustotního turbiditního proudu.

Prachovce vytváří polohy až do mocnosti 0,64 m. Jsou zastoupeny faciemi D 2.1 a D 2.3. Prachovce facie D 2.1 směrem do stropu pozitivně graduje a byly uloženy nízkohustotními turbiditními proudy. Facie D 2. 3 je tvořena tenkými a laminovanými prachovci ukládanými pomalou sedimentací z nízkohustotních turbiditních proudů, nebo konturových proudů.



Obr. 9: Grafická kolonka profilu Heřmánky Jih

Uspořádané jílovce jsou popsány jako laminované jíly facie E 2.2. Vytváří polohy až 1,3 m mocných laminovaných břidlic, které byly pomalu transportovány a ukládány nízkohustotními turbiditními nebo konturovými proudy v relativně klidném prostředí.

Pokřivené a zkroucené vrstvy faciální třídy F jsou na profilu zastoupeny facií F 2.1. Jedná se o prachovce a jílovce, které byly zdeformovány během postdepozičních procesů.

Texturní prvky jsou zastoupeny erozními bázemi, proudovými stopami, vtisky a intrapánevními pelitickými klasty v polohách drob. U prachovců lze rozeznat  $T_{ab}$ ,  $T_{cd}$  intervaly Boumovy sekvence.



Obr. 10: Studovaný profil na lokalitě Heřmánky Jih, foto: A. Novák

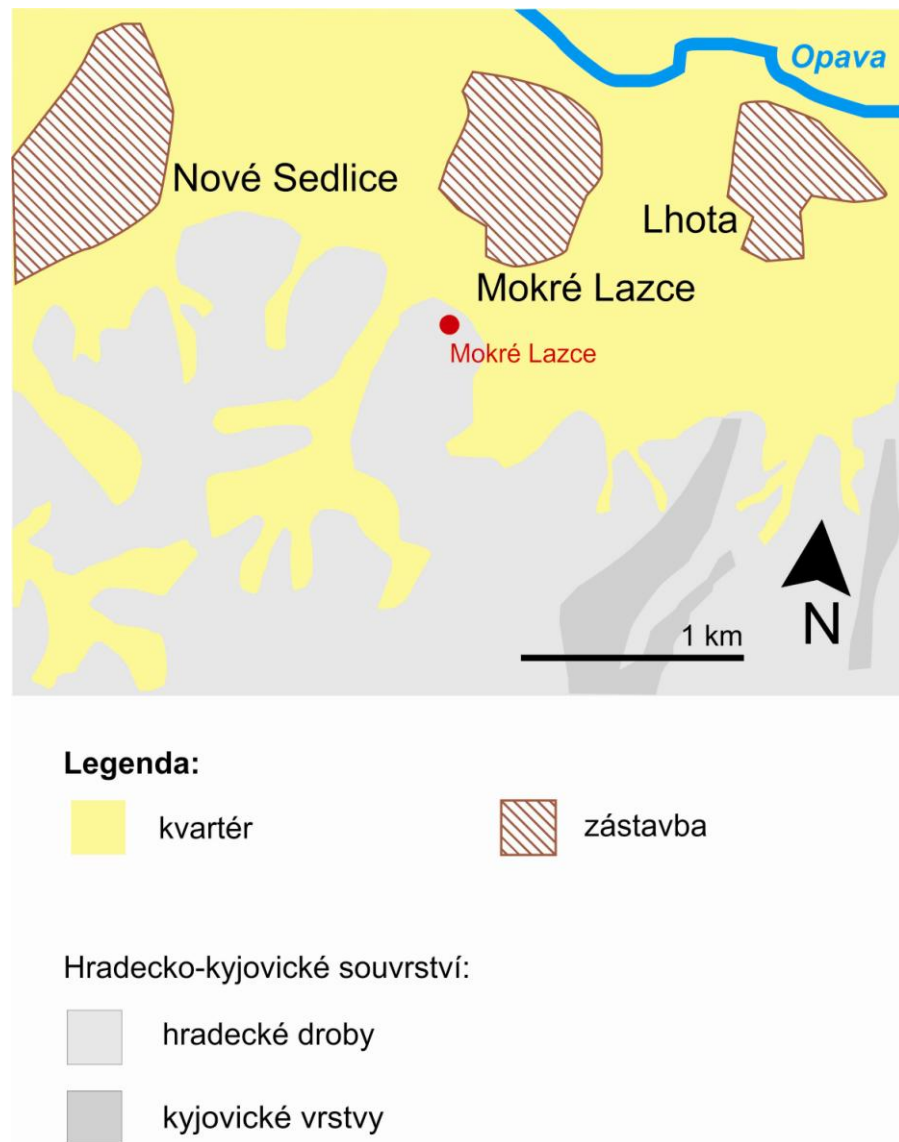
Na lokalitě jsou patrné i bohatší projevy života než na sousední lokalitě Heřmánky – Sever. Mimo běžně se vyskytující se přesličkovité rostliny *Archaeocalamites scrobiculatus*, byli nalezeni neidentifikovatelní goniatiti (vrstva č. 55) a stopy bioturbace v prachovcových a jílovcových polohách přímo na profilu. Kumpéra (1971) z lokality uvádí následující goniatitovou faunu, a to *Sudeticeras* cf. *crenistriatum*, *Sudeticeras stolbergi*, *Sudeticeras* sp. a *Girtyoceras* cf. *brüningianum*, která poukazuje nejspíš na existenci subzóny  $Go\beta_{spi}$ .

Pro profil (obr. 9) je charakteristický faciálně velmi pestrý sled sedimentů. Jsou zde zastoupeny sedimenty ukládané vysokohustotními i nízkohustotními turbiditními proudy a nejsou přítomny uloženiny úlomkotoků. Cyklicky se zde střídají hrubší i jemnější sedimenty, což lze označit za TU a FU trend. Stále je zde naprostá převaha slepenců a drob nad jílovci. Podle těchto znaků se jedná o hrubozrnný turbiditní systém (Bouma 2000a) a je součástí střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986).



### 8.3 Mokré Lazce

Lokalita je umístěna v lese asi 300 m jižně od obce Mokré Lazce (obr. 5, 11). Jedná se o opuštěný a značně zarostlý lom, kde bylo prostudováno 39 vrstev na profilu o celkové délce 7,8 m (obr. 12). Na této lokalitě byly studovány a popsány jílovité droby vytvářející středně až velmi mocné polohy a patřící do faciální třídy C a prachovce řazené do faciální třídy D (obr. 12), tvořící jemné až středně mocné vložky mezi polohami drob.



Obr. 11: Mapa geologické situace v okolí Mokřých Lazců s vyznačenou lokalitou (překresleno a upraveno podle mapy 1 : 50000, 15 – 23 – 15 – 41 Hlučín)

Jílovito-písčité droby na lokalitě reprezentují facie C 2.1 a C 2. 3. Facii C 2.1 tvoří převážně masivní až 1,6 m mocné polohy jemnozrnné, střednozrnné a hrubozrnné droby s patrnou pozitivní gradací, která přechází do paralelního zvrstvení, místy i do zvrstvení šikmého. Tento sled lze označit za  $T_{abc}$  interval Boumovy sekvence. Sedimenty facie C 2.1 byly transportovány a ukládány vysokohustotními turbiditními proudy. Facie C 2.3 vytváří polohy do mocnosti 0,32 m

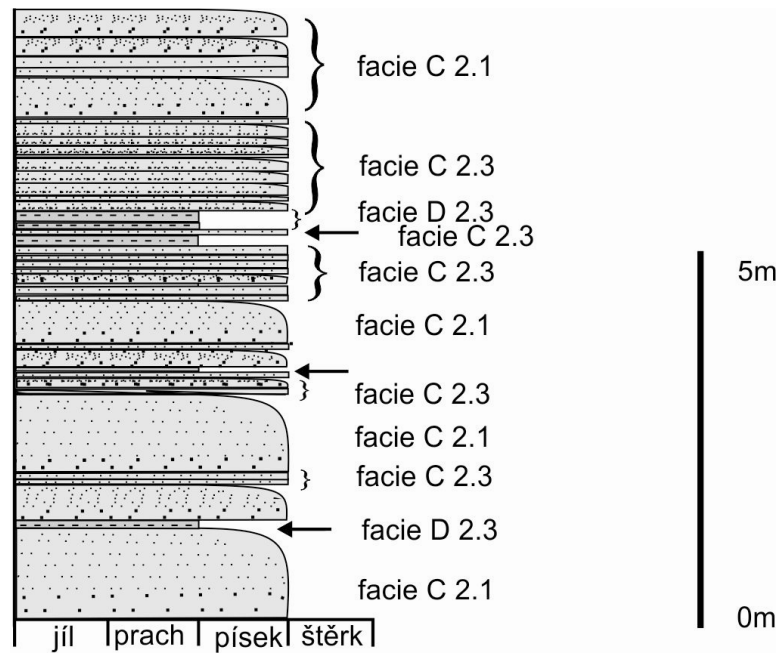
jemnozrnné, normálně gradované droby s často dobře určitelným intervalem  $T_{bcde}$  Boumovy sekvence. Sedimenty facie C 2.3 jsou transportovány a ukládány nízkohustotními často také konturovými proudy.



Obr. 12: Vlevo: studovaný profil na lokalitě Mokré Lazce, vpravo: střídání poloh drob a prachovců, foto A. Novák

Prachovce tvořící vložky o mocnosti až 0,23 m v polohách drob jsou zastoupeny facii D 2.3. Facii D 2.3 je tvoří laminované prachovce ukládané pomalou sedimentací z nízkohustotních turbiditních proudů, nebo konturových proudů.

Na lokalitě nelze přehlédnout bohatý výskyt přesličkovité *Archaeocalamites scrobitulatus*. Je odtud popsána kapradina *Sphenopteris adianthoides* a přesličkovitá rostlina *Eleutherophyllum mirabile* (Purkyňová 1988). Kumpera (1971) odtud uvádí nález mlží fauny - druhy *Posidonia becheri* a *Posidonia corrugata* spolu s goniatitovou faunou reprezentovanou druhy *Paradimorphoceras lunula*, *Sudeticeras* sp. a *Paradimorphoceras* sp. Na základě těchto nálezů je lokalita řazena do subzóny  $Goy_1$ .



Obr. 13: Grafická kolonka studovaného profilu na lokalitě Mokré Lazce

Na základě dominance faciálních tříd C a D lze studovaný profil (obr. 13) zařadit do hrubozrnného turbiditního systému (Bouma 2000a), který je součástí střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986). Textura sedimentů zastížených v odkryvu může reflektovat dynamické změny probíhající mezi zdrojovou oblastí a střední částí turbiditního vějíře a to na základě přítomnosti intervalů  $T_{abc}$  a  $T_{bcd}$  Boumovy sekvence, neboť jednotlivé intervaly jsou sedimentárním záznamem generovaným koncovými členy těchto procesů.




**Legenda:**


 kvartér

 zástavba


**Hradecko-kyjovické souvrství:**

 střídaní jemnozrnných  
drob a prachovců

 droby

 slepence

**Moravické souvrství:**

 střídaní jemnozrnných  
drob a prachovců

Obr. 14: Mapa geologické situace v okolí Hradce n. M. s lokalitami: Žimrovice 1, Žimrovice 2, Hradec n. M. – Zámek, Kajlovec U Hájovny, Lesní lom pod Včelím hradem, Pod Kaluží 1, Pod Kaluží 2, Annino Údolí (překresleno a upraveno podle mapy 1 : 50000, 15 – 32 Opava)

## 8.4 Žimrovice 1

Lokalitou je odkryv v jihozápadním a jižním svahu svahu kóty Žimrovická skála lemující silnici vedoucí z osady Žimrovice do Hradce nad Moravicí asi 300 m severovýchodně od obce Žimrovice (obr. 5, 14). Na tomto profilu o celkové délce 179,6 m (obr. 18, 19, 20, 21) bylo studováno a popsáno 210 vrstev. Na profilu jsou zastíženy neuspořádané a uspořádané slepence a valounové písky faciální třídy A, uspořádané a neuspořádané droby faciální třídy B, uspořádané prachovce faciální třídy D, uspořádané jíly faciální třídy E a pokrivené a zkroucené vrstvy faciální třídy F.

Faciální třídu A na studovaném profilu zastupují neuspořádané slepence facie A 1.1 a uspořádané slepence a valounové pískovce facií A 2.2, A 2.6, A 2.7, A 2.8.

Facie A 1.1 je složena z až 1,8 m mocných poloh hrubě zrnitého slepence, který tvoří špatně vytríděné polozaoblené a zaoblené klasty o velikosti do 50 mm s podpůrnou strukturou klastů i matrix. Slepence byl transportován vysokohustotním proudem s finální rychlou sedimentací.

Facií A 2.2 (obr. 15) tvoří 0,61 m mocná poloha inverzně gradovaných šterků o velikosti klastů do 30 mm, které jsou polozaoblené a zaoblené s podpůrnou strukturou klastů i matrix. V polovině vrstvy slepenců inverzní gradace přechází do pozitivní gradace a je ukončena paralelní laminací na stropě vrstvy.

Facií A 2.6 jsou označeny 0,64 m mocná poloha inverzně gradovaných valounových písků s polozaoblenými a zaoblenými klasty velikosti do 30 mm, které směrem do nadloží přecházejí do nezřetelných paralelních vrstev a byly transportovány a uloženy vysokohustotním turbiditním proudem s trakčním kobercem na bázi.

U facie A 2.7 se jedná o polohu 0,6 m mocně zvrstveného, špatně vytríděného valounového pískovce. Je na něm dobře patrná pozitivní gradace s polozaoblenými a zaoblenými klasty velikosti do 30 mm s podpůrnou strukturou klastů i matrix. Byl transportován vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací z báze proudu.

Také facie A 2.8 vystihuje 0,3 m mocné polohy pozitivně gradovaných valounových písků s polozaoblenými a zaoblenými klasty velikosti do 20 mm s podpůrnou strukturou klastů i matrix, které do nadloží přecházejí do poloh s paralelním, výše u stropu s šikmým zvrstvením (obr. 16).



Obr. 15: Nahore: vykliňování polohy valounových slepenců v nadloží drob; dole: polohy hrubozrnných drob a valounových slepenců, lokalita Žimrovice 1, foto: A. Novák

Faciální třída B je na lokalitě reprezentován neuspořádanými drobami facií B 1.1, B 1.2 a uspořádanými drobami facií B 2.1, B 2.2. Facie B 1.1 (obr. 15), je tvořena masivními až 3,5 m mocnými jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými polohami sedimentů, které byly uloženy rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu, u kterých došlo po uložení k destrukci sedimentárních textur. Místy jsou v polohách

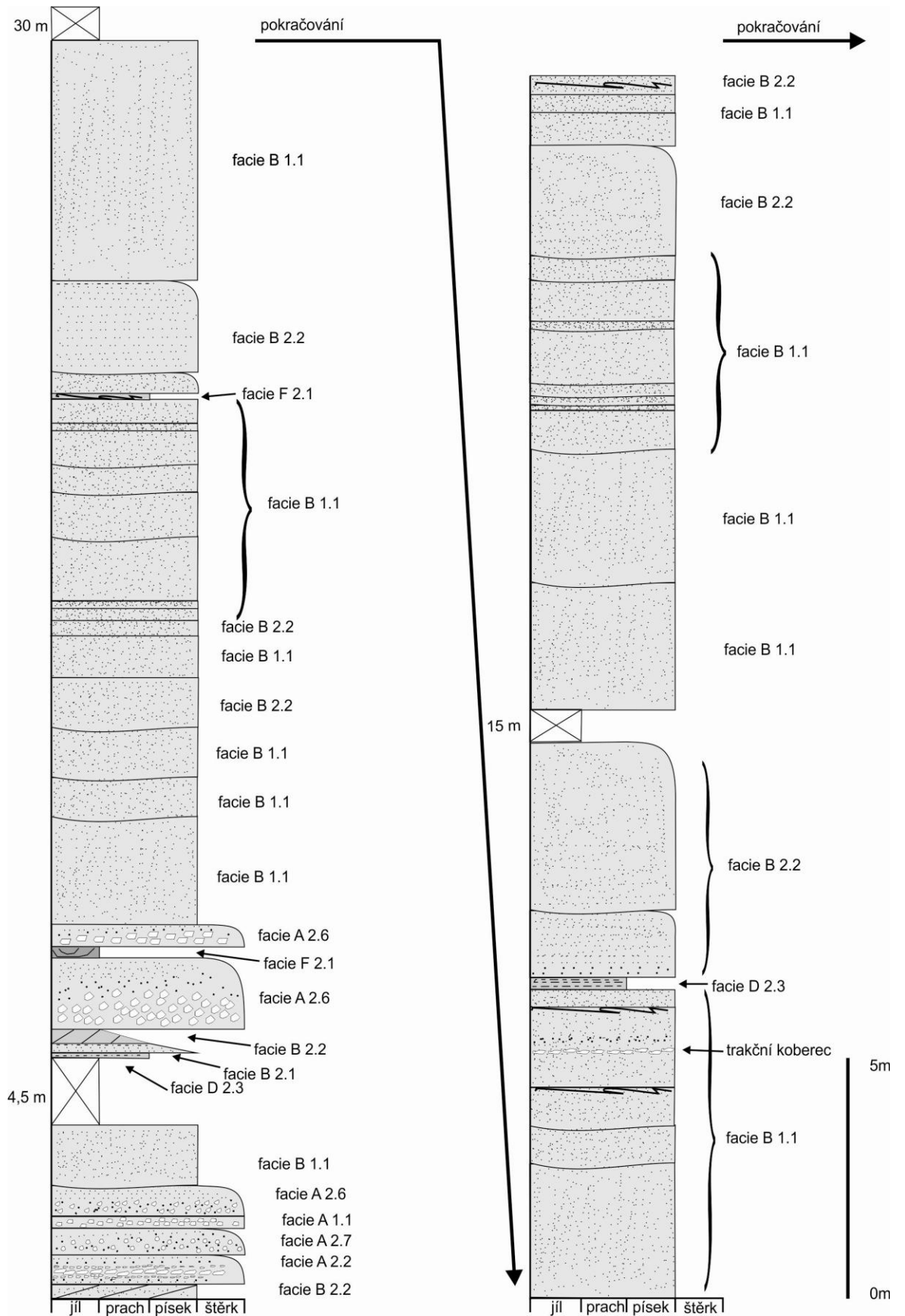
drobových těles facie B 1.1 rozvinuty trakční koberce. Facie B 1.2 jsou trakčním kobercem uložené jemně zvrstvené, bezstrukturní hrubozrné písky do mocnosti 0,2 m. Facii B 2.1 tvoří masivní nahoru zjemňující střednozrné droby do mocnosti 0,3 m. Směrem ke stropu vrstvy přecházejí až do jemnozrných drob s laminami velmi jemnozrné droby až prachovců. Polohy drob této facie byly transportovány a ukládány z bazální části vysokohustotního turbiditního proudu.



Obr. 16: Vlevo: poloha valounových slepenců s šikmým a konvolutním zvrstvením na stropě; vpravo: střídání vrstev jemnozrných drob a prachovců (vpravo), lokalita Žimrovice 1, foto: A. Novák

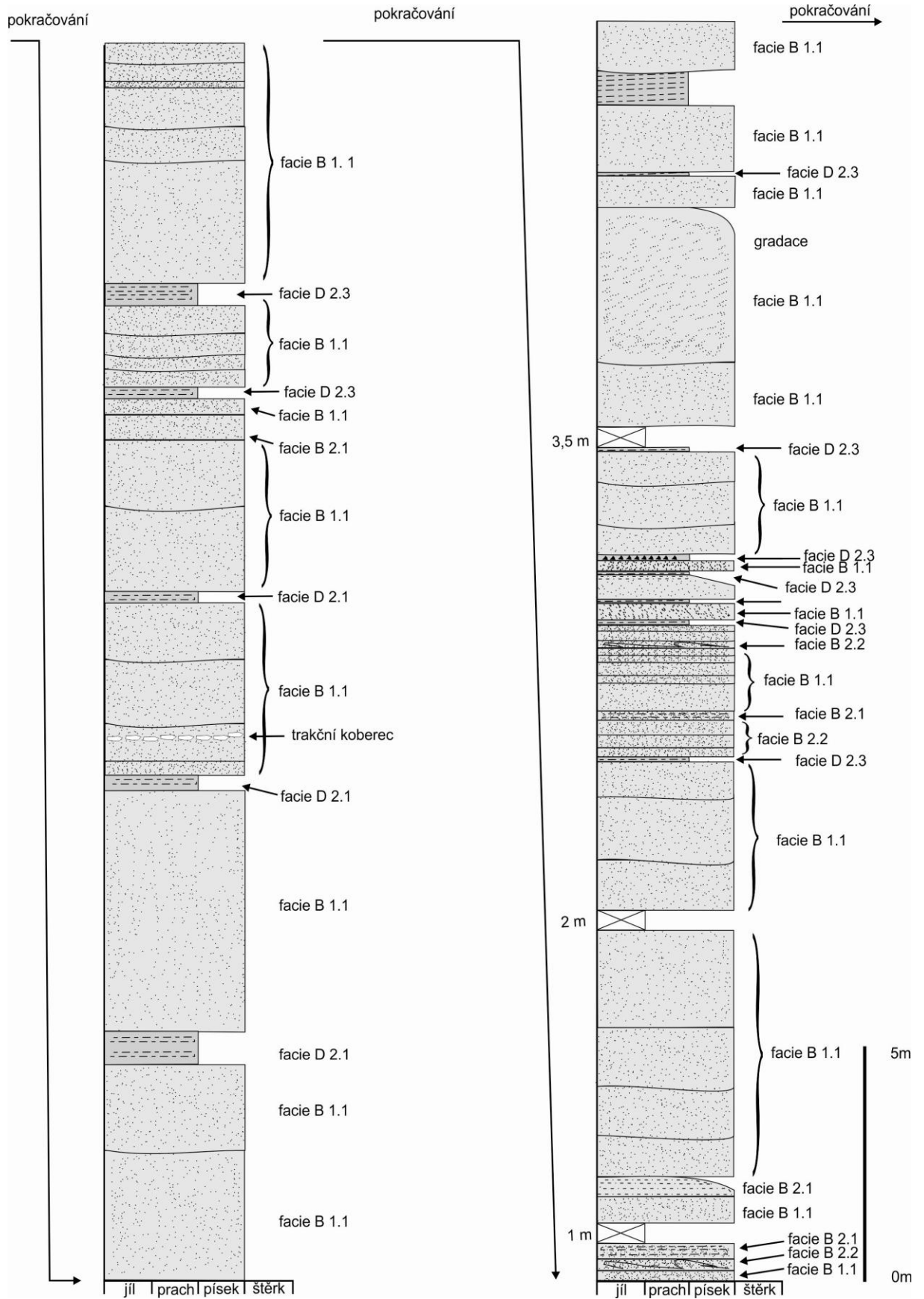


Obr. 17: Vtisky na stropě polohy drob, lokalita Žimrovice 1, foto: A. Novák

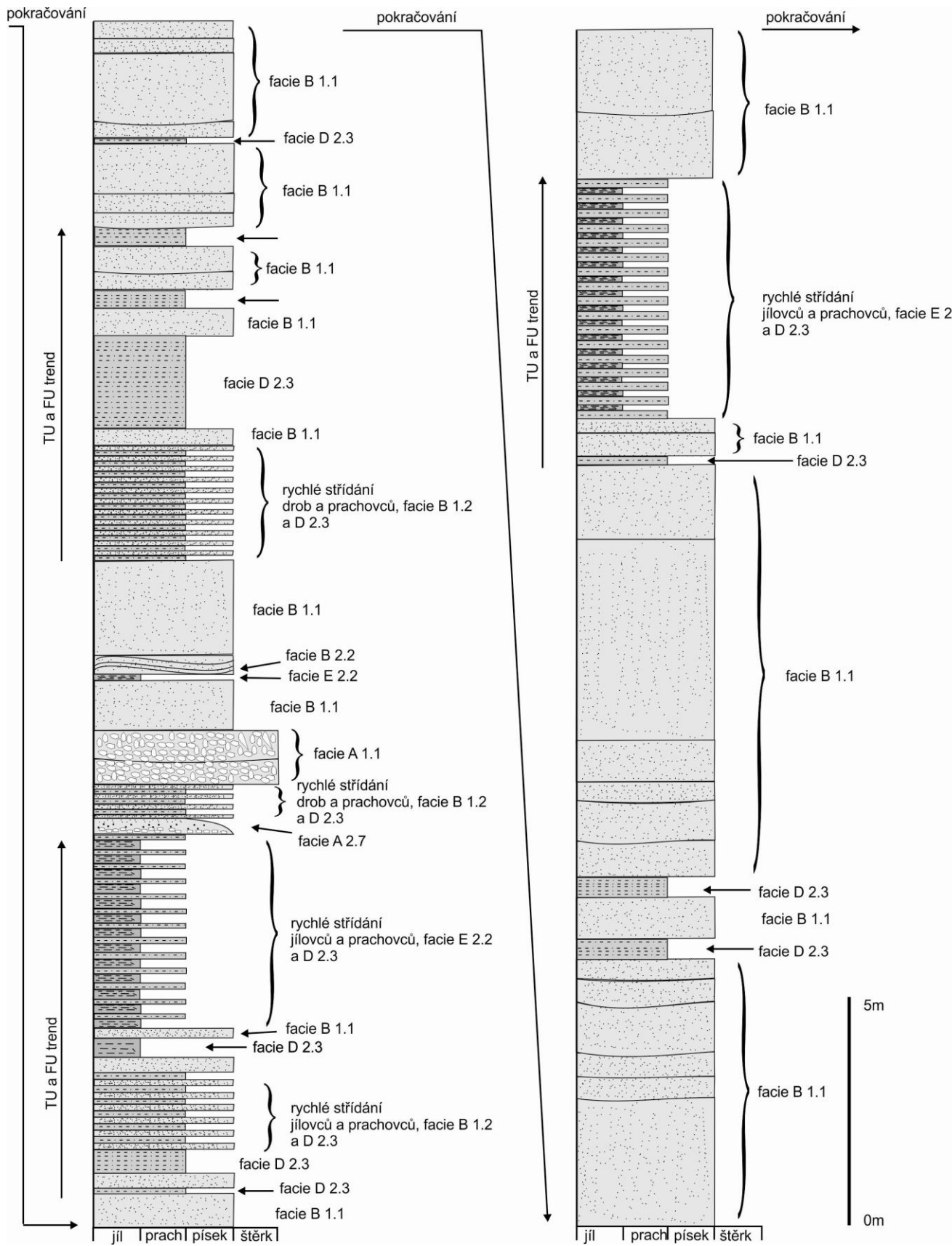


Obr. 18: Grafická kolonka studovaného profilu Žimrovice 1, 1. část

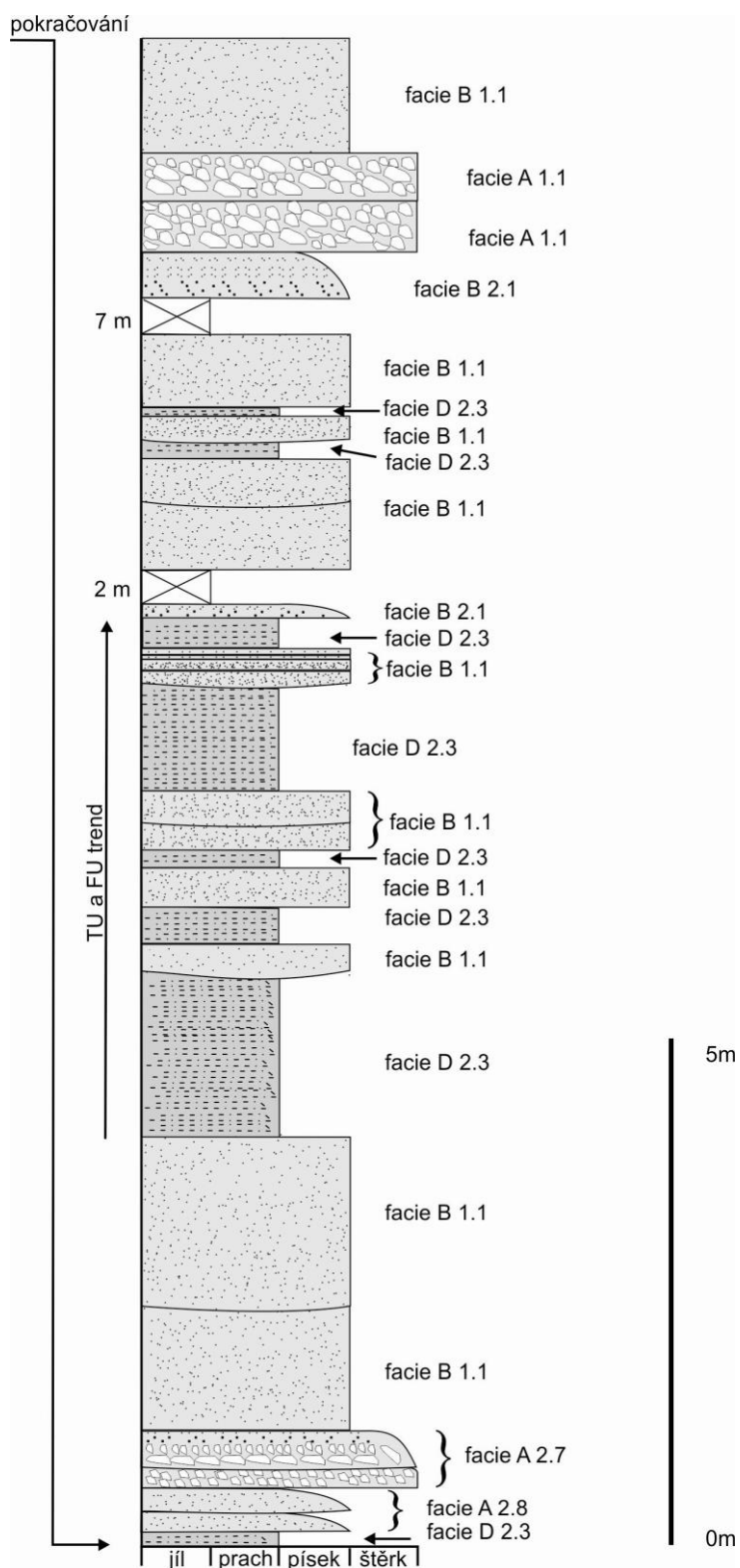




Obr. 19: Grafická kolonka studovaného profilu Žimrovice 1, 2. část



Obr. 20: Grafická kolonka studovaného profilu Žimrovice 1, 3. část



Obr. 21: Grafická kolonka studovaného profilu Žimrovice 1, 4. část

V případě facie B 2.2 se jedná o velmi jemné až jemné zvrstvené písky, často s erozní bází, které byly po uložení přepracovávány dnovými proudy.

Prachovce tvořící jemně až středně mocné vložky mezi polohami drob zastupuje facie D 2.3 (obr. 16). Facii D 2.3 tvoří laminované prachovce, které byly uloženy pomalou sedimentací z nízkohustotních turbiditních, nebo konturových proudů.

Jílovce charakterizované faciální třídou E jsou na lokalitě reprezentovány uspořádanými jílovci facie E 2.2. Jedná se o vrstvy jemně zvrstvených laminovaných jílovců, které tvoří vložky mezi deskovitými tělesy drob, nebo se rytmicky střídají v mocných sekvencích s prachovci facie D 2.3. Sedimentace proběhla pomalým transportem a uložením nízkohustotními turbiditními, nebo konturovými proudy v relativně klidném prostředí.

Poslední popsanou facií zastiženou na tomto studovaném profilu je facie F 2.1 faciální třídy F popisující konvolutní vrstvy (obr. 17). Tyto vrstvy se vyskytují ve střední a svrchní části profilu, byly vytvořeny v důsledku deformace podloží tíhou nadložních vrstev.

Texturní prvky jsou na lokalitě zastoupeny erozními bázemi, proudovými stopami, vtisky, paralelním a šikmým zvrstvením. Na profilu nebyly nalezeny fosilie.

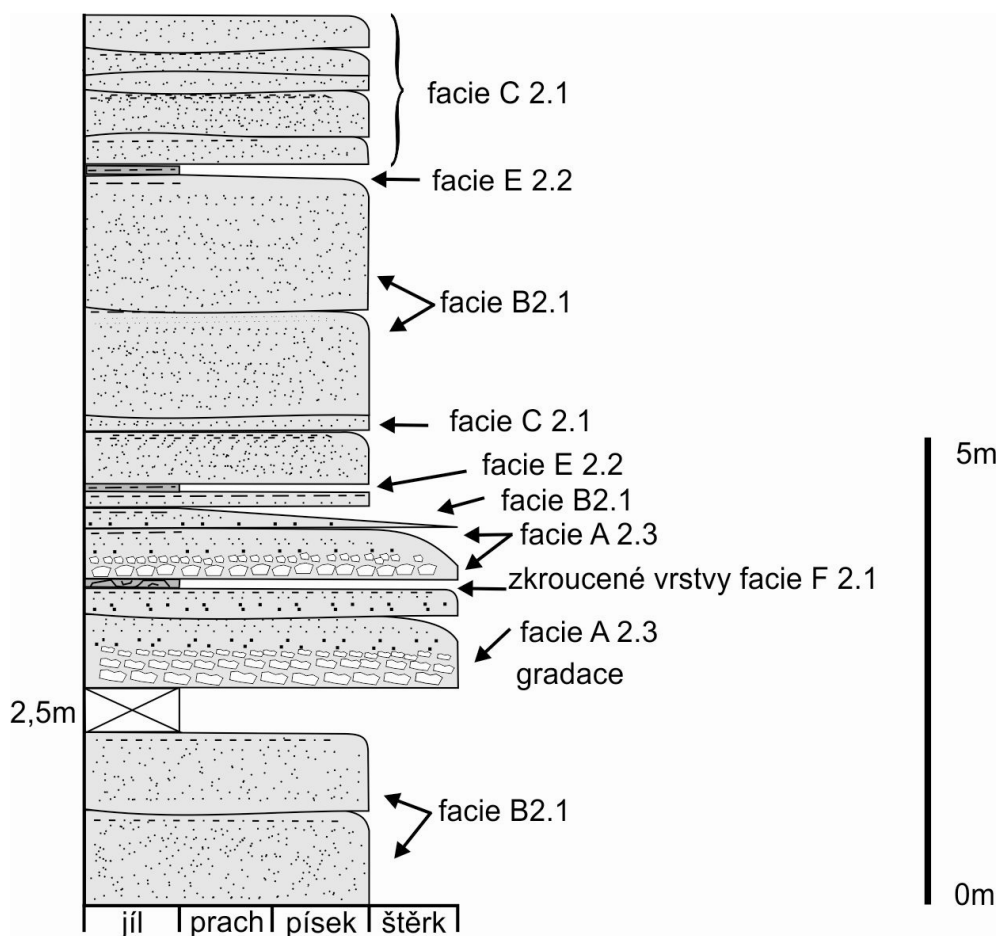
Profil (obr. 18, 19, 20, 21) studované lokality je tvořen pestrým společenstvem faciálních tříd A, B, D, E a F, které vystihují změny v charakteru depozičních procesů a hydraulických režimů turbiditních proudů. Jednalo se o dynamické prostředí plošně šířených hustých proudů ve střední části turbiditního vějíře, kde docházelo k cyklickému překládání směrů snosu ve změlčujících se kanálech a laterálnímu ukládání mocných poloh sedimentu. Jemnozrná frakce faciálních tříd D a E, které tvoří vložky mezi polohami slepenců a drob, nebo polohy rychle se střídajících jemných vrstev mohou být interpretovány jako koncové členy vzdálenější sedimentační události. Na profilu lze sledovat rozložené asymetrické cykly změny mocnosti, zrnitosti i textury studovaných poloh sedimentů, které lze popsat jako TU a FU trend. Tento trend je sedimentárním záznamem změn v hydraulice procesů při jejich ukládání.

Podle naprosté převahy faciálních tříd A, B nad faciálními třídami D a E lze studovaný profil označit za hrubozrný turbiditní systém (Bouma 2000a) a interpretovat ho jako prvek střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986).

## 8.5 Žimrovice 2

Lokalita se nachází asi 250 m severovýchodně od obce Žimrovice (obr. 5, 14). Pro potřeby litofaciální analýzy bylo studováno 20 vrstev o celkové mocnosti 7 m. Lokalita se nachází na jihozápadním svahu kóty Žimrovická skála. Na profilu byly studovány a popsány uspořádané valounové písky faciální třídy A, uspořádané droby faciální třídy B, uspořádané jílovopísčité droby faciální třídy C, uspořádané jílovce faciální třídy E a konvolutní vrstvy faciální třídy F.

Faciální třídu A na studovaném profilu zastupují normálně zvrstvené slepence facie A 2.3 (obr. 23). Na profilu jsou zastíženy až 0,8 m mocné polohy písčitého slepence s dobře patrnou pozitivní gradací, polozaoblenými a zaoblenými klasty o velikosti do 20 mm s podpůrnou strukturou matrix, paralelním i šikmým zvrstvením, který byl transportován vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací ze suspenze.



Obr. 22: Grafická kolonka studovaného profilu Žimrovice 2

Droby faciální třídy B na lokalitě reprezentuje facie B 2.1. Je tvořena masivní od báze do stropu normálně gradovanou střednozrnnou až jemnozrnnou drobou s laminami velmi jemnozrnné droby až prachovce na stropě. Mocnost vrstev je do 1,3 m. Vrstvy sedimentovaly z bazální části vysokohustotního turbiditního proudu.

Jílovopísčité droby jsou na lokalitě zastoupeny faciemi C 2.1. Facie C 2.1 je tvořena převážně masivními až 0,7 m mocnými, jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými tělesy transportovanými a uloženými vysokohustotními turbiditními proudy. Je zde také možné sledovat pozitivní gradaci přecházející do paralelního zvrstvení, místy i do zvrstvení šikmého. Tyto texturní prvky lze označit za  $T_a$ ,  $T_{ab}$ ,  $T_{abc}$  intervaly Boumovy sekvence.



Obr. 23: Vlevo: normálně gradované slepence; vpravo: postdepoziční textury na bázi polohy drob, lokalita Žimrovice 2, foto: A. Novák

Faciální třída E je na studovaném profilu reprezentována uspořádanými jílovci facie E 2.2. Jsou to polohy laminovaných jílovců o mocnosti do 0,1 m. Jílovce tvoří vložky mezi mocnějšími deskovitými tělesy drob. Sedimentace byly uloženy nízkohustotními turbiditními nebo konturovými proudy v relativně klidném prostředí.

Konvolutní vrstvy faciální třídy F jsou na profilu zastoupeny facií F 2.1, která reprezentuje prachovce a jílovce, jenž byly zdeformovány během postdepozičních procesů.

Texturní prvky jsou zastoupeny erozními bázemi,  $T_a$ ,  $T_{ab}$ ,  $T_{abc}$  intervaly Boumovy sekvence, proudovými stopami, vtisky, paralelním a šikmým zvrstvením.

Na lokalitě nebyly zjištěny fosilie.

Na lokalitě dominují faciální třídy B, C, a E, výskyt faciální třídy A je omezen na dvě polohy při bázi studovaného profilu (obr. 22) a je obohacen o výskyt exotické faciální třídy F. Faciálně se studovaný profil jeví vzhledem k počtu zastižených vrstev jako pestrý. Deskovitá, gradáčně zvrstvená tělesa drobovitých slepenců, drob a jílových drob s intervaly Boumovy sekvence  $T_a$ ,  $T_{ab}$ ,  $T_{abc}$ , které indikují změny v hydraulickém režimu turbiditních proudů, vypovídají o velmi dynamickém prostředí a plošném charakteru vysokohustotních turbiditních proudů, které v této části turbiditního vějíře laterálně šířily a v mocných vrstvách a za různých hydraulických režimů ukládaly sediment. Tato interpretace by mohla také vysvětlit i absenci fosilních projevů života na studovaném profilu.

Podle naprosté převahy faciálních tříd A, B, C lze studovaný profil označit za hrubozrnný turbiditní systém (Bouma 2000a) a zařadit jej do střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986).

## **8.6 Hradec nad Moravicí – Zámek**

Studovaná lokalita se nachází v areálu zámeckého lesoparku asi 1 km jižně od zámku Hradec nad Moravicí na odkryvu ve svahu při modré značené turistické cestě vedoucí do obce Lesní Albrechtice (obr. 5, 14). Změřeno a popsáno bylo 20 vrstev o celkové mocnosti 6,6 m. Na profilu (obr. 24) byly zastiženy uspořádané slepence a valounové písky faciální třídy A, uspořádané a neuspořádané droby faciální třídy B a uspořádané jílovo-písčité droby faciální třídy C.

Na profilu byly zastiženy až 0,77 m mocné polohy písčitého slepence facie A 2.3 s dobře rozeznatelnou pozitivní gradací (obr. 24) s polozaoblenými a zaoblenými klasty velikosti do 30 mm a s podpůrnou strukturou klastů i matrix. Směrem ke stropu vrstvy textura přechází do paralelního i šikmého zvrstvení. Sediment byl transportován vysokohustotním proudem a ukládán rychlou sedimentací ze suspenze.

Facie B 1.1 je tvořena masivními jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými polohami sedimentů o mocnosti do 0,92 m. Byly deponovány rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu, po uložení došlo k destrukci původních sedimentárních textur. Facie B 2. 1 je tvořena masivními gradovanými droby s laminami velmi jemnozrnné droby až prachovce na stropě sedimentárního tělesa a byla uložena z bazální části vysokohustotního turbiditního proudu.

Facie C 2.1 je tvořena převážně masivními až 0,71 m mocnými jílovo-písčitými sedimenty transportovanými a uloženými vysokohustotními turbiditními proudy. Je zde patrna pozitivní gradace přecházející do paralelního zvrstvení, místy i do zvrstvení šikmého. Toto zvrstvení lze označit za  $T_{abc}$  interval Boumovy sekvence.

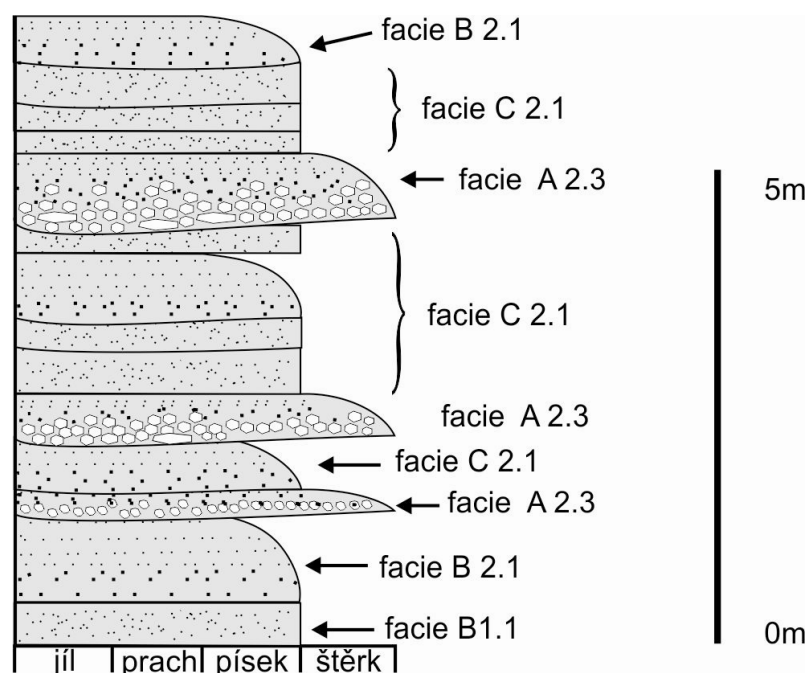


Obr. 24: Vlevo: studovaný profil na lokalitě; vpravo: poloha normálně gradovaného písčitého slepence, lokalita Hradec n. M. - Zámek, foto: A. Novák

Texturní prvky jsou na studovaných vrstvách reprezentovány pozitivní gradací, paralelním, místy i šikmým zvrstvením, intervaly Boumovy sekvence  $T_{abc}$  a výrazně patrné jsou i erozní báze. Lokalita je paleontologicky sterilní.

Přes relativně malý počet studovaných vrstev tvoří faciální asociace na lokalitě výstižný sedimentární záznam, který dokládá pozici studovaného profilu v dynamickém a vysokoenergetickém prostředí v blízkosti změlčujících se kanálů. Pro tuto úvahu svědčí výrazné erozní báze sedimentárních těles a absence vložek tvořených faciálními třídami D a E, které, pokud byly epizodicky uloženy, pak byly následně erodovány dalším vysokohustotním turbiditním proudem. Studovaný profil (obr. 25) lze zařadit do hrubozrnného turbiditního systému (Bouma 2000a), který je součástí střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986).





Obr. 25: Grafická kolonka studovaného profilu Hradec n. M. – Zámek

## 8.7 Lesní lom pod Včelím hradem

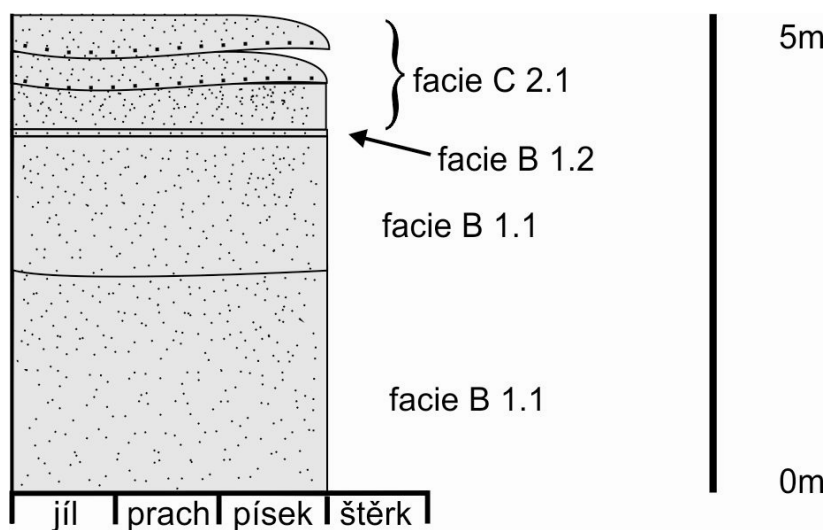
Lokalita se nachází v lese jihozápadně od obce Kajlovec, asi 500 m jihozápadně od rozcestníku Včelí hrad (obr. 10). Za účelem litofaciální analýzy zde bylo studováno 6 vrstev o celkové mocnosti 4,6 m v odkryvu opuštěného a zarostlého lůmku v záhybu žlutě značené turistické trasy vedoucí do údolí řeky Moravice. Na profilu (obr. 26) jsou zastíženy sedimenty, které byly rozděleny do faciální třídy B zastoupené faciemi B 1.1, B 1.2 a faciální třídy C s facií C 2.1.

Facie B 1.1 je tvořena převážně masivními jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými tělesy drob o mocnosti až 2,14 m. Tato facie byla uložena rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu a v postdepozičním procesu došlo ke zničení sedimentárních textur. Vrstva facie B 1.2 tvoří vložku mezi podložními hrubozrnnými drobami facie B 1.1 a jílovopísčitými drobami facie C 2.1 v nadloží. Je trakčním kobercem uložený jemně zvrstvený, bezstrukturní hrubozrnný písek.



Obr. 26: Vlevo: studovaný profil na lokalitě; vpravo: báze polohy normálně gradované droby, lokalita Lesní lom pod Včelím hradem, foto: A. Novák

Jílovopísčité droby jsou na lokalitě zastoupeny facií C 2.1 (obr. 26). Facie C 2.1 je tvořena převážně masivními až 0,48 m mocnými, jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými tělesy transportovanými a uloženými vysokohustotními turbiditními proudy. Je zde pozorovatelná pozitivní gradace přecházející do paralelního zvrstvení, místy i do zvrstvení šikmého. Tyto texturní prvky se zde rytmicky a asymetricky opakují a lze je označit za  $T_a$ ,  $T_{ab}$ ,  $T_{abc}$  intervaly Boumovy sekvence.



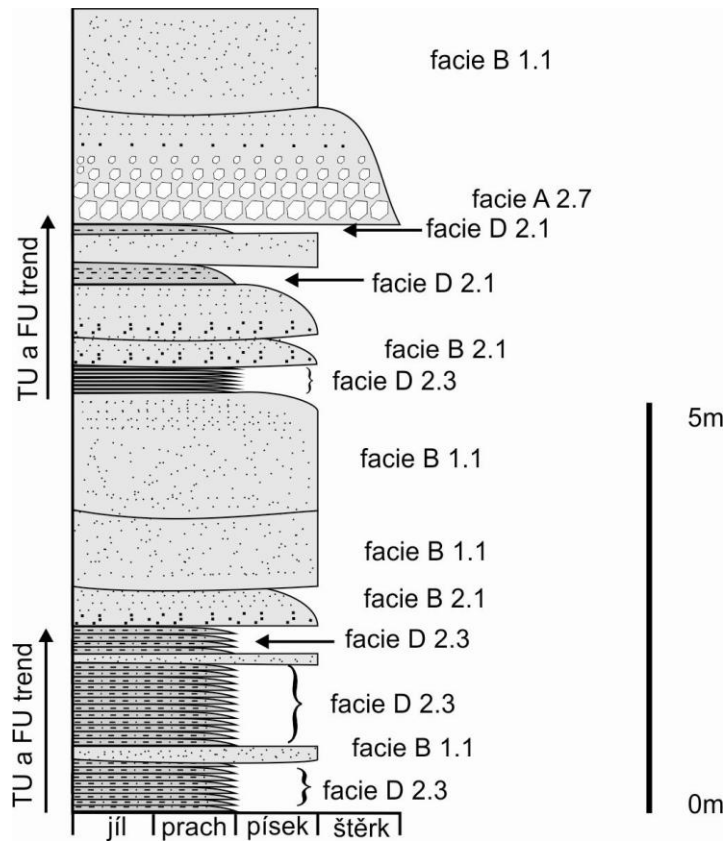
Obr. 27: Grafická kolonka studovaného profilu Lesní lom pod Včelím hradem

Společenstvo faciálních tříd B a C zastižených na profilu (obr. 27), nepřítomnost sedimentů tříd A, D a E vede k úvaze, že zde popsané sedimenty byly uloženy v prostoru mimo dosah vyznívajících přírodních kanálů plošnými, laterálně se šířícími hustými turbiditními proudy. Výrazné erozní báze a nepřítomnost jemných vložek svědčí o vysokoenergetickém hydraulickém režimu panujícím v tomto prostředí. Změny v texturách sedimentárních těles a jejich asymetrické opakování dokládají postsedimentační amalgamací, která vedla k zastření erozních texturních stop a k vytvoření masivního tělesa. V tomto prostředí se nezachovaly fosilní záznamy existence živých organismů. Studovaný profil zařadit do hrubozrnného turbiditního systému (Bouma 2000a), který je součástí střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986).

## 8.8 Pod Kaluží 1

Lokalita se nachází v zářezu cesty lemující pravý břeh řeky Moravice asi 100m severně od křižovatky lesních cest Bukovina asi 1 km jižně od obce Žimrovce (obr. 5, 14). Bylo zde změřeno a popsáno 16 vrstev na profilu o celkové mocnosti 9,95 m. Na profilu (obr. 29) jsou zastiženy uspořádané valounové písky faciální třídy A, uspořádané a neuspořádané droby faciální třídy B a uspořádané prachovce faciální třídy D.

Faciální třídu A zastupuje pouze facie A 2.7. U facie A 2.7 se jedná o polohu valounového pískovce s dobře patrnou pozitivní gradací. Je tvořen polozaoblenými a zaoblenými klasty velikosti do 100 mm s podpůrnou strukturou matrix, vzácně i klastů. Vrstva dosahuje mocnosti 1,52 m. Sediment byl transportován vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací z báze proudu.



Obr. 28: Grafická kolonka studovaného profilu Pod Kaluží 1

Faciální třída B je na lokalitě reprezentován neuspořádanými drobami fací B 1. 1 a uspořádanými drobami facie B 2. 1. Facie B 1. 1 je tvořena masivními jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými polohami sedimentů o mocnosti do až 1,44 m. K uložení došlo rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu. Místy jsou v polohách drob facie B 1. 1 zachovány polohy trakčního koberce. Facii B 2. 1 tvoří gradáčně zvrstvené střednozrnné droby (obr. 29), které přecházejí až do jemnozrnných drob s laminami velmi jemnozrnné droby až prachovce na stropě, která byla transportována a ukládána z báze vysokohustotního turbiditního proudu. Jejich mocnost dosahuje 0,62 m.

Prachovce jsou zastoupeny faciemi D 2.1 a D 2.3 (obr. 29). Prachovce facie D 2.1 směrem do nadloží pozitivně gradují a byly transportovány nízkohustotními turbiditními proudy. Facie D 2. 3 je tvořena tenkými, velmi jemně laminovanými prachovci ukládanými pomalou sedimentací z nízkohustotních turbiditních proudů nebo konturových proudů. Mocnost poloh prachovců je mezi 0,12 až 0,34 m.

Mezi texturní prvky zjištěnými na profilu patří erozní báze, gradáční, paralelní a místy zřetelné šikmé zvrstvení. Na lokalitě nejsou zastiženy fosilní projevy života.



Obr. 29: Vlevo: studovaný profil na lokalitě; vpravo: střídání poloh prachoveců a drob, lokalita Pod Kaluží 1, foto: A. Novák

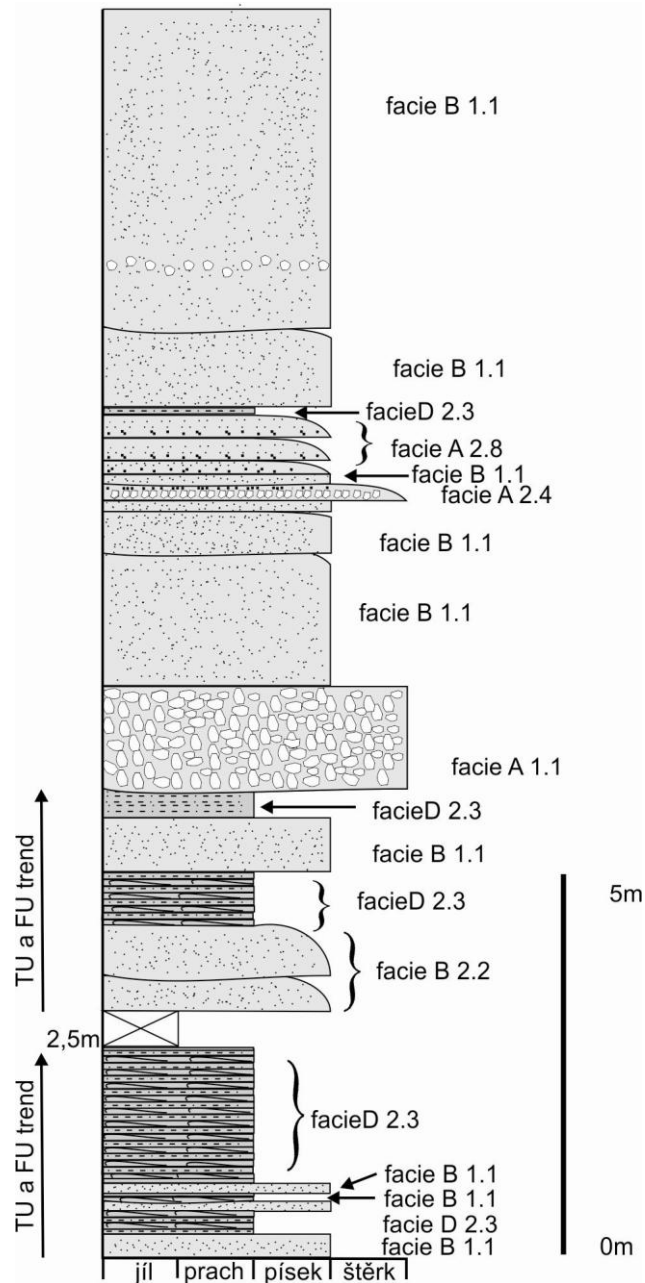
V sedimentárním záznamu je zachycen trend směrem do nadloží snižování mocnosti vrstev a velikosti klastů, který lze popsat jako TU a FU trend (obr. 28). To svědčí o změně v režimu ukládání sedimentů a přesunu studovaného profilu z oblasti relativně klidného nízkoenergetického prostředí do vysokoenergetického areálu změlčujících se kanálů středního výnosového vějíře a vysokohustotných turbiditních proudů. Studovaný profil lze zařadit do hrubozrnného turbiditního systému (Bouma 2000a), který je součástí střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986).

## 8.9 Pod Kaluží 2

Lokalita se nachází asi 400 m severně od lokality Pod Kaluží 1 asi 600 m jižně od obce Žimrovice v zářezu cesty lemující pravý břeh řeky Moravice (obr. 5, 14). Na lokalitě bylo prostudováno 25 vrstev na profilu o celkové mocnosti 14 m.

Faciální třídu A na studovaném profilu (obr. 19) zastupují neuspořádané slepence (obr. 31) facie A 1.1 a uspořádané slepence a valounové pískovce facií A 2.2, A 2.4, A 2.8. Facie A 1.1 je složena z 1,35 m mocné vrstvy hrubě zrnitého, špatně vytříděného štěrku s podpůrnou strukturou poloostrohranných a polozaoblených klastů o velikosti až 40 mm i matrix. Slepence byl transportován vysokohustotním proudem s finální rychlou sedimentací. Facii A 2.4 tvoří poloha 0,2 m mocných, normálně gradovaných štěrků s podpůrnou strukturou klastů i matrix s poloostrohrannými a

polozaoblenými klasty o velikosti do 50 mm a s paralelní laminací na stropě vrstvy. Tento sediment byl transportován vysokohustotním turbiditním proudem s rychlou sedimentací ze suspenze a trakčního koberce. Facie A 2.8 je tvořena polohami o mocnosti do 0,3 m pozitivně gradovanými valounovými písky s polozaoblenými a zaoblenými klasty velikosti do 10 mm, které do nadloží přecházejí do poloh s paralelním zvrstvením.



Obr. 30: Grafická kolonka studovaného profilu Pod Kaluží 2

Faciální třída B je na lokalitě reprezentován neuspořádanými drobnými (obr. 31) facií B 1.1 a uspořádanými drobnými facie B 2.2. Facie B 1.1 je tvořena masivními až 4,2 m mocnými jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými polohami sedimentů, které byly

uloženy rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu. V polohách drobovitých těles facie B 1.1 zůstaly zachovány trakční koberce štěrků. V případě facie B 2.2



Obr. 31: Vlevo: polohy masivních drob; vpravo: neuspořádaný slepenec, lokalita Pod Kaluží 2, foto: A. Novák

se jedná o až 0,64m mocné vrstvy konvolutně zvrstvených písků, s výraznou erozní bází, které byly po uložení přepracovány dnovými proudy.

Faciální třída D je reprezentována fací D 2.3. Facie D 2.3 je tvořena tenkými polohami laminovaných prachovců ukládanými pomalou sedimentací z nízkohustotních turbiditních proudů, nebo konturových proudů. Jejich polohy dosahují mocnosti až 1,76 m.

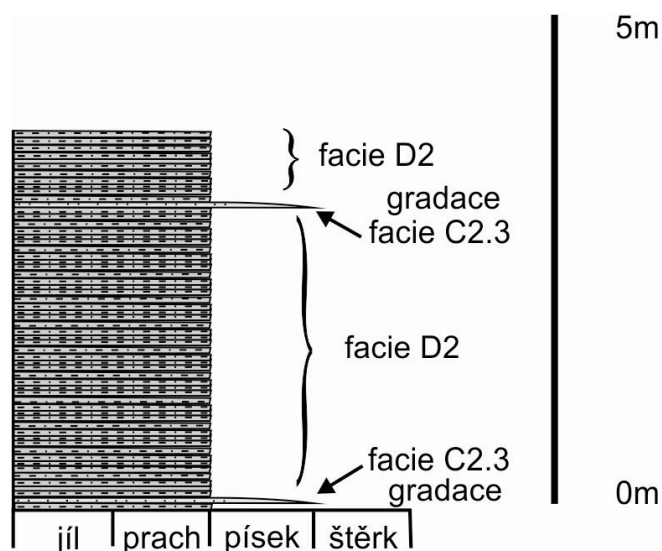
Mezi texturními prvky zjištěnými na profilu jsou erozní báze, gradační, paralelní, šikmé a konvolutní zvrstvení. Na lokalitě nejsou zastíženy fosilní projevy života.

V sedimentech studovaného profilu (obr. 30) je zachycena změna v hydraulickém režimu v klidném prostředí, kde sedimentace byla řízena dnovými proudy a pouze epizodicky se ukládaly hrubší koncové členy turbiditních proudů. Následuje uložení neuspořádaných slepenců facie A 1.1, které tvoří výplň kanálů a potvrzují jejich přítomnost na studovaném profilu. Studovaný profil jeví znaky hrubozrnného turbiditního systému (Bouma 2000a).

## 8.10 Kajlovec – U hájovny

Lokalitou je opuštěný lůmek, který se se nachází v lese asi 440 m západně od jižního okraje osady Kajlovec (obr. 5, 14). Za účelem litofaciální analýzy bylo studováno a popsáno 67 vrstev na profilu o celkové mocnosti 4,95 m. Na lokalitě (obr. 33) jsou dominující jílové prachovce faciální třídy D a poloha jemnozrnné jílové droby faciální třídy C.

Jílovo-písčité droby na lokalitě reprezentují facie C 2.3. Facie C 2.3 vytváří tenkou polohu jemnozrnné, gradačně zvrstvené droby s intervalem  $T_{bcde}$  Boumovy sekvence. Sedimenty facie C 2.3 byly transportovány a ukládány nízkohustotními, často také konturovými proudy.



Obr. 32: Grafická kolonka studovaného profilu Kajlovec U hájovny

Prachovce tvoří na profilu mocný sled (obr. 33) a jsou zastoupeny facií D 2.3. Facie D 2.3 je tvořena tmavými, tenkými, velmi jemně laminovanými prachovci ukládanými pomalou sedimentací z nízkohustotních turbiditních proudů nebo konturových proudů.

Z texturních prvků jsou pro lokalitu charakteristické paralelní, šikmé zvrstvení, proudové a vlečné stopy na vrstevních plochách a vyskytují se zde hojně ichnofosilie.

Tato lokalita je v rámci hradeckých vrstev považovaná za naprosto unikátní, co do počtu a rozmanitosti fauny i ichnofauny. Ze stratigraficky významné goniatitové fauny jsou z této lokality popsány následující druhy: *Hibernicoceras kajlovecense*, *Sudeticeras* cf. *crenistriatum* spolu s doprovodnou mlžní faunou, kterou reprezentuje *Posidonia elongata*. Na základě nálezů této fauny je lokalita zařazena do subzóny  $Go\beta_{spi}$  až k bázi  $Go\gamma_1$  (Kumpera 1971). Z ichnofauny je odtud vlastními nálezy doložen výskyt druhů *Dictyodora liebeana*,



*Protopaleodictyon isp.* a *Nereites missouriensis*, které řadí lokalitu k nereitové ichnofacii. Na lokalitě je bohatý výskyt přesličkovité *Archaeocalamites scrobiculatus*.



Obr. 33: Vlevo: studovaný profil na lokalitě; vpravo: polohy jemně zvrstvených prachovců v nadloží jemnozrnné droby, lokalita Kajlovec U hájovny, foto: A. Novák

Litofaciální charakter spolu s texturami doloženými na studované lokalitě vedou k závěru, že v intervalu ukládání zastižených vrstev byl studovaný profil (obr. 32) situován v prostředí, kde neprobíhaly výrazné sedimentační události. Jednalo se o areál vystavený neustálému působení dnových konturových proudů, který byl epizodicky dotován koncovými členy hustých proudů sedimentujícími ve vzdálenějších oblastech. Dle Boumy (2000a) lze studovaný profil označit jako jemnozrnný turbiditní systém.

### 8.11 Annino údolí

Lokalitou je nečinný lom v jižním svahu kóty Zámecký kopec svažujícímu se velmi příkře do údolí řeky Moravice asi 400 m východně od obce Vikštejnské Podhradí (obr. 5, 14). Bylo zde studováno 15 vrstev o celkové mocnosti 22,3 m, částečně na odkryvu a částečně na přirozeném výchozu při západním okraji lomu. Na profilu (obr. 34) bylo zastiženo společenstvo faciálních tříd A, B a C.

Faciální třídu A na studovaném profilu zastupují neuspořádané slepence a valounové pískovce fací A 1.1, A 1.4, dále uspořádané písčité slepence a valounové pískovce fací A 2.3 a A 2.5. Facie A 1.1 zde tvoří až 4,1 m a 2,6 m mocné polohy slepenců (obr. 34). Slepenc facie A 1.1 je tvořen valouny o velikosti do 200 mm a intraklastů do 80 mm s vlastní podpůrnou strukturou a s polymodální nevytříděnou hrubě zrnitou matrix a byl transportován vysokohustotním proudem s finální rychlou sedimentací. Dále je zde zastížena 0,46 m mocná poloha písčitého slepence facie A 2.3 s dobře rozeznatelnou pozitivní gradací. Je tvořen poloostrohrannými a polozaoblenými klasty o velikosti do 50 mm. Poloha slepence, která směrem ke stropu vrstvy zjemňuje, byla transportována vysokohustotním proudem a ukládána rychlou sedimentací ze suspenze. Zvrstvené valounové pískovce facie A 2.5 tvoří 1,65 m mocnou polohu na bázi studovaného profilu s nevýraznou gradací, která se směrem ke stropu vrstvy několikrát asymetricky opakuje, někde se dá odlišit i paralelní laminace. Pískovec je tvořen polozaoblenými a zaoblenými klasty o velikosti do 30 mm. Transport a uložení proběhl vysokohustotním proudem s trakčním kobercem na bázi.

Faciální třída B je na lokalitě reprezentována neuspořádanými droby fací B 1.1 a B1.2 (obr. 35). Facie B 1.1 je tvořena masivními, až 4,2 m mocnými jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými polohami sedimentů, které byly uloženy rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu. Facie B 1.2 na profilu jednak tvoří vložku mezi polohami valounových pískovců a také velmi mocný sled rychle se střídajících jemných vrstev na stropě studovaného profilu. Tyto jemné vrstvy byly uloženy trakčním kobercem.

Jílovo-písčité droby jsou na lokalitě zastoupeny fací C 2.2. Facie C 2.2 je tvořena masivní 1,6 m mocnou polohou gradované droby s laminami velmi jemnozrnné droby až prachovce na stropě, kde lze rozeznat  $T_{bce}$  interval Boumovy sekvence. Sedimenty facie C 2.2 byly transportovány a ukládány vysokohustotním turbiditním proudem.

Texturní prvky jsou na lokalitě zastoupeny pozitivní gradací vyjádřenou  $T_{ab}$  intervalem Boumovy sekvence, erozními i ostrými bázemi vrstev, paralelním zvrstvením, proudovými i vlečnými stopami na vrstevních plochách. Fosilní projevy života na profilu chybí.

Sled fací a charakter sedimentů zastížných na studovaném profilu (obr. 36) dokládá transport a ukládání sedimentů v areálu s vysokoenergetickým režimem na bázi a ve střední části studovaného profilu, který je charakteristický pro prostředí kanálů. Směr transportu je

postupně překládán, což se v sedimentárním záznamu směrem do nadloží projevuje tím, že vrstvy nabývají charakter uloženin okrajů výnosového vějíře.

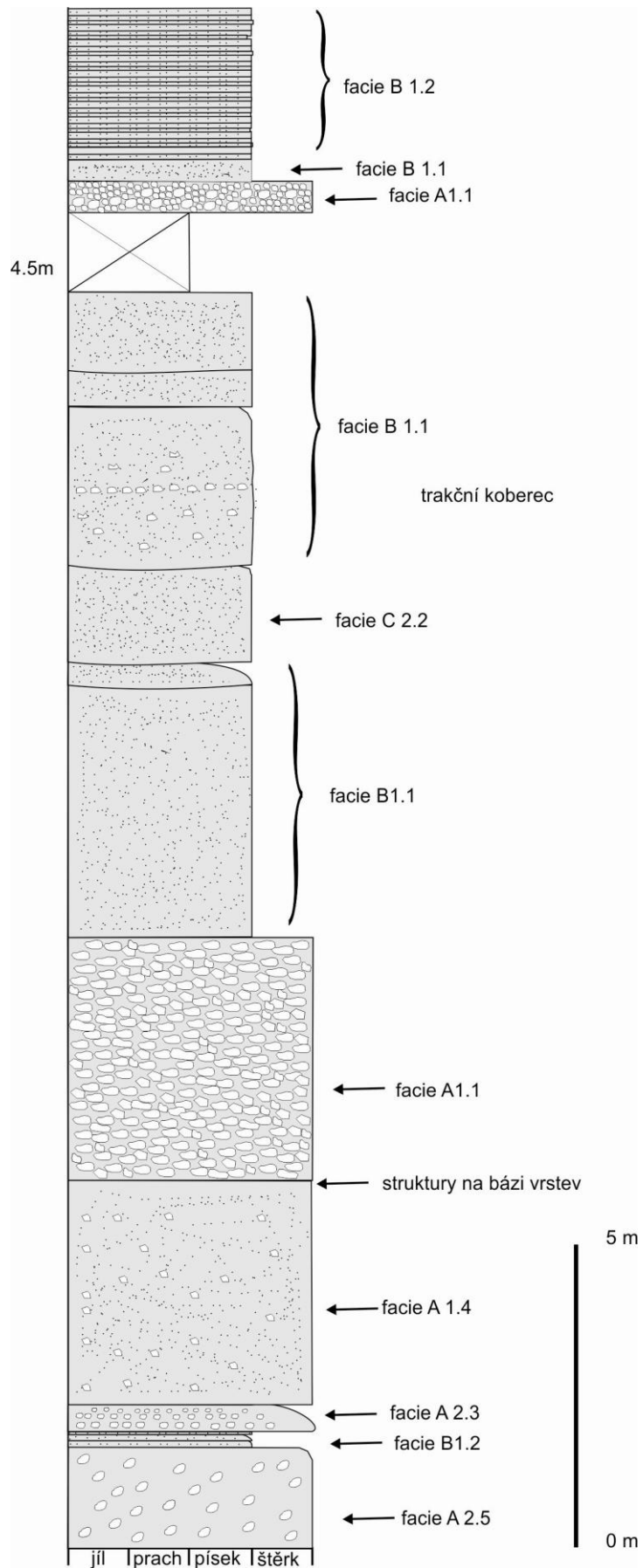


Obr. 34: Vlevo: studovaný profil na lokalitě; vpravo: poloha slepenců v nadloží masivních drob a ostrý kontakt slepenců s podložní polohou drob, lokalita Annino Údolí, foto: A. Novák

Kumpera (1976) řadí lokalitu nepřímě k subzóně  $Go\beta_{spi}$ , zároveň tyto slepencové polohy označuje jako nýtecký slepencový obzor a umísťuje ho do blízkosti spodní hranice souvrství.



Obr. 35: Ostrý kontakt nadložní polohy slepenců s polohou drob v podloží, lokalita Annino Údolí, foto: A. Novák



Obr. 36: Grafická kolonka studovaného profilu Annino údolí

## 8.12 Vlkovice – Sever

Lokalita se nachází asi 600 m severně od obce Vlkovice (obr. 5, 43) ve východním svahu údolí, kterým protéká Husí potok. Lokalitou (obr. 37) je opuštěný lom těsně vedle silnice vedoucí do osady Dolejší Kunčice. Měření bylo provedeno celým profilem odkryvu a bylo zde popsáno 76 vrstev o celkové mocnosti 17,4 m. Na profilu (obr. 38) byly studovány a popsány uspořádané valounové písky faciální třídy A, uspořádané jílovito-písčité droby faciální třídy C, uspořádané prachovce faciální třídy D a uspořádané jílovce faciální třídy E.

Faciální třídu A na studovaném profilu zastupují pozitivně gradované valounové písky facie A 2.7. Jedná se o 0,65 m mocnou polohu valounového pískovce s dobře patrnou pozitivní gradací. Je tvořen polozablenými a zaoblenými klasty o velikosti do 10 mm s podpůrnou strukturou matrix, který byl transportován vysokohustotním proudem s rychlou sedimentací z báze proudu.



Obr. 37: Střídání poloh normálně gradovaných drob a prachovců, lokalita Vlkovice Sever, foto: A. Novák

Jílovo-písčité droby (obr. 37) jsou na lokalitě zastoupeny faciemi C 2.1, C 2.2 a C 2.3. Facie C 2.1 je tvořena převážně masivními až 0,6 m mocnými jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými tělesy, transportovanými a uloženými vysokohustotními turbiditními proudy. Je zde možné sledovat pozitivní gradaci přecházející do paralelního

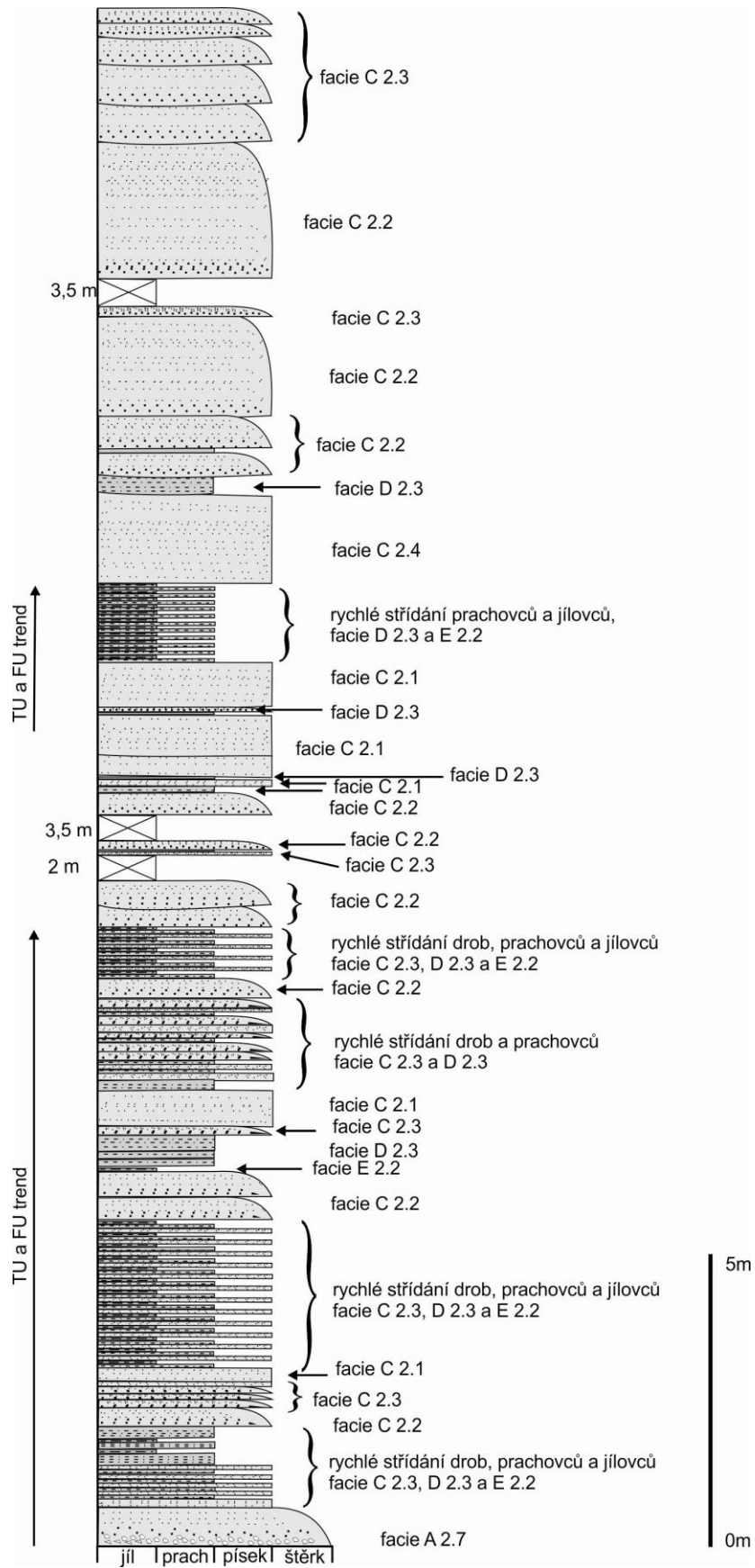
zvrstvení, místy i do zvrstvení šikmého. Tento sled lze označit za  $T_{abc}$  interval Boumovy sekvence. Facie C 2.2 je tvořena masivními až 2,5 m mocnými od báze do stropu gradovanými droby s laminami velmi jemnozrné droby až prachovce na stropě a  $T_{bcd}$  intervalem Boumovy sekvence. Sedimenty facie C 2.2 byly transportovány a ukládány vysokohustotním turbiditním proudem. Facie C 2.3 vytváří jemné vrstvy jemnozrné pozitivně gradované droby s dobře identifikovatelným intervalem  $T_{bcde}$  Boumovy sekvence. Sedimenty facie C 2.3 byly transportovány a ukládány nízkohustotními, často také konturovými proudy.

Prachovce (obr. 37) jsou zastoupeny facií D 2.3. Ta je tvořena tenkými a laminovanými prachovci ukládanými pomalou sedimentací z nízkohustotních turbiditních proudů, nebo konturových proudů.

Faciální třída E je na studovaném profilu reprezentována uspořádanými jílovci facie E 2.2. Vytváří středně mocné až velmi mocné polohy laminovaných jílovců, které byly pomalu transportovány a ukládány nízkohustotními turbiditními nebo konturovými proudy v relativně klidném prostředí.

Na lokalitě byl zjištěn hojný výskyt přesličkovité *Archaeocalamites scrobiculatus*, Kumpera (1971) uvádí výskyt goniatické fauny *Sudeticeras cf. crenistriatum*, *Sudeticeras stolbergi*, *Sudeticeras* sp. a *Girtyoceras* sp., které lokalitu řadí k subzóně Goy<sub>1</sub>.

Na lokalitě převažují faciální třídy C, D a E, výskyt faciální třídy A je pouze na bázi studovaného profilu. Faciálně se studovaný profil jeví jako monotónnější. Mohl by být interpretován jako změna v sedimentačním cyklu, kdy valounový písek faciální třídy A ve větších se mělkých kanálech je pohřbíván jemnou frakcí z nízkohustotních či přelivových proudů, které transportují koncové členy faciálních tříd D a E výše na svahu uložených hustějších proudů (obr. 38). Nadložní sedimenty faciální třídy C jsou znakem obnovení rostoucí intenzity sedimentačního cyklu. Na studovaném profilu je patrná převaha pískovců nad jílovci, což jej řadí do hrubozrného turbiditního systému (Bouma 2000a) a do střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986).



Obr. 38: Grafická kolonka studovaného profilu Vlkovice - Sever

### 8.13 Vlkovice – Jih

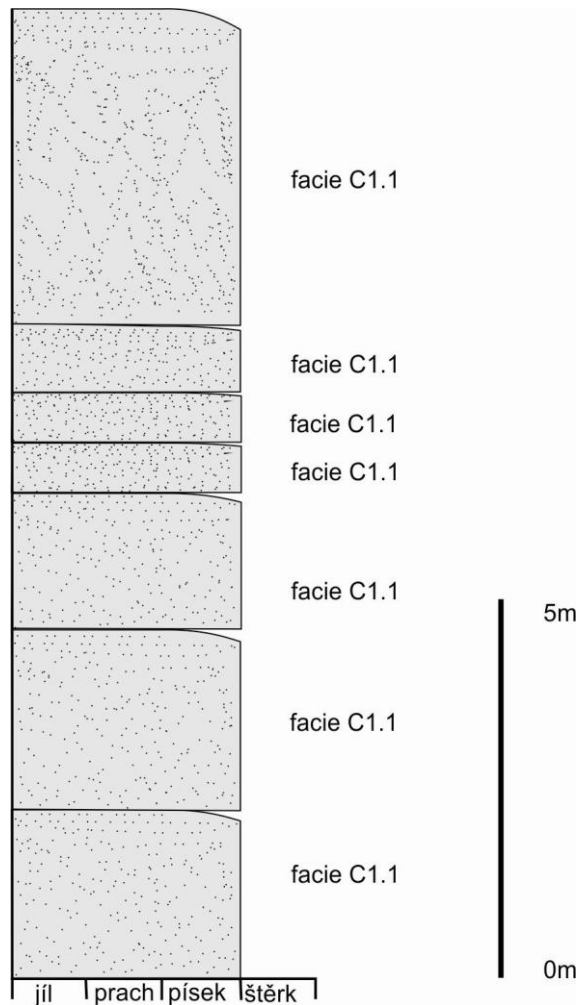
Lokalita je situována asi 300 m jihovýchodně od osady Vlkovice v ohybu silnice vedoucí z osady Vlkovice do Fulneku (obr. 5, 43). Na profilu (obr. 40) bylo studováno a popsáno 7 vrstev o celkové mocnosti 12,8 m. Sedimenty jsou na lokalitě reprezentovány pouze jílovými drobami facie C 1.1. Jedná se o polohy špatně vytríděných, hrubě až střednozrnných sedimentů dosahující mocnosti až 4,45 m (obr. 39). Na deskovitých tělesech drob nejsou rozeznatelné texturní prvky. Fauna a flóra nebyly nalezeny. Sedimenty facie C 1.1 mohou být uloženinami vysoce hustotních turbiditních proudů, nebo zvodnělých písčito-jílových úlomkotoků.

Vzhledem k absolutnímu zastoupení faciální třídy C a absenci faciálních tříd D a E, lze lokalitu zařadit do hrubozrnného turbiditního systému (Bouma 2000a) a do střední části turbiditního vějíře (Kukal 1986).



Obr. 39: Studovaný profil tvoří masivní polohy drob, lokalita Vlkovice Jih, foto A. Novák





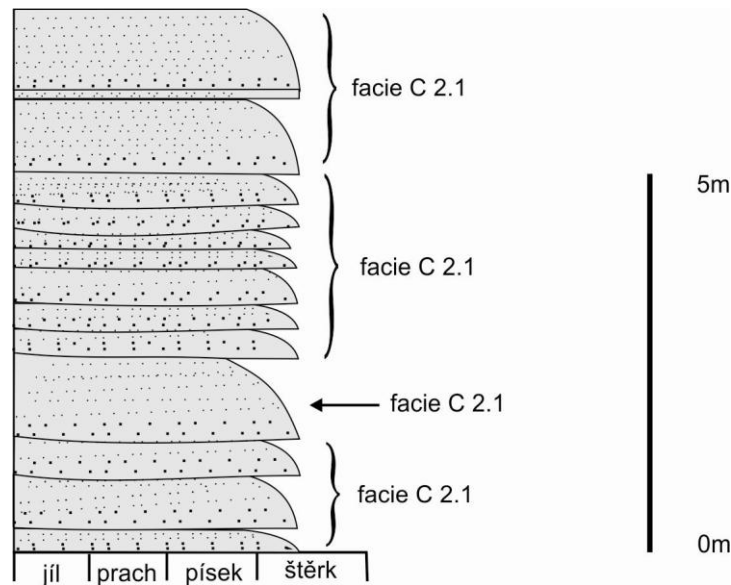
Obr. 40: Grafická kolonka studovaného profilu Vlkovice Jih

### 8.14 Fulnek – Jerlochovice

Tato lokalita je situována na rozhraní hradeckých drob a kyjovických vrstev. Lokalitou je opuštěný lom, který se nachází v lese na svahu asi 400 m jižně od silnice vedoucí z osady Fulnek, místní část Jerlochovice do osady Vlkovice (obr. 5, 43). V lomu byl zastižen profil (obr. 42), na kterém bylo studováno a popsáno 14 vrstev o celkové mocnosti 7,3 m. Na profilu jsou zastiženy jílové droby faciální třídy C a to facie C 2.1.

Facie C 2.1 je tvořena převážně masivními, mocně až velmi mocně zvrstvenými jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými tělesy (obr. 42) transportovanými a uloženými vysokohustotními turbiditními proudy. Je zde rozeznatelná

pozitivní gradace přecházející do paralelního zvrstvení, místy i do zvrstvení šikmého lze ji označit za  $T_a$ ,  $T_{ab}$ ,  $T_{abc}$  intervaly Boumovy sekvence.

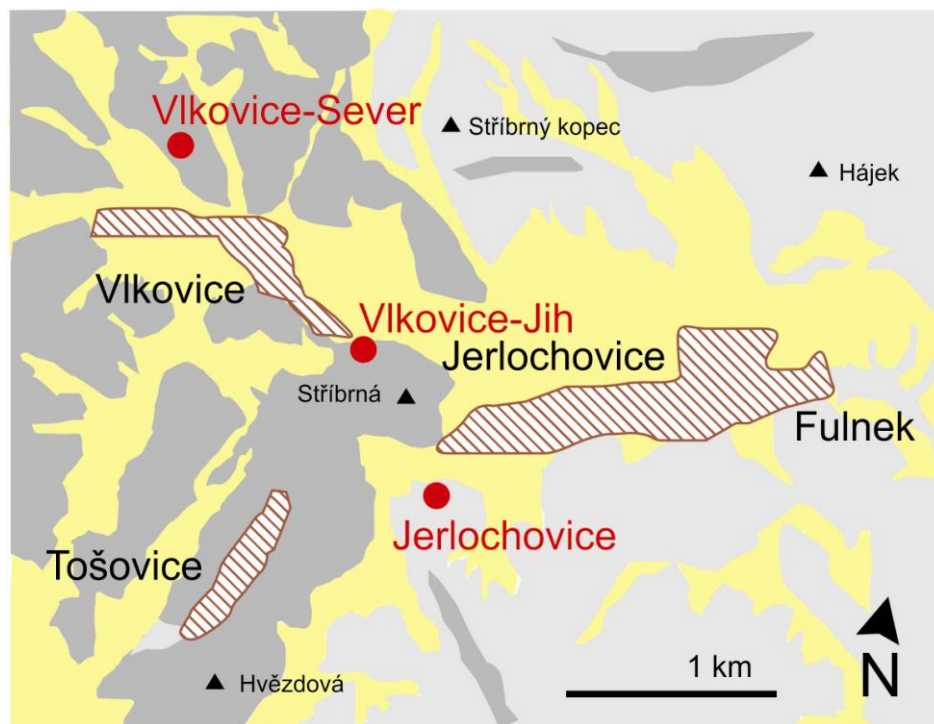


Obr. 41: Grafická kolonka studovaného profilu Fulnek - Jerlochovice

Na lokalitě, která je faciálně monotónní lze doložit řadu texturních prvků, jako jsou pozitivní gradace, paralelní a šikmé zvrstvení. Na vrstevních plochách jsou zastiženy proudové a vlečné stopy. Je zde doložena bioturbace. Monotónní sled jílových drob zastižených na lokalitě dokládá, že studovaný profil (obr. 41) byl uložen vysokohustotními turbiditními proudy, které měly plošný charakter a ukládaly sediment do laterálně situovaných poloh. Z textur reprezentovaných  $T_a$ ,  $T_{ab}$ ,  $T_{abc}$  a  $T_{a,b,c,d}$  intervalů Boumovy sekvence je možné odvodit změny v hydraulickém režimu vysokohustotního turbiditního proudu vyjádřené ztrátou unášecí schopnosti v důsledku snížení energie faktorů generujících jejich pohyb. Z toho se může usoudit, že k sedimentaci zastižených poloh docházelo ve větší vzdálenosti od zdrojové oblasti v areálu s nepatrným sklonem, který mohl být přechodem mezi středním a vnějším vějířem (Kukal 1986) a vzhledem k zastoupení drob za hrubozrnný systém (Bouma 2000a).



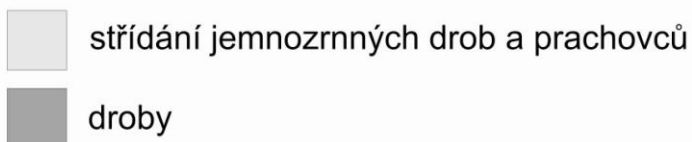
Obr. 42: Vlevo nahoře: studovaný profil na lokalitě; vpravo nahoře: polohy gradovaných drob; dole: interval Boumovy sekvence  $T_{abcd}$ , lokalita Fulnek – Jerlochovice, foto A. Novák



**Legenda:**



**Hradecko-kyjovické souvrství:**



Obr. 43: Mapa geologické situace v okolí Fulneku a VlkoVIC s lokalitami: Vlkovice – Sever, Vlkovice – Jih a Fulnek – Jerlochovice (překresleno a upraveno podle mapy 1 : 50000, 15 – 34 Vítkov)

### 8.15 Maleník: Na Gabrielce

Lokalitou je opuštěný lom na severozápadním svahu kóty Krásnice, asi 500 m jižně od obce Rybáře (obr. 5, 44). Na lokalitě bylo změřeno a studováno 9 vrstev o celkové mocnosti 19,8 m (obr. 45). Jsou zde zastoupeny faciální třídy A, B a F.

Faciální třídu A na studovaném profilu zastupují neuspořádané slepence facie A 1.1. Facie A 1.1 zde tvoří polohy slepenců o mocnosti do 7,6 m (obr. 45). SlepeneC facie A 1.1 je složen z poloostrohranných, polozaoblených a zaoblených valounů o velikosti do 150 mm a

intraklastů do 70 mm s valounovou podpůrnou strukturou a s polymodální nevytříděnou hrubě zrnitou matrix. Slepence byl transportován vysokohustotním proudem charakteru úlomkotoku s finální rychlou sedimentací.



Obr. 44: Mapa geologické situace v okolí Maleníku s vyznačenou lokalitou (překresleno a upraveno podle mapy 1 : 50000, 25 – 12 Hranice)

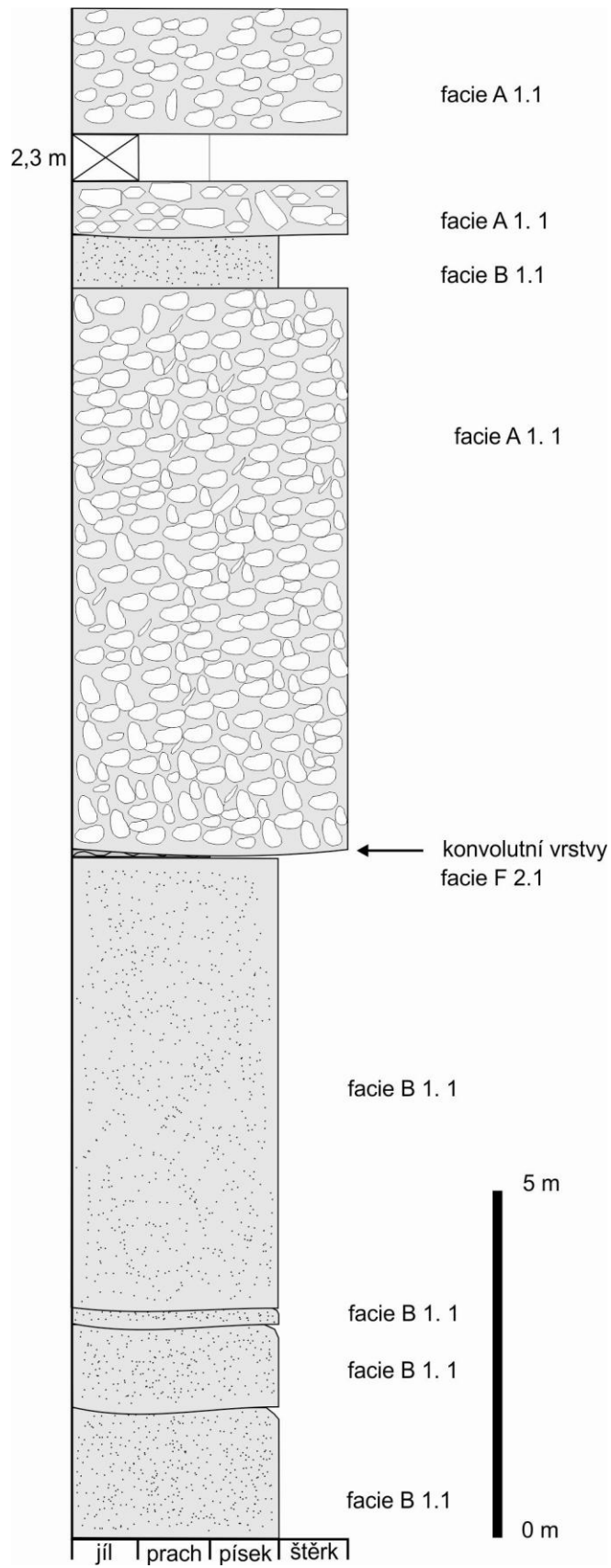
Faciální třída B je na lokalitě reprezentována neuspořádanými drobami fací B 1.1. Facie B 1.1 je tvořena masivními, jemnozrnými, střednozrnými a hrubozrnými deskovitými polohami sedimentů o mocnosti do 6,3m (obr. 45). Byly uloženy rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu.

Konvolutní vrstvy faciální třídy F jsou na profilu zastoupeny facií F 2.1. Jedná se o polohu jemnozrnné droby, která byla zdeformována během postdepozičních procesů tíhou nadloží.



Obr. 45: Vlevo: studovaný profil na lokalitě, poloha neuspořádaných slepenců v nadloží masivních droby; vpravo: ostrý kontakt nadložních slepenců a podložních droby, lokalita Maleník: Na Gabrielce, foto: A. Novák

Z texturních prvků jsou na lokalitě zastoupeny erozní báze, konvolutní textury faciální třídy F a proudové stopy s vlečnými rýhami na vrstevních plochách poloh droby. Nebyly zde nalezeny fosilní projevy života.



Obr. 46: Grafická kolonka studovaného profilu Maleník Na Gabrielce

Zastižené sledy sedimentů dokládají pozici studovaného profilu (obr. 46) odkryvu v prostředí kanálů, kterými probíhala komunikace mezi zdrojovou a depoziční oblastí. Jednalo se o dynamické, neklidné prostředí, sediment byl transportován a ukládán vysokohustotními turbiditními proudy, které měly plošný charakter a ukládaly sediment laterálně, nebo vysokohustotními proudy, které měly charakter úlomkotoků s laminárním prouděním, ve kterém byly klasty transportovány nadnášením v suspenzi vody s jemnozrnným sedimentem a vzájemnými kolizemi. Báze slepenců ostře nasedá na podložní polohy drob a strop je výrazně erodován nadložím, uloženým vysokohustotními turbiditními proudy.

Studovaný profil lze zařadit do hrubozrnného turbiditního systému, tak jak jej definuje Bouma (2000a) a do vnitřního výnosového vějíře dle Kukala (1986).

## **9. Interpretace litofaciální analýzy**

### **9.1 Litofacie:**

Litofaciální analýza byla provedena na patnácti profilech při západním okraji hradecko-kyjovického souvrství. V rámci báze souvrství lze pro zdůraznění místních specifických znaků vyčlenit pět základních litofacií: facii slepencovou, facii písčitých slepenců, facii hrubozrnných drob, facii střednozrnných drob a facii laminovaných jemnozrnných drob a prachovců.

**Slepencová litofacie:** Na studovaných profilech je zastoupena faciální třídou neuspořádaných slepenců (obr. 47) a tvoří velmi mocné až pětimetrové polohy. Jsou složeny z poloostrohranných, polozaoblených a zaoblených valounů o velikosti do 150 mm a intraklastů do 100 mm s valounovou podpůrnou strukturou a s polymodální nevytříděnou hrubě zrnitou matrix. Slepence byly uloženy proudy, které měly charakter úlomkotoků. Klasty byly transportovány nadnášením v plastické směsi vody s jemnozrnnějším sedimentem a vzájemnými kolizemi (Lowe 1982).

**Litofacie písčitých slepenců:** Tvoří ji faciální třída uspořádaných slepenců (obr. 47). Ve výchozech a odkryvech je zastižena v mocných až velmi mocně zvrstvených polohách pozitivně i inverzně gradovaných gravelitů s podpůrnou strukturou klastů i matrix s poloostrohrannými a polozaoblenými klasty o velikosti do 50 mm. Tento sediment byl



transportován vysokohustotním turbiditním proudem s rychlou sedimentací ze suspenze a trakčního koberce (Pickering 1986). Tato facie představuje přechod mezi slepenci a pískovci.



Obr. 47: Vlevo: neuspořádané slepence (Maleník Na Gabrielce); vpravo: normálně gradovaný písčítý slepenec (Hradec n. M. Zámek), foto: A. Novák

**Litofacie hrubozrnných drob:** Na lokalitách je zastoupena faciálními třídami neuspořádaných a uspořádaných drob. Neuspořádané droby jsou tvořeny masivními, mocnými a velmi mocnými jemnozrnnými, střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými polohami sedimentů, které byly uloženy rychlou sedimentací z vysokohustotního turbiditního proudu, u kterých došlo v po uložení k destrukci sedimentárních textur. V polohách drobovitých těles často zůstaly zachovány trakční koberce štěrků.

Uspořádané droby tvoří gradačně i šikmo zvrstvené hrubozrnné a středně zrné droby, které přechází až do jemnozrnných drob s laminami velmi jemnozrnné droby až prachovce na stropě, které byly transportovány a ukládány z báze vysokohustotního turbiditního proudu.

**Litofacie střednězrnných drob:** Je charakteristická střídáním mocných poloh drob a jím podřízených prachovcových vložek v prostoru nad agradačními valy a mezi kanály (overbanks). Sedimenty jsou reprezentovány dvěma faciálními třídami: neuspořádanými jílovými drobami a uspořádanými jílovými drobami.

Neuspořádané jílové droby tvoří velmi mocné polohy špatně vytříděných, hrubozrnných až středozrnných sedimentů (obr. 48). Není u nich rozeznatelná gradace nebo zvrstvení. Erozní báze i jiné texturní prvky také chybí. Mohou být uloženinami vysoce hustotních turbiditních proudů, nebo zvodnělých písčito-jílových úlomkotoků. Často jsou v nich zastiženy závalky intraklastů (obr. 48).



Obr. 48: Vlevo nahoře: poloha masivní hrubozrnné droby se závalkem prachovce (Heřmánky Sever); vpravo nahoře: deskovité těleso hrubozrnné droby (Pod Kaluží 2); dole: středozrnné droby s podřízenými vložkami prachovců (Heřmánky Sever), foto: A. Novák

Uspořádané jílové droby jsou tvořeny převážně masivními, mocně až velmi mocně zvrstvenými střednozrnnými a hrubozrnnými deskovitými tělesy transportovanými a uloženými vysokohustotními turbiditními proudy. Je u nich možné sledovat pozitivní gradaci přecházející do paralelního zvrstvení, místy i do zvrstvení šikmého. Také je u nich rozpoznatelné šikmé zvrstvení s laminami a bezstrukturním pelitickým intervalem na stropě (obr. 48). Tyto texturní prvky lze vyjádřit  $T_{abc}$ ,  $T_{bcd}$  a  $T_{bcde}$  intervaly Boumovy sekvence. Tyto sedimenty byly transportovány a ukládány vysokohustotními, nízkohustotními turbiditními a také konturovými proudy. Na stropěch vrstev se vyskytují proudové stopy a vlečné rýhy.

**Litofacie laminovaných prachovců:** Tvoří ji dvě faciální třídy: uspořádané a neuspořádané prachovce. Jsou tvořeny tmavými, tenkými, velmi jemně zvrstvenými laminami (obr. 49) ukládanými pomalou sedimentací z nízkohustotních turbiditních proudů, nebo konturových proudů. Na vrstevních plochách se vyskytují proudové stopy, vlečné rýhy (obr. 49), fauna, flóra a ichnofauna (obr. 50).



Obr. 49: Vlevo: poloha jemně zvrstvených prachovců (Kajlovec U Hájovny); vpravo: rychlé střídání poloh prachovců a jemnozrnných drob (Heřmánky Jih), foto: A. Novák

## 9.2 Litofaciální asociace:

Na základě stanovených facií lze v bazální části hradecko-kyjovického souvrství stanovit tři základní litofaciální asociace: konglomerátová, slepencovo-pískovcová a asociace laminovaných pískovců a prachovců.

**Konglomerátová asociace:** Zastupuje proximální uloženiny transportované úlomkotoky a hustými turbiditními proudy. Na studovaných profilech je zastoupena facií A1.1.

**Slepencovo-pískovcová asociace:** Na studovaných profilech je zastoupena nejhojněji. Tvoří ji litofacie písčitých slepenců, hrubozrnných a středozrnných drob. Pro tuto litofaciální asociaci je charakteristický TU a FU trend. Uloženiny této asociace náleží k proximálním turbiditům. Vytváří převážně mocné až velmi mocné komplexy amalgamovaných poloh kanálových uloženin, nebo stejně mocná deskovitá tělesa. Tato asociace je faciálně nejpestřejší, tvoří ji facie faciálních skupin B1, B2, C1 a C2, epizodicky D1 a D2.

**Asociace laminovaných pískovců a prachovců:** Jsou uloženinami koncových členů turbiditních proudů a konturitů. Na studovaných lokalitách reprezentují distální turbidity. V jemnozrnných drobách a prachovcích je nejčastěji zachována fosilní fauna, ichnofosilie a flóra. Tato asociace je faciálně jednotvárná, tvoří ji jemnozrnné paralelně zvrstvené pískovce facie C 2.3 a laminovaných prachovců facie D 2.3.

## 9.3 Ichnofacie:

Na většině studovaných lokalit převažují proximální, hrubozrnné litofaciální asociace, ve kterých se nenachází jemnozrnné polohy sedimentů, vhodné k zachování ichnofauny. Společenstvo ichnotaxonů *Dictyodora liebeana*, *Nereites missouriensis* a *Protopaleodictyon* isp. (obr. 50) bylo zastiženo na studované lokalitě Kajlovec U hájovny. Dále byly zjištěny stopy po bioturbaci na lokalitách Heřmánky-Jih a Fulnek-Jerlochovice. Společenstvo ichnofauny zastižené na lokalitě Kajlovec U hájovny patří k nereitové ichnofacii. Přítomnost této ichnofacie je charakteristická pro uloženiny distálních nízkohustotních turbiditů, které jsou typické pro prostor daleko za gradačními valy (overbanks) a přechodné pásmo mezi vnějším vějířem a samotnou pánví (Buatois–Mángano 2011).



Obr. 50: Vlevo: fosilní stopa *Dictyodora liebeana* (Kajlovec U hájovny), vpravo: fosilní stopa *Protopaleodictyon* isp. (Kajlovec U hájovny), foto: A. Novák

## 10. Diskuze

Na základě litofaciálního studia vybraných profilů je možné definovat v bazálních polohách hradecko-kyjovického souvrství tři typy sedimentačního prostředí: kanály, laloky a prostory mezi kanály. Pro jednotlivá sedimentační prostředí jsou charakteristické faciální asociace. Kanály jsou vyplněny uloženinami hrubozrnných litofaciálních asociací, jako jsou neuspořádané slepence, písčité slepence a hrubozrnná droba. Laloky jsou tvořeny hrubozrnnými a středozrnnými drobami a v prostoru mezi kanály jsou zastíženy středozrnné a jemnozrnné litofaciální asociace. Vztah mezi jednotlivými sedimentačními areály je často laterální. Sedimenty byly transportovány a ukládány gravitačními proudy. Báze hradecko-kyjovického souvrství je budována výplní kanálů a deskovitými tělesy sedimentů uloženými v prostoru mezi kanály. Kanály mají depoziční i erozní charakter, erozní charakter směrem do nadloží vyznívá ve prospěch depozičního, zároveň se ve směru od zdrojové oblasti jejich mocnost klínovitě ztenčuje. Na výplň kanálů jsou vázaná překryvná, lalokovitá tělesa hrubozrnných drob. V prostoru mezi kanály se ukládaly sedimenty jemnozrnných facií.

Vysoká diverzita zastížených litofacií a jejich vztah v horizontálním a vertikálním profilu charakterizuje studovaný turbiditní systém jako typ II, popsáný Muttim et al. (1992).

Faciálně se bazální část hradecko-kyjovického souvrství jeví být v ostrém kontrastu s nejvyššími polohami vikštejnských vrstev podložního moravického souvrství, které jsou zastíženy na lokalitách Olšovec a Hrabůvka a jsou řazeny k faciální třídě D (Bábek et al. 2001). Pro sedimenty nejvyšších poloh moravického souvrství je charakteristická pomalá sedimentace z nízkohustotních turbiditních proudů v relativně klidném prostředí oceánských pánví nebo distálních částech kontinentálních svahů.

Odlišný charakter má však bazální část moravického souvrství s hojností proximálních hrubozrnných siliciklastik a dokonce olistolitů. Ta sedimentovala v okrajové proximální části turbiditního systému. V těchto bazálních polohách byly zastíženy a studovány masivní i gradované slepence a valounové pískovce faciální třídy A, masivní droby třídy B, normálně gradované středně zrnité nebo hrubozrnné droby třídy C s bazálními divizemi Boumovy sekvence  $T_a$   $T_{ab}$  a  $T_{abc}$  masivní nebo slabě normálně gradované prachovce (faciální třída D) a laminované jílovce třídy E (Bábek et al. 2001). Tyto charakteristiky týkající se litologie i mechanismu sedimentace jsou srovnatelné s litofaciálními třídami A, B a C dle Pickeringa et al. (1986) dominujících ve společenstvu faciálních asociací na studovaných profilech blízkých spodní hranici hradecko-kyjovického souvrství.



Obr. 51: Vlevo: intervaly Boumovy sekvence  $T_{abc}$  (Heřmánky-Sever); vpravo: intervaly Boumovy sekvence  $T_{bcd}$  (Heřmánky-Jih), foto: A. Novák

Pro sedimenty tříd A a B je charakteristická sedimentace ve vysokoenergetickém prostředí v proximální části výnosového vějíře z úlomkotoků a vysokohustotních turbiditních proudů a to převážně z jejich bazálních členů (Pickering et al. 1986, Lowe 1982).

Náhlý faciální přechod z vikštejnských vrstev s převažujícími jemnozrnnými faciemi distálních turbiditů do hrubozrnné báze hradeckých drob je vysvětlován druhou fází zvýšeného přísunu hrubozrnné sedimentace, mající charakter proximálních gravitačních proudů. Sedimenty byly transportovány a ukládány do JZ–SV protažené předpolní pánve. Sedimenty byly do depoziční oblasti přinášeny od jihozápadu. Na studovaných profilech ve směru JZ–SV je sice zřejmý pokles proximálních a nárůst distálních znaků, celkově charakter turbiditního systému zůstává proximální (Kukal 1986) a hrubozrnný (Bouma 2000a). Litofaciální studium profilů potvrzuje přechod od konglomerátových a hrubozrnných litofaciálních asociací k asociacím střednozrnným a jemnozrnným v předpokládaném směru transportu sedimentů do předpolní kulmské pánve v nejvyšším visé. Na studovaných profilech jsou patrné TU a FU trendy. Tyto sekvence jsou sedimentárním záznamem změny v sedimentačním režimu, která byla řízena tektonicky a je spojována s kolapsem variského orogénu ve svrchním visé, jak popisují Hartley-Otava (2001).

Laterálně je hradecko-kyjovické souvrství korelovatelné s račickými a lulečskými slepenci myslejovického souvrství drahanského kulmu (Hartley-Otava 2001). Báze hradecko-kyjovického souvrství tak zřejmě představuje pokračování systému výnosových vějířů progradujících od jihozápadu na severovýchod a reprezentuje distálnější facie tohoto systému. Faciálním studiem račických a lulečských slepenců na Drahanské vrchovině se zabývala Balšínková (2009), která jejich depoziční prostředí spojuje s proximální částí výnosového vějíř v případě račických slepenců s mediální částí výnosového vějíře u slepenců lulečských. Celkově hodnotí račické a lulečské slepence jako sedimenty z úlomkotoků a vysokohustotních turbiditních proudů. Podle této práce lze ve srovnání s uloženinami myslejovického souvrství u bazálních poloh hradecko-kyjovické souvrství sledovat postupné vyznívání hrubozrnných facií ve směru předpokládané axiální osy sedimentační pánve.

Kumpera (1983) popisuje řadu texturních prvků charakteristických pro hlubokovodní sedimenty kulmu Nízkého Jeseníku. Tyto textury jsou také důležitým litologickým parametrem pro zařazení sedimentárního tělesa do konkrétní facie dle zvolené metodiky (Pickering et al. 1986). Na sedimentech báze hradecko-kyjovického souvrství jsou zastiženy textury, které Kumpera (opus cit.) definuje jako charakteristické pro kulm. Jsou to gradační zvrstvení, laminace, šikmé zvrstvení, proudové stopy, vlečné stopy (obr. 52), vtisky (obr. 53), skluzové textury, stopy po úniku vody, závalky intraklastů a bioglyfy. K uvedeným

litologickým znakům je také třeba připojit i intervaly Boumovy sekvence (Bouma 1962), které jsou rozeznatelné ve faciálních skupinách C 2 a D 2 (obr. 51). Jsou zastiženy v polohách sedimentů dokládajících změnu v hydraulickém režimu sedimentace turbiditního systému, jako jsou TU, FU sekvence a také narůstající distální ráz prostoru depozice (Bouma 1962, Kukul 1986, Pickering et al. 1986, 1989, Mutti et al. 1992). Podle Pickeringa et al. (1986) nelze Boumovou sekvencí interpretovat gradované slepence odpovídající faciální skupině A 2.



Obr. 52: Vlevo: proudové stopy na vrstevní ploše (Maleník Na Gabrielce), vpravo: vlečné rýhy (Heřmánky- Jih), foto: A. Novák

Ichnotaxy zastižené na studovaných profilech moravického souvrství jsou rozděleny do tří typů ichnofacií: 1) diverzifikovaná *Dictyodora*–*Planolites*, 2) jednoduchá *Dictyodora*–*Planolites* a *Diplocraterion*–*Nereites* (Bábek et al. 2004). Je zde doloženo větší druhové bohatství i vysoký počet nalezených jedinců (Lehotský 2008, Novák 2011). Oproti tomu lze v hradeckých drobách stanovit pouze asociaci *Diplocraterion*–*Nereites*. Je zřejmé, že diverzita ichnofauny v hradeckých drobách poklesla. Zapletal a Pek (1999) uvádějí, že distribuce ichnospolečenstev v kulmu Nízkého Jeseníku je nepravidelná, střídají se areály s bohatým výskytem ichntaxonů i nalezených jedinců s oblastmi ichnologicky sterilními. Výskyt ichnofauny je vázán na jemnozrný sediment v periferních částech výnosových vějířů tvořených hrubozrným materiálem. Jak vyplývá z výsledků této práce, v bazální části



hradecko-kyjovického souvrství převažují hrubozrnné facie, které neposkytují vhodné podmínky zachování fosilií.

Druhové bohatství stratigraficky významné goniatitové fauny, doprovodné mlží fauny i dalších taxonů v moravickém souvrství narůstá směrem do nadloží. Obzvláště v brumovických a vikštejnských vrstvách nalezená kulmská fauna zdaleka převyšuje faunu zjištěnou v hradeckých drobách, jak v počtu taxonů, tak v množství nalezených jedinců. Může to být způsobeno horšími podmínkami pro zachování, ale určitě také změnou ekologických podmínek v někdejší spodnokarbonském moři v době sedimentace hradeckých drob, jak uvádí Kumpera (1996).



Obr. 53: Vtisky na bázi vrstvy (Heřmánky-Sever), foto: A. Novák

## 11. Závěr

V rámci diplomové práce byly studovány profily na lokalitách, které byly vybrány tak, aby reprezentovaly maximum typů sedimentárních hornin v areálu hradeckých drob, které jsou bazální jednotkou hradecko-kyjovického souvrství. Tyto horniny jsou dobře odkryty v okolí Hradce nad Moravicí, v hluboce zařezaném údolí mezi Žimrovicemi a Vikštejnským Podhradím, stejně v okolí okolí Oder, Mokřých Lazců, Vlkovic, Jerlochovic a na severním svahu kry Maleníku pod hradem Helfštýn. Horniny svrchnovisénského stáří ve studované oblasti představují sledy hlubokomořských sedimentů zastoupené slepenci, drobami, prachovci a vzácně jílovci. Zdrojová oblast siliciklastického materiálu ležela na jihozápadě (Hartley – Otava, 2001), odtud byly sedimenty transportovány do předpolní pánve (foreland basin) gravitačními proudy. Tyto proudy měly charakter úlomkotoků a turbiditů s různou hustotou a byly po uložení následně přepracovávány dnovými proudy.

Předmětem studia profilů na vybraných lokalitách bylo faciální mapování, ichnologické studium a popis texturních prvků spolu s následnou interpretací údajů získaných ze sedimentárních záznamů zastížených hornin. Sedimenty na studovaných profilech jsou litologicky i faciálně velmi pestré. Jsou tvořeny uspořádanými i neuspořádanými slepenci a drobovitými gravelity faciální třídy A, uspořádanými a neuspořádanými drobami faciální třídy B, uspořádanými prachovci faciální třídy D a uspořádanými jílovci faciální třídy E. Vzácně se vyskytují vrstvy faciální třídy F.

V rámci báze hradecko-kyjovického souvrství bylo vyčleněno pět základních litofacií: litofacie slepencová, litofacie písčitých slepenců, litofacie hrubozrnných drob, litofacie středně zrnných drob a litofacie laminovaných jemnozrnných drob a prachovců. Tyto litofacie byly na studovaných profilech zastíženy v litofaciálních asociacích: konglomerátové, slepencovo-pískovcové a v litofaciální asociaci laminovaných pískovců a prachovců. Na základě nalezených a popsáných ichnofosilií byla určena nereitová ichnofacie.

Sedimentární textury jako jsou gradační zvrstvení, laminace, šikmé zvrstvení, proudové stopy, vlečné stopy, vtisky, konvolutní textury, stopy po úniku vody, závalky intraklastů, bioglyfy a intervaly Boumovy sekvence indikují dynamické a neklidné prostředí zřejmě rozhraní vnitřního a středního výnosového vějíře turbiditního systému. Podle určených litofacií a litofaciálních asociací lze bazální polohy hradecko-kyjovického souvrství označit za proximální turbidity a jimi vybudovaný turbiditní systém za hrubozrnný. Sediment byl transportován a ukládán úlomkotoky, vysokohustotními turbiditními proudy, nízkohustotními

turbiditními proudy a konturovými proudy. Vertikálním sedimentárním záznamem, kterým jsou TU a FU trendy je možné interpretovat, že sedimentace bazálních poloh hradeckokyjovického souvrství byla řízena tektonickými procesy souvisejícími s výzdvihem zdrojové oblasti.

## 12. Literatura

- Bábek O. - Kalvoda J. - Krejčí Z.** (1994): New stratigraphical results in the Paleozoic of the Dražanská vrchovina Upland (Moravia, Czech Republic). - JCGS, 39, 197 – 204. Praha.
- Bábek, O. – Mikuláš, R. – Zapletal, J. – Lehotský, T. – Pluskalová, J.** (2001): Litofacie a fosilní stopy turbiditního systému v jižní části moravského souvrství jesenického kulmu, Český masiv. - Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2000, 2 – 5. Brno.
- Bábek, O. – Mikuláš, R. – Zapletal, J. – Lehotský, T.** (2004): Combined tectonic-sediment supplydriven cycles in a Lower Carboniferous deep-marine foreland basin, Moravice Formation (Czech Republic). - J. Earth Sci. 93, 241 – 261.
- Balšíňková, V.** (2009): Faciální studium račických a lulečských slepenců. – MS – diplomová práce, Přírodovědecká fakulta, MU Brno, 83 s.
- Bouma, A.** (1962): Sedimentology of some flysch deposits: A graphic approach to facies interpretation. - Elsevier, Amsterdam, 168 s.
- Bouma, A.** (2000a): Coarse-grained and fine-grained turbidite systems as end member models: applicability and dangers. - Marine and Petroleum Geology. 17. 137 – 145. Amsterdam.
- Bouma, A.** (2000b): Fine-grained, Mud-rich turbidite systems: model and comparison with coarse-grained, sand-rich systems. - In: Bouma, A. H. and Stone, C. C. (eds): Fine-grained turbidite systems. AAPG Memoir 72/SEPM Special Publication No. 68. 9 – 20.
- Buatois, L. A. – Mángano, M, G.** (2011): Ichnology. Organism-substrate interaction in space and time. - Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge. 358 s.
- Demek, J. - Mackovčín, P. - Balatka, B. - Buček, A. - Cibulková, P. - Culek, M. - Čermák, P. - Dobiáš, D.** (2006): Zeměpisný lexikon ČR - Hory a nížiny. - AOPK ČR, 320 s., Brno.
- Dvořák, J.** (1994): Variský flyšový vývoj v Nížkém Jeseníku na Moravě a ve Slezsku. - Práce ČGÚ Praha, 3, 77 s. Praha.
- Dvořák, J. - Freyer, G. - Slezák, L.** (1959): Další paleontologický důkaz devonského stáří andělskohorských vrstev. - Věst. Ústř. Úst. Geol., 34, 6, 457 – 458. Praha.
- Einsele, G.** (1992): Sedimentary basins. - Springer – Verl., Berlin, Heidelberg. New York. 628 s.

- Gilíková, H. - Maštera, L. - Otava, J. (2003):** Charakteristika spodnokarbonských klastických sedimentů na mapovém listu 25 – 123 Hranice. - Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 2002. 44 – 47. Brno.
- Hartley, A. J. – Otava, J. (2001):** Sediment provenance and dispersal in a deep marine foreland basin: the Lower Carboniferous Culm Basin, Czech republic. - J. Geol. Soc., London, 158, 137 – 150.
- Chlupáč, I. (1965):** Paleontologický výzkum střednosedonské lokality Chabičov v Nížkém Jeseníku. - Čas. mineral. geol., 10, 429 – 436. Praha.
- Chlupáč, I. - Brzobohatý, R. - Kovanda, J. - Stráník, Z. (2002):** Geologická minulost České republiky. - 436 s. Academia Praha.
- Ingram, R. L. (1954):** Terminology for the thickness of stratification and parting units in sedimentary rocks. - Bull. Geol. Soc. Am., 65, 937 – 938.
- Kettner, R. (1921):** Příspěvek k poznání stavby kulmského útvaru na Opavsku. - SGÚ ČSR, sv. 1, 119 – 122. Praha.
- Král, J. (1985):** Trilobitová fauna kulmské facie jeseníckého bloku. - MS, katedra geologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. 150 s. Olomouc.
- Kukal, Z. (1980):** The sedimentology of Devonian and Lower Carboniferous deposits in the western part of the Jeseníky Mountains, Czechoslovakia. - Sbor. geol. Věd, Geologie, 34, 131 – 207. Praha.
- Kukal, Z. (1986):** Základy sedimentologie. - Academia Praha, 466 s.
- Kunský, J. (1974):** Československo fyzicky zeměpisně. - SPN Praha, 252 s.
- Kumpera, O. (1966):** Pohyb materiálu a nástin faciálního vývoje svrchního visé na Moravě a ve Slezsku. - Sbor. Věd. Prací Vys.Šk. Báň. v Ostravě, Ř. horn. - geol., 12, 138, 31 – 50. Ostrava.
- Kumpera, O. (1971):** Faunistické lokality a přehled fauny hradeckého souvrství (svrchní visé moravskoslezského kulmu). - Sbor. Věd. Prací Vys.Šk. Báň. v Ostravě, Ř. horn. - geol., 17, 281, 129 – 141. Ostrava.
- Kumpera, O. (1976):** Stratigrafie spodního karbonu jeseníckého bloku (2. část: Kulmská souvrství a jejich stratigrafické ekvivalenty). Moravické souvrství. - Sbor. Věd. Prací Vys.Šk. Báň. v Ostravě, Ř. horn. - geol., 1, 419, 141 – 163. Ostrava.
- Kumpera, O. (1983):** Geologie spodního karbonu jeseníckého bloku. - Knih. Ústř. Úst. geol., 59, Praha. 172s.
- Kumpera, O. (1996):** Viséská faunistická společenstva a jejich význam pro poznání vývoje flyšových pánví ve středoevropských variscidách (Český masiv). - Seminář k 75.

Výročí narození Prof. RNDr. Bohuslava Růžičky, CSc., IGI VŠB – TU Ostrava. 12 – 13. Ostrava.

- Kumpera, O.** (1997): Contribution to the Basin Analysis of the Carboniferous Remnant and foreland Basin in the Bohemian massif. - *Prace Państwowe Inst. Geol.*, 7, 111 – 118. Warszawa.
- Kumpera, O. – Martinec, P.** (1995): The development of the Carboniferous accretionary wedge in the Moravian-Silesian Paleozoic Basin. - *Journ. Czech. Geol. Soc.*, 40, 12, 49 – 66. Praha.
- Lehotský, T.** (2002): Nové lokality výskytu ichnofauny v moravickém souvrství kulmu Nížkého Jeseníku a Oderských vrchů (sp. karbon, Český masiv) - *Přír. Stud. Muz. Prostějovska*, 5, 7 – 11. Prostějov.
- Lehotský, T.** (2008): Taxonomie goniatitové fauny, biostratigrafie a paleoekologie jesenického a drahanského kulmu. - MS – Disert. práce, 131s. Brno.
- Lowe, D. R.** (1982): Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposit of high-density turbidity currents. - *J. Sed. Petrol.*, 52, 279 – 297. Tulsa.
- Mutti, E. – Davoli, G. – Segadelli, S. – Cavalli C. – Carminatti M. – Stocchi, S. – Mora S. – Andreozzi, M.** (1992): Turbidite Sandstones. - Istituto di Geologia Universta di Parma. 275. Parma.
- Novák, A.** (2011): Revize paleontologických lokalit v moravickém souvrství (spodní karbon, moravskoslezská jednotka Českého masivu). - MS – bakalářská práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, 76 s. Olomouc.
- Otava, J. - Hladil, J. - Galle A.** (1994): Stáří andělskohorského souvrství: Nová fakta a jejich možná interpretace. - *Geol. výzk. Mor. a Slez. v r. 1993.* 52 – 56. Brno.
- Patteisky, K.** (1929): Die Geologie und Fossilführung der mährisch-schlesischen Dachschiefer und Grauwackenformation. 354 s. Opava.
- Pickering, K. – Stow, D. – Watson, M. – Hiscott, R.** (1986): Deep water facies, processes and models: a review and classifications scheme for moderns and ancient sediments. - *Earth-Science Reviews*, 23, 2, 75 – 174. Amsterdam.
- Pickering, K. – Hiscott, R. – Hein, F.** (1989): Deep marine environments. Clastic sedimentation and tectonics. - Unwin Hyman, London. 416 s.
- Purkyňová, E.** (1963): Fytostratigrafie moravskoslezského karbonu. - *Rozpravy Československé akad. věd, Řada mat. přír. věd*, 73, 9, 1 – 36. Praha.

- Purkyňová, E.** (1977): Karbonská flóra z Děřichovic u Andělské Hory. - Čas. Slez. Muz., A, 26, 137 – 138. Opava.
- Purkyňová, E.** (1988): Makroflóra kyjovického souvrství moravskoslezského kulmu a její biostratigrafický význam. - Čas. Slez. Muz., A, 27, 77 – 86. Opava.
- Roemer, F.** (1870): Geologie von Oberschlesien. Breslau. 572 s.
- Shanmugam, G.** (1997): The Bouma sequence and turbidite mind set. - Earth-Science Reviews, 42, 201 – 229. Amsterdam.
- Shanmugam, G.** (2000): 50 years of the turbidite paradigm (1950s – 1990s): deep-water processes and facies models – a critical perspective. - Marine and Petroleum Geology 17, 285 – 342. Amsterdam.
- Šimíček, D. – Bábek, O. – Leichmann, J.** (2012): Outcrop gamma-ray logging of siliciclastic turbidites: Separating the detrital provenance signal from facies in the foreland-basins turbidites of the Moravo-Silesian basin, Czech republic. - Sedimentary Geology 261 – 262, 50 – 64. Amsterdam.
- Zapletal, J.** (1987): Parakonglomeráty andělskohorského souvrství jihozápadní části Nížkého Jeseníku. - Acta Univ. Palackianae Olomuc., 26, 89, 11 – 41. Olomouc.
- Zapletal, J.** (1991): K postavení brunovistulika ve variscidách jeseníckého bloku (sv. okraj Českého masívu). - Acta Univ. Palackianae Olomuc., 3 – 4, 257 – 263. Olomouc.
- Zapletal, J. - Pek, I.** (1971): Nález spirálních bioglyfů v kulmu Nížkého Jeseníku. - Čas. Mineral. Geol., 16, 3, 285 – 288. Praha.
- Zapletal, J. - Pek, I.** (1987): Trace fossils assemblages and their occurrence in Lower Carboniferous of the Nížký Jeseník Mts. - Acta Univ. Palackianae Olomuc., 26, 89, 47 – 64. Olomouc.
- Zapletal, J. - Pek, I.** (1997): Ichnofosílie visé jeseníckého kulmu: význam pro rekonstrukci sedimentačního prostředí. - In: Hladilová, Š. (ed.): Dynamika vztahů marinního a kontinentálního prostředí. 19 – 27. Brno.
- Zapletal, J. – Pek, I.** (1999): Ichnofacies of Lower Carboniferous in The Jeseník Culm (Moravo-Silesian Region, Bohemian Massif, Czech Republic). - Věst. Čes. geol. Úst., 74, 3, 343 – 346. Praha.
- Zapletal, J. - Dvořák, J. - Kumpera, O.** (1989): Stratigrafická klasifikace kulmu Nížkého Jeseníku. - Věst. Ústř. Úst. geol. 64, 4, 243 – 250. Praha.
- Zikmundová J.** (1967): Konodontová zóna *Scaliognathus anchoralis* Branson&Mehl v ponikevských břidlicích Nížkého Jeseníku. - Věst. Ústř. Úst. geol., 42, 449 – 451. Praha.

**Zikmundová, J. - Chlupáč, I. (1962):** Stáří břidlic s radiolarity v Nížkém Jeseníku. - Věst. Ústř. Úst. geol., 37, 205 – 208. Praha.

Internetové zdroje:

[www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

[http://mapy.geology.cz/website/new\\_tisk/](http://mapy.geology.cz/website/new_tisk/)